

Ю.С. ХРАМОВ

ІСТОРИЧНА ФІЗИКА
УКРАЇНИ

Національна академія наук України
Інститут досліджень науково-технічного потенціалу
та історії науки ім. Г.М. Доброва

Ю. О. ХРАМОВ

Історична фізика України

**в світовому та суспільно-політичному
контекстах (XVII–XX ст.)**

Київ
«Фенікс»
2020

УДК 001:53](477)(09)(02)
X89

Затверджено до друку вченою радою Інституту досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України.

Відповідальний редактор академік НАН України — В.І. Бар'яхтар.

Рецензенти: А.С. Литвинко, доктор історичних наук, провідний науковий співробітник Інституту;
В.А. Шендеровський, доктор фізико-математичних наук, провідний науковий співробітник Інституту фізики НАН України.

X89 **Храмов Ю.О.**
Історична фізика України в світовому та суспільно-політичному контекстах. — Київ : Фенікс, 2020. — ? с.
ISBN ?

У монографії вперше розкрито історію розвитку фізики в Україні в світовому та суспільно-політичному контекстах у XVII—XX ст. Висвітлено її передісторію, передумови формування в ній сучасної фізики як фундаментальної науки, створення фізичних інститутів, показано їх пріоритетні та фундаментальні результати. Наведено провідні фізичні школи, дано історико-науковий аналіз формування й розвитку шкіл, створених Л.В. Шубниковим, Л.Д. Ландау, М.М. Боголюбовим, О.І. Ахієзером, І.М. Ліфшицем, К.Д. Синельниковим, А.О. Слуцкіним, В.Є. Лашкар'євим, С.І. Пекарем, Н.Д. Моргулісом, Г.В. Курдюмовим, А.Ф. Прихотько, О.С. Давидовим, О.Г. Ситенком та В.Г. Бар'яхтаром, їхній внесок у вітчизняну й світову науку, зокрема ключові результати. Реконструйовано творчі портрети засновників цих шкіл із широким використанням спогадів і характеристик їх учнів і колег.

У науковий оборот введено чимало нових фактів та уточнень з історії фізики України, а також забутих і малознайомих імен фізиків.

Призначена для всіх, хто цікавиться історією вітчизняної науки й культури.

УДК 001:53](477)(09)(02)

ISBN ?

© Ю.О. Храмов, 2020

ПЕРЕДМОВА

Пропонована монографія є результатом багаторічної роботи автора в Національній академії наук України та в історії науки, зокрема фізики. Перша проба авторського пера відбулася в 1965–1966 роках, яка завершилася 1966 р. випуском у світ книги «Атом і людина» у видавництві «Наукова думка», де автор працював заступником головного редактора. Вона являла собою коротку історію атома та його застосувань. В наступні роки побачили світ його популярні енциклопедичні довідники – «Путівник по космосу» (1970, 1972) та «Азбука мікросвіту» (1971), які були відбитком стилю його роботи як наукового редактора в Головній редакції «Української Радянської Енциклопедії» (1960–1964), в подальшому цей підхід дістав продовження в багатьох його наступних публікаціях.

Тісна співпраця з багатьма фізиками Академії та Сектором історії природознавства і техніки Інституту історії АН УРСР трансформувала автора – популяризатора науки в її історика та започаткувала низку його робіт у цій галузі. Знаковим був біографічний словник «Фізики» (Київ, 1974 р., 1977 р.), якого також випущено у видавництві «Наука» в Москві в 1983 р. накладом 200 тис. примірників. Вони одержали схвальну оцінку наукової громадськості, а автору принесли відомість фізика-біографіста.

Наприкінці 70-х років автором, тоді директором видавництва «Наукова думка» (1975–1992), ініційовано комплексну працю «Історія Академії наук Української РСР», що вийшла в світ у 1979 р. Вона була створена великим колективом учених Академії, зокрема містила короткі історичні огляди ключових в Академії наукових напрямів, написаних їх активними учасниками, та матеріали про академічні інститути й персональний склад Академії. З цього часу автор активно почав працювати в історії Академії наук України та фізики. Свідченням цього стали його роботи «Розвиток досліджень з фізики на Україні у фізичних інститутах 1926–1976 рр.» в двох частинах, які вийшли в Інституті теоретичної фізики АН УРСР в грудні 1978 р. двома препринтами.

Наступного року там же вийшов препринт «Наукові школи у фізиці», який поклав початок серії робіт автора в новому напрямі, на стику історії науки і наукознавства. В ньому вперше на основі широкого історико-фізичного матеріалу і певних критеріїв було дано визначення сучасної наукової школи, показано її характерні ознаки, умови, необхідні для формування, роль в цьому наукового лідера. Використовуючи розроблену модель наукової школи для пошуку шкіл у науці, низку дослідницьких колективів фізиків на чолі з їх керівниками автором було ідентифіковано саме з науковими школами. Таким способом визначено чимало зарубіжних і вітчизняних фізичних шкіл, наведено їх стислі характеристики, персональний склад, особливості формування, характерні риси керівника та

школи. В наступні роки з'являються розширені нариси автора про наукові школи, зокрема українські, які лягли в основу його кандидатської дисертації, захищеної 1983 р., а в 1991 р. видано її розширений варіант у вигляді монографії «Історія формування і розвитку фізичних шкіл на Україні». Розгорнуті нариси про провідні світові фізичні школи, які закладали фундамент сучасної фізики, було вміщено в монографії 1987 р. «Наукові школи у фізиці», на базі якої автором наступного року захищено докторську дисертацію. Водночас вона започаткувала науковий напрям – висвітлення історії фундаментальних наук через наукові школи, який активно розвивався в Україні.

В 1986 р. дослідження в галузі наукознавства та історії науки в Академії було об'єднано в новій академічній установі «Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки» (тепер – Інститут), в якому автор очолив відділ історії науки (нині відділ історії та соціології науки і техніки Інституту досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України). Робота відділу спрямовувалася на підготовку циклу колективних та індивідуальних видань з історії Академії як найвищої наукової установи в республіці та її фундаментальних наук, зокрема його зусиллями відновлено справжню дату створення Академії. Так, побачили світ колективні монографії – «Рання історія Академії наук України» (1993), «Справа» УФТІ. 1935–1938 (1998), «Історія Національної Академії наук України в суспільно-політичному контексті. 1918–1998» (2000), «Природознавство в Україні до початку ХХ ст. (2001) та індивідуальні – А.С. Литвинко «Становлення статистичної фізики в Україні. 30–40-і роки ХХ ст. (2009), «Микола Миколайович Боголюбов та статистична фізика в Україні» (2009), цикл статей з історії ракетно-космічної науки і техніки України (2012–2015) та ін. Причому розвиток академічної науки, як правило, розглядався в суспільно-політичному та світовому контекстах.

Окремо слід сказати про колективне видання «Національна академія наук України. Хронологія» (2013, 2018), що являє собою анотований хронологічний літопис основних подій і фактів з історії НАН України, в якому поєднано хронікальний та аналітичний підходи, тобто ключові події і факти супроводжуються здебільшого розширеними анотаціями, в яких розкрито їх передумови, зміст і значення. Це дало можливість відійти від простої константації подій і фактів, зробивши хронологію «живою» та підкріпленою посиланнями на першоджерела, що підвищило довіру до якості текстів. В результаті старий жанр історичної науки – хронологія набув нового змісту та обличчя.

Заслугоує на увагу також біографічний словник «Зарубіжні вчені – вихідці з України в галузі фундаментальних і технічних наук, присвячений болючій та актуальній темі української науки – відтоку її кадрів (мізків) з України.

В 2006 р. опубліковано монографію автора «Історія фізики», в якій історію світової фізики вперше подано комплексно – як історію фундаментальних ідей, теорій, побудованих на їх основі, відкриттів та її наукових

напрямів в історико-культурному контексті, а також у біографіях її діячів і через історію низки провідних фізичних шкіл першої половини ХХ ст. (наведено біографічні довідки про більш як 2000 фізиків світу, чимало з яких у науковий обіг в російськомовній літературі запроваджено вперше).

Удосконалений варіант власне історії світової фізики опубліковано автором в 2015 р. під назвою «Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій, законів і відкриттів» як своєрідних інновацій. Інакше кажучи, через величезний обсяг фактологічного матеріалу, нагромадженого фізикою за всю її історію, з нього автором обрано тільки ключові результати, які істотно вплинули на її розвиток як в цілому, так і на окремі напрями, розкрито їх передісторію, формування, зміст і значення. Таку історію автор назвав інноваційною історією фізики. Витоки її містилися ще в його книзі «Біографія фізики. Хронологічний довідник» (1983), розвивалися в подальшому в окремих статтях, але остаточного завершення інноваційна історія фізики дістала саме в зазначеному виданні.

Важливі значення мали також публікації автора з періодизації у фундаментальних науках (з 1974 р.). Вона є невід'ємною частиною історії науки або окремих її напрямів, зведенням найфундаментальніших, знакових ідей, теорій, законів і відкриттів, які лежать в її основі, відкриваючи нові періоди та етапи в розвитку науки, тобто є своєрідним каркасом, що «тримає» її історію. Сучасний варіант періодизаційної схеми фізики наведено у вступі до даної монографії.

В останні роки автор повернувся до історії космонавтики, звичайно, не залишаючи дослідження з історії НАН України взагалі та історії фізики зокрема. В 2014–2016 рр. вийшла в світ низка його індивідуальних та у співавторстві статей з ракетно-космічної галузі України: зокрема «Початковий етап ракетно-космічної науки і техніки (1926–1944)», «Військово-політичні та науково-технічні передумови активізації робіт у ядерній і ракетній науці й техніці в СРСР у 1945–1954 роках з метою створення ракетно-ядерної зброї».

Отже, одержаний автором за багато років з історії фізики матеріал, її методологія та принципи побудови дали йому змогу створити нову історію фізики України (історичну) в суспільно-політичному й світовому контекстах. Пропонована монографія «Історична фізика України» складається фактично з двох частин. Перша являє собою традиційну стислу історію фізики України, подану через її основні результати, одержані в рамках фізичних інститутів, друга частина останній великий розділ є виправленим і доповненим варіантом книги 1991 р. «История формирования и развития физических школ на Украине», перекладеним на українську, проте допрацьований. В ній розглянуто провідні українські фізичні школи, створені Л.В. Шубниковим, Л.Д. Ландау, О.І. Ахієзером, І.М. Ліфшицем, А.О. Слуцкіним, К.Д. Синельниковим, В.Є. Лашкарьовим, С.І. Пекарем, Н.Д. Моргулісом, Г.В. Курдимовим, А.Ф. Прихотько, М.М. Боголюбовим, О.С. Давидовим, В.І. Даниловим, І.Г. Ситенком і В.Г. Бар'яхтаром, їх формування й розвиток, внесок у науку. Розкрито характерні риси та персональний склад, реконструйовано творчі портрети засновників цих

шкіл із широким використанням спогадів і характеристик їх учнів і колег. На нашу думку це зробило історію фізики більш «живою», дало змогу проникнути «за куліси» її, в її «кухню», зокрема українську. Їх прізвища наводяться по ходу викладання матеріалу.

Необхідно також зазначити, що спілкування з багатьма фізиками, передусім академіками АН УРСР, О.І. Ахієзером, В.Г. Бар'яхтаром, М.С. Бродним, О.С. Давидовим, О.Г. Ситенком, В.В. Немошкаленком, академіком Р.З. Сагдеевим, докторами наук Д.Д. Іваненком, В.Я. Антонченком, В.Г. Писаренком, М.П. Рекалом, В.Я. Френкелем ініціювали низку його історико-фізичних досліджень.

В книзі частково використано матеріал співавтора Ю.В. Павленка – доктора філософських наук, професора з «Історії Національної академії наук України. 1918–1998», що стосується суспільно-політичного контексту її історії, проте значно скорочений і водночас подекуди доповнений та уточнений.

Книга могла б не відбутися, якби не моя родина – дружина В.Л. Храмова, доктор філософських наук, знаний український вчений в галузі філософії, історії науки й культурології та син Юрій, доктор філософських наук, професор, видатний історик, філософ і культуролог, з яким автор написав низку праць з історії науки і який, на жаль, рано пішов з життя, та Олексій, відомий видавець. Всі вони надавали мені сили і надхнення, щоб завершити багаторічний напрацьований матеріал, надавши йому завершеного вигляду.

Допомога у пошуку низки архівних документів автору старший науковий співробітник відділу, кандидат історичних наук О.Г. Луговський, якому я виношу щире подяку, а також оператору видавництва «Фенікс» Н.В. Божко, яка виконувала всі мої примхи, пов'язані з набором тексту книги та його виправленнями.

Всі зауваження й пропозиції прошу на адресу: 03680, Київ-680, вул. Шутова, 13б, видавництво «Фенікс», там же ви можете придбати цю книжку.

ВСТУП

Фундаментальні науки вивчають найзагальніші, основні властивості й закономірності явищ у світі, в тому числі органічному, і є системою по виробництву наукових знань – фізико-математичних, хімічних, геологічних, біологічних, знань про космос та ін. Зокрема, фізика є науковою дисципліною про властивості й будову матерії та форми її руху. Характерними структурними елементами будь-якої фундаментальної науки є ідеї, побудовані на їх основі теорії, нові явища і факти та встановлені нові закони.

Фундаментальні науки здебільшого мають справу з ідеями. Характерною рисою кожної нової наукової ідеї є те, що вона пов'язує певним чином між собою різні факти. Деякі ідеї з часом так міцно входять в науку, що здаються очевидними і значення їх назавжди залишається незмінним. Однак більшість природничо-наукових ідей має мінливий характер. Тільки поступово набуваючи певної форми, вони протягом деякого проміжку часу плідно «працюють» на дослідницький процес, але потім або «вмирають», або трансформуються. Причому їх зміна зустрічає тим сильніший опір, чим величніший був їх успіх при «житті». Так гальмується прогрес у науці. І фізика надає чимало прикладів цього. Про значення ідей влучно висловився М. Планк у статті «Походження і вплив наукових ідей»:

«Наука... отримує стимул, єдність і розвиток з ідей, які в ній панують. Ці ідеї є тим джерелом, з якого дослідник бере проблеми. Останні безперервно примушують його до

роботи і відкривають йому очі на правильне пояснення одержаних результатів. Без ідей дослідження було б безплановим і енергія витрачалася б даремно» [1, с. 199].

Особливо велике значення мають фундаментальні ідеї, адже вони революціонізують науку, наближаючи її до пізнання істини, саме на їх основі створюються фундаментальні теорії. Однак розвиток науки – не механічний процес нагромадження, нарощення ідей, теорій, законів і відкриттів, з яких згодом зводиться велична будівля науки. Це кумулятивний погляд на розвиток науки, за яким її послідовне «зростання» відбувається внаслідок поступового нарощування фактів. І при цьому завдання істориків науки як «мисливців» за фактами полягає в їх пошуку, реєстрації та підсумовуванні, а не в аналізі одержаного нового знання, його природи, закономірностей розвитку. Такий образ науки не має нічого спільного з дійсністю.

«Наука аж ніяк не є колекцією законів, незв'язаних фактів, – писали в своїй книзі «Еволюція фізики» А. Ейнштейн і Л. Інфельд. – Вона є творінням людського розуму, з його вільно винайденими ідеями та поняттями» [2, т. 4, с. 541].

В науці подекуди виникають ситуації, коли одержані нові знання не піддаються поясненню в рамках існуючих теоретичних схем і тоді доводиться шукати кардинально нові, часом «божевільні», ідеї і теорії, що революціонізують науку. Саме вони на кшталт ідеї квантів Планка, теорії відносності Ейнштейна і квантової механіки, ідеї кварків, генів спадковості, прискореного розшире-

ння Всесвіту та ін., приводять до радикального руйнування основних структурних складових науки, навіть до нових принципів пізнання і способів мислення, даючи початок новому етапу в її розвитку, новій картині світу, тобто тієї системи уявлень про основні, найзагальніші властивості і закони світу, яка формується внаслідок узагальнення і синтезу природничо-наукових понять, законів і принципів.

Отже, розвиток науки відбувається не шляхом повільного, послідовного накладання нового знання на старе, а в результаті виникаючих час від часу корінних трансформацій її основних уявлень (парадигм), внаслідок наукових революцій як реакцій на кризові ситуації в науці. Саме кризи є передумовами виникнення нових теорій, що і виводять науку з цих станів (наприклад, теорія відносності, квантова механіка та ін.). Образно це положення на конкретних фактах з фізики розкрив С. Вайнберг:

«Фізика розквітає на кризах. Всі ми пам'ятаємо про значний прогрес, досягнутий внаслідок пошуків розв'язання численних кризових проблем у минулому: невдалі спроби виміряти швидкість руху Землі кризь ефір, відкриття неперервного спектра бета-розпаду, τ - θ -проблема, проблеми ультрафіолетових розбіжностей в електромагнітних і слабких взаємодіях та ін. На жаль, останнім часом нам стало не вистачати криз» [3, с. 639].

Перехід до нової парадигми є науковою революцією, некумулятивним епізодом у розвитку науки. Чергування екстенсивних і революційних періодів розвитку характерно як для науки в цілому, так і для окремих її галузей. Сукупність перелічених умов і факторів, тісно пов'язаних між собою, і визначає поступальний рух науки, еволюцію наукової картини світу. Зауважимо тільки, що фактори,

про які йшлося, визначають розвиток сформованої науки. Причому точки її росту лежать, як правило, на перетині двох шляхів — внутрішньої логіки її розвитку з все більш різноманітними соціальними потребами.

Фундаментальні фізичні ідеї та теорії і закони, видатні експериментальні відкриття визначають кульмінаційні, революціонізуючі моменти в розвитку науки, даючи подекуди новий погляд на світ, формуючи нову картину природи.

«Струнка теорія, що поєднує математичну красу і фізичну істину, — це і є кінцева мета всіх наших зусиль в галузі фізики. Але якщо теорії є кінцевим продуктом науки, експерименти є її рушійною силою», — зазначав відомий американський теоретик Ф. Дайсон [4, с. 530].

При цьому між експериментом і теорією існує тісний взаємозв'язок, який саме і зумовлює поступальний розвиток науки.

«Вражаючий прогрес фізики як науки зумовлений чудовим взаєморозумінням, яке встановилося між теорією та експериментом, — говорив у своїй Нобелівській лекції В. Фітч. — Експеримент часто підтверджував найдивовижніші передбачення, що випливали з теоретичних побудов, розвинутих для пояснення вже відомих дослідних фактів. Водночас нові експериментальні дослідження часто-густо виявляли фізичні ефекти, зовсім неочікувані для теорії. За цим, зрозуміло, слідувало удосконалення теоретичних схем, що дозволяло пояснити відповідні спостережувані дані» [5, с. 185].

В створенні наукової теорії вирішальну роль відіграють фундаментальні ідеї і початком кожної теорії є саме думки, ідеї, а не формули. Ідеї тільки пізніше набувають математичної форми в теорії, що робить можливим її порівняння з експериментом. Теорія є вищою, найрозвинітішою формою наукового знання, яка дає цілісне уявлення про закономірності та зв'язки досліджуваних об'єктів на певному етапі розвитку науки.

Побудова теорії пов'язана не тільки з експериментальними результатами, але ще з розробкою понять та процесом абстракцій. Поняття з часом еволюціонують, перебуваючи в тісному зв'язку з розвитком науки. Тому В.Гейзенберг історію фізики пов'язував з історією понять.

«Історія науки не обмежується просто історією відкриттів і спостережень, — писав він, — вона включає також історію понять» [6, с. 235].

Коли теорія досягає розквіту і виявляється достатньою для пояснення всіх спостережуваних явищ, то вона внаслідок узагальнення й синтезу основних природничо-наукових понять і принципів перетворюється на наукову картину світу (фізичну, хімічну, біологічну тощо) як цілісну систему уявлень про найзагальніші властивості та закономірності природи.

За свою багатовікову історію фундаментальні науки нагромадили величезний фактологічний матеріал подій і фактів, який вимагає осмислення, систематизації й висвітлення в такому вигляді, щоб у читача сформувався чітке та адекватне уявлення про справжній хід їх розвитку — не прямолінійний, а звивистий, з правильно поставленими пріоритетами та акцентами щодо цих подій і фактів. Описати нині цей величезний набір фактів, встановлених ученими важко, практично неможливо, мабуть, і не потрібно. Тому дослідники науки шукають раціональні шляхи реконструкції її історії [7]. Очевидно необхідно провести їх селекцію, штучний відбір, обравши тільки ключові, які справили значний вплив на розвиток фундаментальних наук в цілому або на їх окремі напрями, відкривши нові сторінки в їх історії. Це так звані топ-факти, до яких належить фун-

даментальні ідеї, теорії, закони, відкриття, винаходи, прилади, монографії, інакше кажучи інновації. Їх зміст, генезис, еволюцію, значення і необхідно описувати, одержуючи в такий спосіб історію фундаментальних ідей, теорій і відкриттів якоїсь науки, тобто її інноваційну історію.

Саме історію фундаментальних наук через їх ключові ідеї, теорії і відкриття (інноваційну історію) автор пропагує з початку 80-х років ХХ ст. в низці своїх праць з історії фізики, починаючи з хронологічного довідника «Біографія фізики» (1983) [8]. Цей підхід реконструкції історії науки дістав в подальшому обґрунтування та остаточне завершення в його монографії «Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій і відкриттів» (2015) [9].

Для реалізації обраного підходу необхідно визначити критерії відбору фундаментальних фактів як основи при реконструкції історії науки. Проте критерій тут один — непересічне значення факту для подальшого розвитку науки. Виявити такі топ-факти можна шляхом опрацювання спеціальних монографій, які стали класичними, наукових оглядів, написаних самими вченими, книг і статей з історії науки тощо. З використанням також низки наукознавчих методів — порівняльного аналізу, експертного оцінювання та анкетування — в такий спосіб можна сформувати реєстр ключових фактів з історії фундаментальних наук. Інакше кажучи, необхідно вільно володіти історико-науковим матеріалом, щоб виконати задані «правила гри».

Але пропонований варіант побудови інноваційної історії фундаментальних наук є тільки одним з нових підходів реконструкції історії науки.

Споріднений підхід, хронологічний, передбачає використання хронології науки як старого жанру історіографії, що являла собою простий набір фактів, розміщених у часовій послідовності, з наданням йому нового змісту, в якому поєднано хроніку ключових подій з їх аналітикою, тобто маємо ановану хронологію ключових подій і фактів як варіант інноваційної історії науки [10]. Влучно висловився про значення хронології учень В.І. Вернадського академік О.Є. Ферсман: «Без хронології немає історії, як без історії немає істинної науки».

Крім цих двох названих варіантів реконструкції історії науки – ідейного (інтелектуальна історія науки) та хронологічного (анована історія науки в датах і фактах), існує ще декілька. Важлива, а подекуди і вирішальна роль у розвитку науки пов'язується з окремими видатними вченими, такими як Г. Галілей, І. Ньютон, Л. Больцман, М. Планк, А. Ейнштейн, фундаментальні результати яких були переламними в розвитку фізичних знань. Поворотні віхи в історії фізики позначено також іменами М. Фарадея і Дж. Максвелла, Р. Клаузіуса і У. Томсона, М.В. Ломоносова і Д.І. Менделєєва, Г. Герца і Г.Лоренца, Е. Резерфорда і Н. Бора, Л. де Бройля і Е. Шредингера, В. Гейзенберга і П. Дірака, подружжя Кюрі і Е. Фермі, Р. Фейнмана і М. Гелл-Мана, Л.Д. Ландау і М.М. Боголюбова, І.Є. Тамма та А.Д. Сахарова. Тому історія науки, в т.ч. фізики, це не тільки історія ідей, але і людей, що висувають і розвивають їх [15].

Розділ історії науки – біографістика розглядає її через творчість головних її діячів, їхні наукові біографії, даючи тим самим ще один спосіб її описання. В результаті ідейний зріз історії науки доповнюється біогра-

фічним. Це тим більш необхідно в даний час, з огляду на гуманізацію науки і науково-технічного прогресу, що зумовила кардинальні зрушення в історико-наукових дослідженнях, які полягають в тому, що, з одного боку, теоретичне дослідження логіки наукових ідей відбувається з врахуванням соціокультурного контексту їхнього становлення і розвитку, а з іншого, історія науки всі частіше відтворюється крізь призму досягнень як окремих учених, так і їхніх колективів – формальних (науково-дослідних інститутів) і неформальних (наукових шкіл, наукових товариств). Останнє є ще одним способом висвітлення історії науки – через творчі портрети вчених, реконструйованих у контексті їхньої наукової, організаційної і педагогічної діяльності, а також через наукові школи – процеси їх формування, розвитку і внеску в науку [32].

Історію науки можна розглядати також через призму наукових понять, про що вже йшлося, наукових інституцій, наукової бібліографії з історії науки, через історію наукових приладів тощо. В зв'язку з останнім Х. Альфвен у 1970 р. писав:

«Історія науки показує, що шляхи, які обирає наука, в значній мірі залежать від конструювання нових приладів. Наприклад, свідченням нової ери, що настала слідом за розвитком класичної механіки і теорії електромагнетизму в XIX ст., було створення на початку нашого століття (XX ст. – *авт.*) дуже досконалих спектрографів. Для свого часу це були дуже складні і дорогі прилади. Вони зробили можливим дослідження зовнішніх ділянок атома. Подібно в тридцять років циклотрон – також дуже складний і дорогий для свого часу прилад – відіграв визначальну роль в дослідженні ядра. Нарешті, останнє десятиліття (70-ті роки – *авт.*) стало свідком створення ще більш складних і дорогих приладів – космічних апаратів, що запускаються за допомогою дуже досконалої ракетної техніки та оснащених складнішою

електронікою. Тому правомірно запитати, які нові галузі наукового дослідження відкривають (чи відкривають?) ці прилади. Чи справедливо і в цьому випадку, що великі прилади зміщують центр ваги фізики?» [34, с. 565].

Історія науки це яскраво підтверджує багатьма прикладами. Так, введення в дію Станфордського лінійного електронного прискорювача на енергію 21 GeV дало можливість проникнути на новий рівень будови матерії і відкрити кварки, з запуском 2008 р. Великого адронного колайдера на кілька TeV 2012 р. відкрито бозон Хіггса – ключову частинку Стандартної моделі. Отже, можна вважати, що історія прискорювачів – це в якийсь мірі історія фізики високих енергій.

В монографії автора «Наукові школи в фізиці» [32], крім розробленої моделі наукової школи, розглянуто формування й розвиток провідних фізичних шкіл першої половини ХХ ст., показано, що в більшості своїй одержані в них результати заклали її основи, тобто їх історія – це фактично історія фізики першої половини ХХ ст.

Отже, маємо такі варіанти відтворення історії науки, які визначають її структуру: ідейний, або інноваційний; хронологічний; біографічний; через історію розвитку і внеску в науки формальних колективів учених (науково-дослідних інститутів, лабораторій, центрів, академій наук) і неформальних (наукових шкіл, наукових товариств); через наукові прилади та устаткування; через історію в архівних документах і матеріалах; через наукову бібліографію з історії науки (бібліографічні аотовані показчики).

Наведені підходи до реконструкції історії науки ніколи не зустрічаються в «чистому» вигляді. Вони тісно пов'язані між собою, доповнюють

один одного, хоч залежно від поставленої мети перевага може віддаватися одному з них. Найчастіше історія ідей висвітлюється в контексті творчої діяльності їхніх авторів, а творчість учених розглядається в більш широкому плані завдяки залученню ідейного тла, на якому і відбувається цей розгляд. Зазначені підходи можуть бути реалізовані при написанні історії будь-якої науки або окремого наукового напрямку.

Зважаючи на викладене вище, історію науки, на нашу думку, слід висвітлювати комплексно, проте пріоритет при цьому необхідно все ж віддавати підходу, в якому вона розглядається як історія ідей і побудованих на їх основі теорій в дусі висловлювання М. Склодовської-Кюрі, яка вважала, що «історія науки – це історія ідей». Водночас у такий контекст повинні органічно і природно вписуватися також фрагменти, пов'язані з діяльністю вчених, еволюцією понять, приладів тощо, які все-таки виконують допоміжну роль.

Фізика завжди була тісно пов'язана з філософією, впливала на неї, даючи матеріал для філософських роздумів, осмислень та узагальнень, в свою чергу, перебуваючи під її постійним впливом [40]. І це не випадково, адже обидві ці науки є фундаментальними, оскільки вивчають найзагальніші, фундаментальні закономірності явищ у світі (фізика) та загальні принципи буття й пізнання, закони розвитку природи, суспільства і мислення (філософія). Зокрема, В.Л. Храмова в книзі «Цілісність духовної культури» показала, що основні категоріальні структури філософії підсвідомо формують фундаментальні фізичні ідеї і тим самим задають характер наукового пояснення [41]. Виходячи з того,

що в раціоналізованому вигляді вони являють світоглядні значущі структури-ідеї, які моделюють загальні типи світовідносин, вона розробила концепцію цілісності духовної культури, тобто показала категоріально-структурну спільність різних сфер духовності. Звідси впливає також тісний зв'язок фізики з філософією науки, яка, за В.С. Стюпіним, вивчає «загальні закономірності й тенденції наукового пізнання як особливої діяльності по виробництву наукових знань, взятих у їх розвитку і розглянутих в історично мінливому соціокультурному контексті» [42, с. 8].

Фізика відіграє важливу методологічну роль у сучасній науці і теорії пізнання, водночас світоглядний зміст фундаментальних фізичних теорій завжди був і залишається предметом гострих і плідних дискусій.

Фізика — теоретична основа техніки, результати, одержувані у фізиці, завжди справляли на неї стимулюючий вплив, а подекуди приводили до технічних революцій і переворотів, появі нових технологій і галузей. У свою чергу розвиток техніки сприяв створенню нових методів фізичного дослідження, що зумовлювали прогрес як самої фізики, так і суміжних дисциплін. Особливо зросла взаємодія фізики з технікою і виробництвом у середині ХХ ст., коли людство вступило в період науково-технічної революції, характерна риса якої полягає в завершенні процесу перетворення науки в безпосередню продуктивну силу, зростанні й поглибленні зв'язку науки з усіма сферами суспільного життя, посиленні її соціальної ролі. В єдиній нині системі «наука — техніка — виробництво» фізиці належить одна з провідних ролей. Саме вона зробила найістотніший внесок у науково-тех-

нічний прогрес і революціонізувала не тільки саму науку, але і спосіб виробництва.

Які основні фактори, що визначають стан, розвиток та обличчя науки і є прискорювачами її розвитку? Це, насамперед, соціально-економічні та культурні, котрі багатьма шляхами впливають на науки, визначаючи її тематику, темпи розвитку, науковий потенціал, стратегію, методологію. Розвиток науки завжди перебував у тісному зв'язку з розвитком продуктивних сил і був тісно пов'язаний з потребами виробництва і суспільства.

Науку не можна відірвати і від культури, вона є її органічною складовою, не можна також ізолювати наукову спільноту від суспільства, між ними треба встановлювати тісні зв'язки.

Показовим у цьому є висловлювання Е. Шредінгера:

«...Існує тенденція забувати, що всі природничі науки пов'язані з загальнолюдською культурою і наукові відкриття, навіть такі, що в даний момент здаються найбільш передовими і доступними розумінню небагатьох обраних, все ж безмістові поза свого культурного контексту, — писав він. — Та теоретична наука, яка не визнає, що її побудови, найактуальніші та найважливіші, врешті-решт, служать для включення в концепції, призначені для надійного засвоєння освітнім прошарком суспільства і перетворення в органічну частину загальної картини світу»... — така наука неодмінно відірветься від решти людської культури, в перспективі вона приречена на безсилля і параліч»... [43].

А це означає, що історію науки необхідно висвітлювати в суспільно-політичному та історико-культурному контекстах [26].

Інакше кажучи, наука являє собою історично зумовлений спосіб виробництва знань. Водночас науці, зокрема фізиці, властива своя, внутрішня, логіка розвитку. Стосовно фізики засновник квантової теорії М. Планк писав:

«Щоб визначити, в якому напрямку відбувається розвиток фізичної науки, є тільки один спосіб: порівняти сучасний стан її з тим, у якому вона перебувала раніше. Якщо запитати, яка зовнішня ознака може дати найкращу характеристику даної стадії розвитку якоїсь науки, то я не можу вказати більш загальної ознаки, ніж той спосіб, за яким наука визначає свої основні поняття і підрозділяє свої галузі» [1, с. 24].

І, нарешті, цікаво дізнатися, коли виникла сама історія науки, точніше історія знань, оскільки наука в нинішньому розумінні, як буде показано в подальшому, сформувалася остаточно тільки в XVI–XVII ст.

Матеріали з історії знань містилися вже в давньоіндійській філософії, яка передбачила чимало пізніх досягнень західно-європейської думки. Різні форми вчення про наступність знання та циклічність розвитку світу й людини знаходимо також у китайських філософів. Так, Сім Цянь (II–I ст. до н.е.) в своїй праці «Історичні записки» застосовує комплексний підхід до висвітлення історичних подій, що поєднує хронологічне викладення, тематичне описання та особисту характеристику персонажів.

Однак особливе значення для становлення історіографії знань мав період Античності. Саме в цей час відбулося формування історіографії, яка пов'язується з ім'ям Арістотеля (IV ст. до н.е.). Він чітко уявляв історичний характер пізнання природи, вважаючи, що всі відкриття є результатом його тривалого розвитку і в своїй праці «Метафізика» закликав вивчати праці не тільки сучасників, а і їх попередників. Принцип історизму притаманний всім працям Арістотеля. Його чітка позиція щодо поступального руху знання сприяла подоланню попередньої концепції циклічності, а його вчення про генезис знання протистояло міфологічним поглядам

Платона та інших стародавніх філософів на причини виникнення науки. В своїй «Фізиці» він встановив основний закон розвитку пізнання, який віддзеркалився в його «ієрархії наук». Отже, основоположні ідеї Арістотеля щодо генезису історичного прогресу, наступності та структури наукового знання дають підстави стверджувати, що він був першим істориком науки, як її тоді розуміли. Від Арістотеля бере початок і жанр історичної біографії, традиція представлення історії через призму її відомих особистостей. Одними з перших біографів можна назвати Арістоксена, автора біографій Піфагора і Платона, які не дійшли до нас, та Теофраста, автора «Характеристик». В Античності також приділялася увага хронології історії знань та було зроблено спроби її періодизації. За словами історика науки Б.А. Старостіна, період Античності можна вважати «колискою історіографії знання».

І нарешті звернення до минулого науки вкрай необхідно сучасним дослідникам. Адже, як писав В.І. Вернадський ще в 1912 р. в статті «З історії ідей» [35, с. 169–180],

«натураліст і математик завжди повинні знати минуле своєї науки, щоб розуміти її сучасне. Тільки цим шляхом можлива правильна і повна оцінка того, що добувається сучасною наукою, що виставляється нею як важливе, істинне або необхідне» [35, с. 173].

І незнання минулого, про що неодноразово говорили відомі фізики, мало сумні наслідки, воно часто гальмувало до того ж не простий рух до наукової істини.

Після всього сказаного легко дати і дефініцію історії науки як дисципліни, що досліджує внутрішню логіку розвитку науки, генезис її ідей, теорій і законів, їх еволюцію, наслідки. Правда ця дефініція стосується фун-

даментальної науки, яка сама визначає шляхи свого розвитку. А ось, яке визначення дає В.І. Вернадський:

«Історія людської думки є наукова дисципліна, яка повинна прагнути пов'язувати науково точно встановлені факти, шукати узагальнень і розподіляти їх у систему і порядок» [35].

Історія науки час від часу вимагає свого оновлення, нового погляду на перебіг її подій, нової їх оцінки, інакше кажучи, написання історії науки та окремих її напрямів із засад сьогодення. Про це писав і В.І. Вернадський [35].

Одним з основних завдань історії будь-якої фундаментальної науки є побудова періодизаційної схеми її розвитку з переламними, революційними, подіями, що лежать в її основі. Виявлення таких найфундаментальніших подій (ідей, фактів, теорій, відкриттів, законів) – надзвичайно важливе завдання, адже саме вони відкривають нові періоди та етапи в розвитку науки, визначають її архітектуру [11]. Стосовно фізики відомий український теоретик О.І. Ахієзер писав:

«...Великі фізичні ідеї стрясують основи науки, наукові підвалини з такою самою силою, як соціальні революції – людське суспільство. – Такі ідеї визначають кульмінаційні моменти в розвитку фізики, революції у фізиці і відіграють особливу роль, оскільки... є водночас і найважливішими віхами в усій духовній історії людства» [12, с. 3].

Розробивши та обґрунтувавши періодизацію якоїсь науки на основі її найфундаментальніших ідей, теорій, законів і відкриттів, ми тим самим одержимо ескіз ідейного зрізу її розвитку, тобто зміни фундаментальних парадигм. Можна також стверджувати, що саме періодизація є основою при реконструкції історії науки або її окремих напрямів, своєрідним «каркасом», що «тримає» історію науки,

яку необхідно наповнити ще іншими фундаментальними результатами з тим, щоб справді одержати інноваційну історію науки через її ключові факти. Інакше кажучи, в рамках побудованої схеми періодизації доцільно розглядати історію формування і розвитку низки інших, також важливих ідей, теорій та відкриттів і створених на їх основі наукових напрямів, але так, щоб це описання не затьмувало загальну картину розвитку науки. Чітка, логічно обґрунтована періодизація дозволяє краще зрозуміти структурні особливості науки, наступність та еволюцію її ідей, методів і концепцій, тенденції розвитку, рушійні фактори, поворотні моменти, виходи в практику і суміжні дисципліни. При такому підході історія науки – це не описання всього того, що в ній зроблено (саме це намагалися і намагаються робити більшість істориків науки), а історія її основних ідей, теорій та відкриттів як своєрідних інновацій, тобто інноваційна історія. На підтвердження сказаного можна навести слова А. Ейнштейна і Л. Інфельда з передмови до їх книги «Еволюція фізики»:

«Тут немає систематичного викладення елементарних фізичних фактів і теорій, – писали вони. – Скоріше за все наше прагнення полягало в тому, щоб широкими штрихами накреслити спроби людського розуму знайти зв'язок між світом ідей і світом явищ. Ми прагнули показати ті активні сили, що змушують науку створювати ідеї, які відповідають реальності нашого світу... Крізь лабіринт фактів і понять ми повинні були обрати основний шлях, що здавався нам найхарактернішим і значним. Ті факти і теорії, що не лежали на обраному шляху, ми повинні були відкинути. Наша основна мета змусувала нас зробити певну вибірку фактів та ідей... Деякі істотні напрямки думки не було відображено не тому, що вони здавалися нам несуттєвими, а тому що вони не лежали на тому шляху, який ми обрали» [2, т. 4, с. 359].

Виходячи з викладеного, перед істориками науки постає завдання – сформулювати масив її фундаментальних фактів (хронологічну базу), виділивши з них найфундаментальніші, знакові, які саме відкривають нові періоди та етапи в розвитку розглянутих наук. Ці події-факти з датами і лежать в основі побудованих в такий спосіб періодизаційних схем розвитку фундаментальних наук.

Стосовно фізики автором запропоновано логічно обґрунтований варіант її періодизації, апробований в кількох його публікаціях, який дає можливість чіткіше простежити хід її розвитку, еволюцію фізичних картин світу, в нагромадженні фактів розгледіти внутрішню логіку розвитку [7–11]. В основу цієї періодизації покладено наступні переламні, знакові, події і факти, які започатковували періоди та етапи в розвитку фізики, тобто її періодизаційну структуру [9].

Період від найдавніших часів (III тис. до н.е.) до 1583 р. – це передісторія фізики, період виникнення і нагромадження фізичних знань про окремі явища природи, виникнення окремих учень. Відповідно до етапів розвитку суспільства, в ньому розрізняють Епоху ранніх цивілізацій, Античність, Середні віки, Відродження.

1583 р. – початок фізики як науки, коли в один з його днів Г. Галілей, спостерігаючи за гойданням лампади в Пізанському соборі і вимірюючи період її коливань за биттям власного пульсу, встановив його незалежність від амплітуди (при малих амплітудах), тобто сталість (властивість ізохронності коливань маятника). В подальшому вона почала використовуватися в маятникових годинниках, ставших

потужним засобом експерименту. Невдовзі послідувала ще низка важливих дослідів Галілея. Як послідовний провідник експериментального методу наукових досліджень він став засновником точного природознавства в цілому, хоч окремі, несистематичні, експерименти проводилися також іншими вченими до нього. За словами А. Ейнштейна та Л. Інфельда, «наука, що пов'язує теорію та експеримент, фактично почалася з праць Галілея».

Силу експериментального методу в наукових дослідженнях яскраво продемонстрував також природодослідник, придворний лікар англійської королеви Єлизавети У. Гільберт наприкінці XVI ст. своїми численними дослідями (понад 600) з електрики та магнетизму, що започаткували ці напрями у фізиці. В своїй книзі «Про магніт, магнітні тіла і про великий магніт – Землю» (1600) він писав:

«...При дослідженні таємниць і відшуканні прихованих причин речей завдяки точним дослідом і аргументам, які спираються на них, одержуються сильніші докази, від заснованих тільки на одній правдоподібності припущень і думок вульгарних філософів...» [14, с. 30].

Отже, Г. Галілеєм розпочався якісно новий період у розвитку фізики – становлення її як науки (1583–1686) завдяки використанню в ній синтезу експерименту та теорії.

Розглянемо цей синтез також стосовно астрономії, взявши за основу систему світу М. Коперника. Використавши власні дані спостережень небесних світил і своїх попередників, він побудував геліоцентричну систему світу, яку виклав у трактаті «Про обертання небесних сфер» (1543). В ньому М. Коперник, зокрема, писав:

«...Після того, як протягом тривалого часу я обмірковував ненадійність математичних традицій щодо встановлення рухів світових сфер, мені стало прикро, що у філософів не

існує жодної надійної теорії рухів світового механізму... Я взяв на себе обов'язок перечитати книги всіх філософів, які тільки міг дістати, прагнучи знати, чи не висловлював хтось думку, що у світових сфер існують рухи, відмінні від тих, які припускають викладачі математичних шкіл. Спочатку я знайшов у Цицерона, що Нікет висловлював думку про рух Землі, потім зустрів у Плутарха, що цього погляду дотримувалися й деякі інші... Спонукаючи цим, я теж почав розмірковувати щодо рухомості Землі...

Припустивши існування тих рухів, які... приписані мною Землі, нарешті, після численних і тривалих спостережень, виявив, якщо з коловим рухом Землі порівняти рухи решти блукаючих світил і обчислити ці рухи для періоду обертання кожного світила, то одержимо спостережувані у цих світил явища. Крім того, послідовність і величини світил, всі сфери і навіть саме небо виявляються так пов'язаними, що нічого неможна буде переставити в жодній частині, не спричинивши плутанини в решти частинах і в усьому Всесвіті... Отже, ця книга міститиме ніби загальну конституцію Всесвіту» [14, с. 12–13].

Таким чином, маємо теоретичне пояснення будови відомої тоді частини Сонячної системи, одержане на основі дослідних даних (спостережень). А це означає, що астрономія як наука бере початок від створення М. Коперником замість загальноприйнятої тоді геоцентричної системи світу Арістотеля–Птолемея якісно нової, наукової, моделі Всесвіту, яка зробила справжній переворот у науковому світогляді та започаткувала революцію у природознавстві. З цього приводу П. Лаплас писав:

«В середині XVI ст. Коперник дійшов висновку, що уявний рух небесних тіл вказує нам на істинний рух Землі навколо Сонця і власної осі. Таким чином, він показав нам світ з нової точки зору, тим самим, змінивши обличчя астрономії [14, с. 136].

Це була і перша наукова космологічна модель Всесвіту (кінематична), що дала початок космології. Отже, в 1543 р. було започатковано астрономію та космологію як точні науки, а

в 1583 р. – фізику, тобто провідні галузі природознавства, що суперечить поглядам В.І. Вернадського на виникнення природознавства, який в своїй праці «З історії ідей» (1912) писав: «XVII століття стало початком нового часу, входження в історію людства нової змінювальної його сили – наук про природу (фундаментальних наук – автор) і тісно з ними пов'язаною математикою».

І далі він продовжує: «ми говоримо про епоху Відродження наук і мистецтв, але наук, далеких від точного природознавства і математики. Епоха Відродження не є епохою створення сучасного природознавства і нової математики. Ми говоримо про епоху відкриттів (Великих географічних – автор), але ця епоха кількома поколіннями відділена від розквіту точного знання. І Відродження, і епоха відкриттів були епохами підготовчими» [13, с. 200].

Епоха Відродження – це епоха соціально-економічних зрушень в європейському суспільстві та зародження нових виробничих відносин, перевороту в розвитку наукового знання і культури, Великих географічних відкриттів. Саме в цей період після тисячолітнього застою, в боротьбі проти поглядів Арістотеля було відроджено багато духовних цінностей Античності й закладено чимало прогресивних традицій [9, с. 30–32, 509–510]. І не випадково, що саме наприкінці цього періоду зароджується низка фундаментальних наук.

Справді, ще в значній часовій частині епохи Відродження (XV–XVI ст.) спостереження не мали систематичного характеру і не були об'єднані єдиним методом дослідження – експериментальним, хоч про його значення висловлювалося чимало натуралістів. Тут доречно навести переконливе висловлювання з цього приводу природодослідника А. Кірхера з його твору «Магнетичне мистецтво».

«Будь-яка філософія, якщо вона не підтверджується дослідом, буде порожньою, обманливою і безкорисною... — писав він. — Один тільки дослід може розсіяти всі сумніви, позбавити труднощів; він, єдиний вчитель істини, який несе у темряві смолоскип, може розв'язати всі вузли, вказати істинні причини речей» [14, с. 80].

Тільки з 40-х років XVI ст. у науці започатковується систематичне використання для досліджень експериментального методу та теоретичне обґрунтування одержаних дослідних даних, тобто з'являються ознаки, притаманні науці, — експеримент і теорія в своїй єдності.

Цілеспрямоване, широке і систематичне використання в дослідженнях експерименту, створення для цього різних приладів, спроби теоретичного осмислення експериментальних даних перетворили астрономію в 40-х роках, а у 80-х XVI ст. фізику на науковій дисципліні.

Однак при цьому необхідно зробити наступне застереження. Якщо розвиток науки розглядати в контексті світового цивілізаційного процесу [16], то поняття науки слід використовувати в широкому й вузькому значеннях.

Наука в широкому сенсі — це свідомо діяльність людини, спрямована на одержання позитивних, раціонально представлених і систематизованих знань про навколишній світ, а також їх сукупність. При такому підході наука притаманна кожній цивілізації, починаючи з найархаїчнішої — стародавніх майя, яка досягла дивовижних результатів у математиці та астрономії. Широкі знання мали Антична, Візантійська, Китайська, Індійська та Мусульманська цивілізації. В цьому сенсі можна говорити про науки Античності, Стародавніх Єгипта, Шумера, Індії, Китаю.

Наука у вузькому значенні — це секуляризована сфера людської ді-

яльності, функцією якої є вироблення й теоретична систематизація та осмислення об'єктивних знань про дійсність на основі теорії та експерименту. В цьому розумінні наука з'являється в Західній Європі в другій половині XVI ст. при трансформації середньовічної Західно-християнської цивілізації в Новоевропейську і першим найяскравішим представником сучасної науки є Г.Галілей, діяльність якого продовжила новоевропейську наукову революцію, розпочату М. Коперником. Згодом наука стала самостійною сферою соціокультурної діяльності і вирішальним фактором технічного прогресу, однією з найважливіших складових економічного розвитку держави [15, с. 19–24, 16].

Наступний період фізики відкривається І. Ньютоном, який заклав основи тієї сукупності законів природи, що дають можливість зрозуміти закономірності великого кола явищ. Він побудував першу фізичну картину світу (динамічну картину природи) як завершену систему механіки, з його законом всесвітнього тяжіння, викладену в його «Математичних початках натуральної філософії» («Початках»), опублікованих 1687 р. [17]. Саме цей рік нами взято як знаковий, що започаткував якісно новий період у розвитку фізики — період класичної фізики (1687–1904). Зведена І. Ньютоном і його послідовниками — Ж.Д'Аламбером, Л. Ейлером, Ж. Лагранжем, У. Гамільтоном, П. Лапласом та іншими величезна система класичної фізики проіснувала непорушною понад два століття і тільки наприкінці XIX ст. почала руйнуватися під дією нових фактів, пояснити які виявлялося неможливим у рамках існуючих теорій. В ній нами виділено п'ять етапів, початок кожного з яких

відкривається знаковою, ключовою, подією.

Перший етап (1687–1735) – етап створення І. Ньютоном системи механіки з трьома її законами (закони Ньютона) та побудова ним динамічної системи світу (сонячної системи) в геометризованій формі на основі цих законів і його закону всесвітнього тяжіння; виникнення небесної механіки. Після 1687 р. відбувається утвердження механіки Ньютона, його геометризованої системи світу та математичного підходу до розв'язання широкого класу конкретних задач механіки, фізики та астрономії.

Другий етап (1736–1788) – етап переведення механіки Ньютона з геометричної в аналітичну форму, аналітичну механіку. Початок її датується 1736 р. – роком виходу в світ «Механіки» Л. Ейлера [14, с. 101–107], в якій він «виклав аналітичним методом і в зручній формі те, що знайшов в інших у їх працях про рух тіл, так і те, що одержав у результаті своїх розмірковувань» [14, с. 104]. В іншій своїй праці «Вступ до аналізу нескінченно малих» (1748) [14, с. 107–111] він запровадив диференціальні та інтегральні рівняння у вигляді, близькому до сучасного, і розв'язав чимало окремих задач, побудував основні рівняння руху твердого тіла і рідини (рівняння Ейлера), ставши засновником математичної фізики. Завершив процес перетворення механіки Ньютона в аналітичну Ж. Лагранж в своїй «Аналітичній механіці» (1788) [18], який, за словами Р. Гамільтона, «показав, що всю можливу складність наслідків руху системи тіл, можна одержати з однієї головної формули» [14, с. 172]. Використавши узагальнені координати, він надав рівнянням руху такої

форми (рівняння механіки Лагранжа 1-го і 2-го роду), яка уможливила їх застосування і до немеханічних процесів.

Третій етап (1789–1860) – етап нових формулювань механіки, пов'язаних з розробкою варіаційних принципів механіки, зокрема принципу можливих переміщень та принципу найменшої дії, а також розробкою Р. Гамільтоном (1834) загального методу динаміки з його характеристичною функцією механічної системи, яка виражається через узагальнені координати та імпульси (функція Гамільтона) і лежить в основі диференціальних рівнянь руху в канонічних змінних (рівняння Гамільтона) [14, с. 171–174]. Гамільтонове формулювання динаміки (гамільтонів формалізм) стало одним із значних досягнень в історії фізики.

На початку етапу було завершено створення П. Лапласом небесної механіки в п'ятитомній праці «Небесна механіка» (1798–1825).

Перший відчутний удар по фізиці Ньютона нанесла теорія електромагнітного поля Максвелла, створена в 1861–1865 рр., – друга після ньютонівської механіки велика фізична теорія, подальший розвиток якої поглибив її протиріччя з класичною механікою і привів до революційних змін у фізиці [19]. Використовуючи нові ідеї, які безпосередньо не впливали з класичної механіки (струм зміщення, польова концепція матерії Фарадея поряд з речовиною), Дж. Максвелл розробив теорію електромагнітного поля, давши точні просторово-часові закони електромагнітних явищ у вигляді системи рівнянь (рівняння Максвелла). Теорія Максвелла дістала подальшого розвитку в працях Г. Герца, О. Хевісайда та Х. Лоренца в результаті чо-

го було створено електродинамічну картину світу.

На цьому етапі (1861–1894) започатковано також думку про те, що більшість фізичних законів носить імовірнісний (статистичний) характер (Дж. Максвелл, Л. Больцман).

Роки з 1895 р. по 1904 р. були часом кардинальних змін у фізиці. Зроблено чимало фундаментальних відкриттів – рентгенівських променів, явища радіоактивності, взаємоперетворення атомів, залежності маси від швидкості, введення ідей квантів і релятивізму, які класична фізика пояснити не могла. Вони також готували революційні зрушення в фізиці [20].

Це був етап переходу до нової, не-класичної, фізики. Фундамент її заклали спеціальна теорія відносності і квантова теорія. Початок його доцільно віднести до 1905 р. – року створення А. Ейнштейном спеціальної теорії відносності і перетворення ним ідеї кванта енергії Планка в теорію квантів світла, що яскраво продемонстрували відхід від класичних уявлень і понять і започаткували нову фізичну картину світу – квантово-релятивістську. При цьому перехід від класичної фізики до некласичної характеризувався не тільки виникненням нових ідей, відкриттям нових несподіваних фактів і явищ, але і перетворенням її духу в цілому, виникненням нового способу фізичного мислення, глибокою зміною методологічних принципів фізики [1, 2].

У періоді некласичної фізики (1905–1968) нами виділено три етапи. Перший етап (1905–1931) характеризується широким використанням ідей релятивізму і квантів і завершується створенням (1925–1926) і становленням квантової механіки – третьої після І. Ньютона фундаментальної

фізичної теорії [21] та її застосувань; другий етап – етап субатомної, ядерної, фізики (1932–1954), коли фізики проникли на новий рівень будови матерії, в атомне ядро, встановивши 1932 р. його складний характер – з протонів і нейтронів (нуклонів); третій етап – етап суб'ядерної фізики (фізики елементарних частинок) і фізики космосу (1955–1968), відмітною рисою якого є вивчення явищ у нових просторово-часових масштабах. При цьому за точку відліку умовно можна взяти 1955 рік, коли фізики, опанувавши нові експериментальні засоби, почали безпосередньо досліджувати структуру нуклона, що знаменувало проникнення в нову просторово-часову область, на суб'ядерний рівень (10^{-13} см). Завершення цього третього етапу доцільне віднести до 1968 р. – року, що безпосередньо передувало одержанню 1969 р. експериментальних доказів точкової структури нуклона, складовими якої виявилися нові фундаментальні, субелементарні, частинки – кварки. Відбувся перехід на новий структурний рівень матерії, в області розміром 10^{-16} см [9].

Використовуючи кварки, фізики розробили теорію сильних взаємодій (квантову хромодинаміку), на основі якої з залученням теорії електрослабкої взаємодії побудували об'єднану теорію сильних, слабких і електромагнітних взаємодій, або модель кварків і лептонів та їх взаємодій (Стандартна модель), що привело до створення нової фізичної картини світу – кварково-лептонної [9]. В цей період, або *період постнекласичної фізики* (1969–1997), лідером залишалася фізика елементарних частинок, в якій було одержано чимало фундаментальних результатів, однак бурхливого розвитку дістали також астрофізика

та космологія, тісно пов'язані з нею. Відбулася ніби взаємодія мікро- і макрофізики. Зокрема, з використанням теорії елементарних частинок було реконструйовано історію раннього Всесвіту, або сценарій його еволюції – від народження внаслідок Великого вибуху до сьогодення (С. Вайнберг, Ш. Глешоу) [9].

А потужна експериментальна база наук про космос (телескопи різних видів і призначення, детектори космічного випромінювання широкого діапазону, орбітальні обсерваторії, космічні апарати та засоби їх доставки, можливості нової техніки і т.д.) в поєднанні з теоретичним арсеналом фізики, механіки і математики уможливили відкриття багатьох нових об'єктів і явищ у космосі. В результаті сформувався новий погляд на Всесвіт, у якому, як виявилось, високоенергетичні процеси відіграють вирішальну роль в його динаміці.

«Класична концепція Всесвіту як спокійної і величної системи, повільна еволюція якої регулюється споживанням ядерної енергії, пішла в минуле, – говорив у своїй Нобелівській лекції з фізики 2002 р. Р. Джіакконі. – Всесвіт, який ми знаємо нині, пронизаний відгомінном величезних вибухів і різкими змінами світності на великих енергетичних масштабах. Від початкового Вибуху і до утворення галактик та їх скупчень, від народження і смерті зір високоенергетичні процеси є нормою, а не винятком у процесі еволюції Всесвіту» [22, с. 438].

Сказане дає підстави шукати наступний ключовий результат у фізиці мегасвіту. З нашої точки зору, це відкриття в 1998 р. прискореного розширення Всесвіту, зроблене з використанням даних спостережень космічного телескопа «Хаббл» [23]. Відповідальною за це прискорення виявилася «темна енергія», математичним записом якої є космологічна стала Λ , або лямбда-член в рівняннях

Ейнштейна загальної теорії відносності. Водночас це було і відкриттям нового виду матерії Всесвіту, його нової складової – саме «темної енергії», феномену, відповідального за антигравітацію. В результаті сформувався новий погляд на Всесвіт, в якому поряд зі звичайною баріонною речовиною містяться темна матерія і темна енергія. Зазначені відкриття підтвердили розроблену на початку 90-х років космологічну модель Λ CDM, яка нині є Стандартною моделлю Всесвіту. Тому 1998 р. будемо вважати початком нового періоду – *періоду нової фізики*.

Наведені топ-факти і було покладено в основу схеми періодизації фізики, яка дає можливість в поєднанні з хронологією подій адекватно представити процес розвитку фізики, простежити її точки росту, генезис ідей, напрямів, еволюцію фізичних знань.

Але при цьому необхідно зробити деякі застереження. Якщо схему сприймати буквально, то може скласитися враження про чіткий, прямолінійний, шлях розвитку фізики, хоч і позначений низкою знакових фактів, що відкривають нові її сторінки. Насправді ж в реальному процесі розвитку фізики було чимало зупинок, хибних і обхідних кроків, взагалі звивистих шляхів, перш ніж вона доходила до істини. В цьому контексті слухне висловлювання Д. Гросса.

«Розвиток науки значно заплутаніший, ніж його відображення в більшості книг з історії, – зазначає він. – Це особливо правильно по відношенню до теоретичної фізики, зокрема, через те, що історію пишуть переможці. Тому історики науки часто ігнорують чимало альтернативних шляхів, якими блукали люди, безліч хибних напрямів, якими вони слідували, безліч їх помилкових думок. Ці додаткові точки зору не так чітко пророблені, як теорії-

переможці, їх важче зрозуміти, особливо розглядаючи їх через роки потому, коли все це справді набуває сенсу. Тільки таке перерахування історії може подекуди дати розуміння істинної природи наукового дослідження, в якому безглузде так само має значення, як і переможне» [24, с. 1306].

Слід також зазначити, що кожне відкриття, особливо радикальне, дуже рідко відразу сприймалося науковою спільнотою, подекуди необхідні роки, щоб нові ідеї проникли в колективну свідомість, і процес адаптації до них іноді затягувався надовго. А це означає, що наведені в хронологічній схемі реперні точки відліку періодів та етапів є в якийсь мірі умовними, адже навіть кардинальне відкриття, як правило, не сприймають відразу, як таке, що започатковує новий період у розвитку фізики. На це потрібен певний час – час звикання фізиків до нової парадигми, на що значно впливає інерція старих уявлень і старий образ мислення.

«Причина, за якою важко охопити нову концепцію в будь-якій галузі науки, завжди одна і та сама – сучасні вчені намагаються уявити собі цю нову концепцію в поняттях тих ідей, які існували раніше, – писав Ф.Дайсон, – Сам відкривач страждає від цього більше за всіх, він приходить до нової концепції в боротьбі зі старими ідеями, і старі ідеї ще довго залишаються тією мовою, на якій він думає... Велике відкриття, коли воно тільки з'являється, майже напевно виникає в заплутаній, неповній і незв'язній формі. Самому відкривачу воно зрозуміло тільки наполовину, для всіх решти – повна таємниця» [25, с. 91, 96].

Стає зрозумілим, чому науковій спільноті необхідний певний час на сприймання незвичної ідеї, теорії чи відкриття, на усвідомлення їх величч, значення для наступного розвитку фізики. В результаті їх вплив на цей розвиток дещо гальмується, зміщується в часі від моменту, коли відбулася ця епохальна подія. Історія фізики зберігає чимало таких прикладів (теорія

електромагнітного поля Максвелла, ідея квантів Планка, теорія відносності Ейнштейна, квантова механіка, ідеї квантових стрибків, нестационарного Всесвіту, кварків тощо), які наукове співтовариство сприймало не відразу, а з часом, через гарячі дискусії, широку роз'яснювальну роботу, переконливі експерименти.

Виявлені вище знакові події в розвитку фізики (ідейні) і покладено в основу її періодизації, яка виглядає так (це удосконалений варіант порівняно з попереднім, який міститься в праці [11]).

Періодизаційна схема розвитку всесвітньої фізики

Передісторія фізики, або період виникнення і нагромадження окремих елементів фізичних знань (III тис. до н.е. – 1582)

Епоха ранніх цивілізацій (III тис. до н.е. – середина I тис. до н.е.)

Античність (VIII ст. до н.е. – V ст. н.е.)

Середні віки (VI ст. – XIV ст.)

Відродження (XV ст. – 1582)

**Період становлення фізики як науки
(1583–1686)**

Період класичної фізики (1687–1904)

Перший етап (1687–1735)

Другий етап (1736–1788)

Третій етап (1789–1860)

Четвертий етап (1861–1894)

П'ятий етап (1895–1904)

**Період неklasичної фізики
(1905–1968)**

Перший етап (1905–1931)

Другий етап (1932–1954)

Третій етап (1955–1968)

**Період постнеklasичної фізики
(1969–1997)**

Період новітньої фізики (з 1998)

Як зазначалося, крім ідейних, на стані розвиток науки значно впливають соціально-економічні та культурні фактори, котрі багатьма шляхами діють на науку, визначаючи її тематику, темпи розвитку, науковий потенціал, стратегію та ін. Поступ науки завжди перебував у тісному зв'язку з розвитком продуктивних сил і був тісно пов'язаний з потребами виробництва і суспільства. Тому всесвітню історію фундаментальної науки доцільно розглядати також у суспільно-політичному контексті (ширше – в цивілізаційному), який повинен передувати безпосередньому розгляду цієї історії, її періодам та етапам [15, 26].

Особливо значний вплив суспільно-політичних чинників відчувають на собі національні науки (суспільно-політичні процеси в країні, стан її економіки, можливості належного фінансування науки, духовний клімат тощо). Якщо в періодизаційній схемі розвитку світової фундаментальної науки її знакові події і факти мають виключно ідейну природу, зокрема в фізиці – фізичну, то в національній – суспільно-політичну, і періодизація будується в системі соціально-політичних та економічних координат. Це в національній науці відбивається на її структурі, тобто фактично визначає періодизацію її розвитку [26–28]. Проте висвітлення історії національної фундаментальної науки необхідно проводити водночас і в світовому контексті, щоб було видно відповідність (або невідповідність) її рівня світовому. Розглянемо з врахуванням суспільно-політичних чинників періодизацію історії фізики України.

Передісторія фізики України, коли нагромаджувалися в ній фізико-ма-

тематичні знання, припадає на XVII–XVIII ст. через особливості її історичного розвитку в складі Російської імперії [28, с. 147–180]. *Виникнення і становлення фізики як фундаментальної науки* тут відбувається тільки в XIX – на початку XX ст. – від часу організації університетів (Харківського, Київського та Новоросійського в Одесі) і Харківського технологічного та Київського політехнічного інститутів (точніше з другої половини XIX ст., коли їх викладачі дістали змогу поряд з викладацькою роботою проводити також наукову, і з'явилися молоді фізичні кадри) [28, с. 196–252; 307–329]. Отже, наука, в тому числі фізика, в Україні, як і в Росії, була вузівською і розвивалася в основному окремими вченими-одинаками, які однак зробили певний внесок у світову науку.

Наприкінці 10-х – на початку 20-х років XX ст. в Україні відчувається відлуння російських революцій 1917 р., потім Громадянська війна (1918–1920) і як наслідок розруха господарства та економіки, перевантаження влади, трансформація освітньої та наукової систем. В результаті через мізерне фінансування відбувся занепад науки, не допомогла в цьому і створена в 1918 р. Українська академія наук, яка, за висловом одного чиновника Наркомосу України, перебувала тоді «на консервації» [27, 29].

В кінці у 20-х і протягом 30-х років починається створення в Україні науково-дослідних інститутів як оптимальної форми ведення дослідницької діяльності [30], зокрема Українського фізико-технічного інституту в Харкові (1928) [31] та Інституту фізики в Києві (1929) [36]. Тому в 30-і роки в Україні тільки

формується сучасна фізика. На її подальший розвиток значно вплинула війна СРСР з гітлерівською Німеччиною (1941–1945) і спричинена нею розруха господарства та економіки країни [10, 27].

В післявоєнне десятиріччя (1945–1955) відбувалася відбудова господарства, економіки, освіти і науки України. 5 березня 1953 р. помер Сталін – засновник і керівник тоталітарної радянської держави (СРСР), створеної ним і його найближчим оточенням, в якій розбудова господарства, економіки, науки, культури і державних інститутів поєднувалася з масовими репресіями і фізичним знищенням еліти нації, гнобленням свобод і духовності, голодоморами, які призвели до загибелі мільйонів людей, в тому числі в Україні. Відтоді в історії СРСР розпочався новий період – не простий і суперечливий.

14–15 лютого 1956 р. відбувся XX з'їзд КПРС, на якому з доповіддю «Про культ особи та його наслідки» виступив перший секретар ЦК КПРС М.С. Хрущов, який вперше публічно викрив культ особи Сталіна. В результаті почалися масові реабілітації та звільнення з в'язниць і таборів безпідставно заарештованих і засуджених у попередні роки. Було звільнено сотні тисяч жертв тоталітарного режиму, в тому числі українських науковців. В країні розпочалися процеси десталінізації, внаслідок чого в ній стала дещо змінюватися і морально-політична атмосфера. *Цей період дістав назву «відлиги» (1956–1964)* [10, 27].

Відбувалося збільшення бюджетного фінансування науки, що уможливило її розвиток, особливо в галузі фундаментальних і технічних наук, хоч значні ресурси почав «спожива-

ти» військово-промисловий комплекс, в якому бурхливо реалізувалися атомний і ракетний проекти, на які працювало чимало науковців України, зокрема математиків, фізиків, механіків, матеріалознавців. Важливе значення для розвитку науки в країні мала постанова ЦК КПРС і Ради Міністрів СРСР від 11 квітня 1963 р. «Про заходи по поліпшенню діяльності Академії наук СРСР і академій наук союзних республік», на виконання якої 23 травня 1963 р. ЦК КПУ і Рада Міністрів УРСР прийняли постанову «Про заходи по поліпшенню діяльності Академії наук УРСР» [10].

Сприятливо лібералізація суспільно-політичного життя позначилася і на розвитку соціогуманітарних наук. У цей період сформувалося покоління так званих шестидесятників, які відіграли певну роль в національному відродженні.

14 жовтня 1964 р. за допущення багатьох помилок у керівництві державою М.С. Хрущова усунуто з усіх його посад (внаслідок фактично державного перевороту). Замість нього вже наступного дня Президія Верховної Ради СРСР призначила головою Ради Міністрів СРСР О.М. Косигіна, тоді ж, на жовтневому 1964 пленумі ЦК КПРС, першим секретарем ЦК КПРС обрано Л.І. Брежнєва. Посаду голови Верховної Ради СРСР замість звільненого А.І. Мікояна обійняв М.В. Підгорний. В результаті, на кінець 1965 р. у Москві склався тріумвірат у складі Л.І. Брежнєва, О.М. Косигіна та М.В. Підгорного, який визначав політичний курс СРСР впродовж низки наступних років.

В економічному, соціальному і культурному житті радянського суспільства складався стан, який харак-

теризувався наростанням кризових явищ (1965–1984). Він дістав назву періоду «застою». Проте для науки України, зокрема Академії наук, це був етап її активного розвитку, позначеного фундаментальними науковими відкриттями і технічними винаходами, зростанням її наукового потенціалу та матеріально-технічної бази, появою нової генерації вчених у галузі фундаментальних і соціогуманітарних наук [10, 27].

Наступний період в історії СРСР – *період перебудови* припав на 1985–1991 рр., характерною рисою якого було посилення в країні та суспільстві процесів демократизації, гласності, національної самоідентичності та національного відродження, прагнення до незалежності та самостійності [27]. 24 серпня 1991 р. Верховна Рада УРСР прийняла Акт незалежності України, а 1 грудня 1991 р. на всеукраїнському референдумі за повну незалежність України проголосувало 90,32% його учасників. На ньому ж президентом України було обрано Л.М. Кравчука. 8 грудня 1991 р. Президенти України та Росії Л.М. Кравчук і Б.М. Єльцин та голова Верховної Ради Білорусії С.С. Шушкевич у Біловезькій Пущі під Брестом підписали спільну угоду про ліквідацію СРСР і утворення Співдружності Незалежних Держав (СНД). В результаті України перетворилася на незалежну і суверенну державу і в цьому статусі перебуває й нині [10, 27].

Наведені суспільно-політичні події і визначили періодизацію історії фізики України, що майже збігається з періодизацією її громадянської історії, в рамках якої і проведено реконструкцію фізики, причому в світовому контексті. Вона виглядає так.

Періодизаційна схема розвитку фізики України.

Передісторія фізики України, або період нагромадження в ній фізико-математичних знань (XVII–XVIII ст.).

Фізика в Україні у XIX ст. – на початку XX ст.

Фізичні дослідження в Україні в 20-х роках XX ст.

Формування сучасної фізики в Україні (30-і роки XX ст.)

Фізика України в першій половині 40-х рр. XX ст.

Фізика України в післявоєнне десятиріччя (1945–1955)

Фізика України в період «відлиги» (1956–1964)

Фізика України в період «застою» (1965–1984)

Фізика України в період перебудови в СРСР (1985–1991)

Фізика в Незалежній Україні (з 1992).

Ця періодизація і визначила структуру даної монографії, в якій однак має місце низка особливостей. Так, по-перше, кожному періоду фізики України передують суспільно-політичний контекст, а також короткий огляд розвитку всесвітньої фізики [9], що дає можливість співставити рівень результатів українських учених зі світовим у тій чи іншій галузі, тобто з'ясувати, чи є фізична наука України органічною частиною світової і чи працюють її учені на її рівні та в її руслі.

По-друге, реконструкція історії української фізики ведеться, відповідно до інноваційної моделі історії всесвітньої фізики, розробленої автором, тобто через ключові результати, одержані її вченими [9].

І, по-третє, оскільки історія науки України в значній кількості офіційних ювілейних видань викладається в звичній «класичній» манері – через здобутки інститутів або вишів та їх учених, а подекуди і без прізвищ [37, 38], автор у другій частині монографії обрав інший шлях її подачі.

Не ігноруючи досягнення інститутів в цілому (стисло це розглянуто в першій частині монографії), він висвітлює розвиток фізики у відповідних наукових напрямках крізь призму фізичних шкіл як найефективніших неформальних форм організації науки – через процеси їх формування, розвитку і внеску в науку. Такий

підхід був апробований ним у двох монографіях «Наукові школи у фізиці» (1987) та «Історія формування і розвитку фізичних шкіл на Україні» (1991) [32, 33] і багатьох статтях. Остання книга в доопрацьованому вигляді в перекладі на українську і дістала відображення в другій частині монографії.

1. Планк М. Единство физической картины мира. – М.: Наука, 1966.
2. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – М. Наука, 1965–1967. – 4 т.
3. Вайнберг С. Проблема космологической постоянной // УФН, 1989, 158, 639–678.
4. Дайсон Ф. Будущее физики // УФН, 1971, 103, 529–538.
5. Фитч В. // УФН, 1981, 135, 185–193.
6. Гейзенберг В. Шаги за горизонт. – М.: Прогресс, 1987.
7. Храмов Ю.А. Новый подход к построению истории фундаментальной науки // Наука и науковедение, 2017, №2, с. 112–125.
8. Храмов Ю.А. Биография физики. Хронологический справочник. – К.: Техника, 1983.
9. Храмов Ю.О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій і відкриттів. – К.: Фенікс, 2015.
10. Національна академія наук України. 1918–2018. Хронологія. – К.: Фенікс, 2018. – 2-е вид.
11. Храмов Ю.О. Періодизація в історії фундаментальних наук // Наука і науковеденство, 2018, №3, с. 92–103.
12. Ахиезер А.И. Развивающаяся физическая картина мира. – Харьков: ННЦ «ХФТИ», 1998.
13. Вернадский В.И. Труды по всеобщей истории науки. – М.: Наука, 1988. – 2-е вид.
14. Жизнь науки. – М.: Наука, 1973.
15. Храмов Ю.А. История физики. – К.: Фенікс, 2006.
16. Павленко Ю.В. История мировой цивилизации. Философский анализ. – К.: Фенікс, 2002.
17. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. – М.: Наука, 1989.
18. Лагранж Ж. Аналитическая механика. – Л.: Гостехиздат, 1950. – 2 т.
19. Максвелл Дж. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: Гостехиздат, 1954.
20. Храмов Ю.А. Великие экспериментальные открытия в физике в конце XIX – начале XX ст. и зарождение современной физики // Наука и науковедение, 1997, №1–2, с. 186–197.
21. Хунд Ф. История квантовой теории. – К.: Наук. думка, 1980.
22. Джаакони Р. У истоков рентгеновской астрономии (Нобелевская лекция по физике 2002 г. // УФН, 2004, 174, 427–438.
23. Перлмуттер С. Измерение ускорения космического расширения по Сверхновым (Нобелевская лекция по физике 2011 г.) // УФН, 2013, 183, 1090–1098.
24. Гросс Д. Открытие асимптотической свободы и появление КХД (Нобелевская лекция по физике 2004 г.) // УФН, 2005, №2, 1306–1318.
25. Дайсон Ф. Новаторство в физике / Элементарные частицы. – М.: Физ.-мат. лит., 1963. – С. 90–103.
26. История Человечества. – М.: ЮНЕСКО–ТОО «Издательский дом МАГИСТР–ПРЕСС», 2003–2005. – 7 т. (переклад з англ.).
27. Кульчицкий С.В., Павленко Ю.В., Руда С.П., Храмов Ю.О. Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному контексті. 1918–1998. – К.: Фенікс, 2000.
28. Павленко Ю.В., Руда С.П., Хорошева С.А. Храмов Ю.О. Природознавство в Україні до початку XX ст. в історичному, культурному та освітньому контекстах. – К.: – Академперіодика, 2001.
29. Павленко Ю.В., Храмов Ю.О. Українська державність в 1917–1919 рр. – К.: Манускрипт, 1995.
30. Храмов Ю.О., Звонкова Г.Л., Луговський О.Г. Формування в 30-х роках XX ст. в Україні фундаментальних наук та їх застосувань // Наука та науковеденство, 2019, №2, с. 130–155.
31. Павленко Ю.В., Ранюк Ю.Н., Храмов

- Ю.А. «Дело» УФТИ. 1935–1938. — К.: Феникс, 1998.
32. Храмов Ю.А. Научные школы в физике. — К.: Наук. думка, 1987.
33. Храмов Ю.А. История формирования и развития физических школ на Украине. — К.: Феникс, 1991.
34. Лауреаты Нобелевской премии по физике. — Санкт-Петербург: Наука, 2009. — Т. 2 (1951–1980).
35. Вернадский В.И. Труды по истории науки. — М.: Наука, 2002.
36. Інститут фізики НАН України. 80 років. — Львів: Євросвіт, 2009.
37. Національна академія наук України. 1918–2008. — К.: КММ, 2008.
38. Національна академія наук України. 1918–2018. — К.: Академперіодика, 2018.
39. Биографический указ.
40. Гейзенберг В. Физика и философия. — М.: Наука, 1989.
41. Храмова В.Л. Целостность духовной культуры. — К.: Феникс, 2009. — 2 вид.
42. Стёпин В.С. Философия науки. — М.: Гардарики, 2008.
43. Шредингер Э. Новые пути в физике. — М.: Наука, 1971.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ФІЗИКИ УКРАЇНИ, або період нагромадження в ній фізико-математичних знань (XVII–XVIII ст.)

Класична (фізико-математична) наука наприкінці XVI ст. – XVIII ст. (світовий контекст).

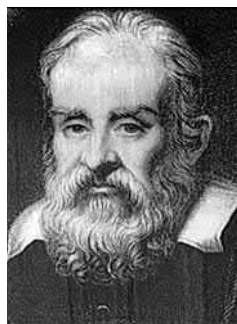
В розглядуваному періоді відбувається формування та активний розвиток основних галузей фундаментальної класичної західно-європейської науки – фізики, математики, астрономії, хімії та біології [1, с. 147–159]. З кінця XVI ст. у фізиці почалося систематичне застосування експериментального методу, творцем і послідовним провідником якого був Г. Галілей, що в поєднанні з теоретичним обґрунтуванням дослідних фактів привело до виникнення її як науки в сучасному розумінні [2, с. 33–42]. В 1583 р. Г. Галілей, вимірюючи період коливань маятника, встановив його незалежність від амплітуди (при малих комплітудах), тобто сталість (властивість ізохронності коливань маятника). В подальшому її використали в маятниковому годиннику, який став потужним засобом експерименту. В 1586 р. Г. Галілей

сконструював гідравлічні ваги для вимірювання густини твердих тіл. Невдовзі він провів ще низку дослідів, зокрема з падінням тіл, які довели, що їх швидкість при цьому однакова і не залежить від їхньої ваги (1590), та термоскопічний дослід з винайденим термоскопом (прообраз термометра), чим започатковано поняття температури (1597).

Г. Галілей також встановив принципи відносності та інерції, закони вільного падіння, поклавши цим початок динаміки. Виконані Г. Галілеєм широкі астрономічні дослідження за допомогою створеного ним першого телескопа (1609) з усією наочністю довели об'єктивний характер геліоцентризму, сприяли перемозі системи світу М. Коперника. В своїй творчості Г. Галілей керувався ідеєю єдності світу. Це ідея, за якою вся сукупність процесів у Всесвіті утворює деяке гармонійне, впорядковане ціле, лежала в основі його світогляду. Саме вона вирізняє науку від донанукових уявлень. Мету науки Г. Галілей вбачав у відшукуванні причин природних явищ, а завдання вченого – у «вивченні великої книги природи». Г. Галілеєм відкривається перший період у розвитку природознавства, його становлення, який завершується І. Ньютоном. Саме Г. Галілей, а також Й. Кеплер, що встановив три закони



М. Коперник



Г. Галілей



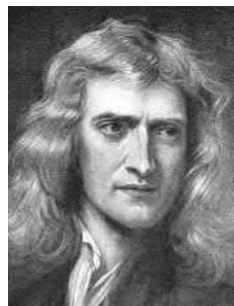
Р. Декарт



Х. Гюйгенс



Й. Кеплер



І. Ньютон

руху планет (1609–1619), підготували шлях І. Ньютону, який завершив створення фізики (80-ті рр. XVII ст.) – провідної галузі природознавства і побудував першу наукову картину природи. Загальну картину світу намагався створити і Р. Декарт у 1644 р., проте зловживав гіпотетичними побудовами [2].

Не пересічний внесок у фізику на розглянутому етапі зробив Х. Гюйгенс. Він сконструював перший маятниковий годинник зі спускним механізмом (1656) і розробив його теорію (1673) й низку проблем, пов'язаних з ним, зокрема встановив закони доцентрової сили. Досліджував зіткнення пружних тіл і вивів його закони, а також закони збереження кількості руху й «живих» сил (1669). Побудував хвильову теорію світла (1678) та, пояснюючи механізм його поширення, висунув принцип (принцип Гюйгенса), відкрив 1678 р. поляризацію світла. Спільно з Р. Гуком встановив сталі точки термометра.

До І. Ньютона нагромаджені різні знання й факти ще не було об'єднано в єдину систему, яка охоплювала б усю природу. І. Ньютон створив загальну картину світу як завершену систему механіки, закони якої керують усіма явищами природи [2, с. 41–48]. В 1687 р. вийшла в світ його основоположна праця «Математичні початки

натуральної філософії» («Початки»). Вона містила основні поняття та аксіоматику механіки, зокрема уявлення про абсолютні простір, час, рух, поняття стану, маси, три закони механіки (закони Ньютона), закон всесвітнього тяжіння, виходячи з якого І. Ньютон пояснив рухи небесних тіл. Завдяки цьому став можливим перехід від кінематичного описання Сонячної системи до динамічного. В «Початках» було об'єднано земну механіку з небесною, через що складалось уявлення, ніби закони механіки керують усіма процесами в природі.

І. Ньютон побудував першу наукову картину світу (механічну) з абсолютним простором і часом та концепцією далекодії, яка понад 200 років панувала в науці (період класичної науки), поки під тиском нових фактів не почала руйнуватися.

Поряд з фізикою у XVII ст. створюється математика змінних величин завдяки запровадженню 1637 р. Р. Декартом поняття змінної та функції, винайдення І. Ньютоном (1670–1671) і незалежно німецьким ученим і філософом Г. Лейбніцем (1684–1686) елементів диференціального та інтегрального числень, що згодом завдяки Л. Ейлеру уможливило запис основних законів механіки і фізики у вигляді диференціальних рівнянь, при цьому їх інтегрування стало одним з



Л. Ейлер



Ж. Лагранж



Й. Ламберт



В. Гершель

найважливіших завдань математики. Значно розширюється і предмет геометрії, в яку проникають ідеї руху та перетворення. Р. Декарт закладає основи аналітичної геометрії (1637), що дало можливість геометричні задачі перевести на «алгебраїчну мову».

З'являються перші праці з теорії ймовірностей (П. Ферма, Б. Паскаль) та перші лічильні машини (Б. Паскаль, 1641 р.; Г. Лейбніц, 1673–1674 рр.), які, на жаль, протягом тривалого часу не дістають практичного застосування. Ще на початку XVII ст., у 1614р., шотландський математик Дж. Непер створив таблиці логарифмів, чим справив значний вплив на розвиток числення нескінченно малих. Розробляється вчення про нескінченні ряди. Все це привело до того, що з XVII ст. природознавство стало математичним.

У XVII ст. закладаються основи механіки суцільного середовища (Р. Гук, 1660р.; І. Ньютон, 1687 р.), в оптиці починають конкурувати дві теорії – корпускулярна теорія світла Ньютона та хвильова Гюйгенса. Виникає вчення про гази (О. Геріке, Р. Бойль), закладаються основи фізичної акустики (М. Мерсенн). Данський астроном О. Рьомер у результаті спостережень за супутниками Юпітера дійшов висновку про скінченність швидкості поширення світла і вперше (1676) визначив її величину.

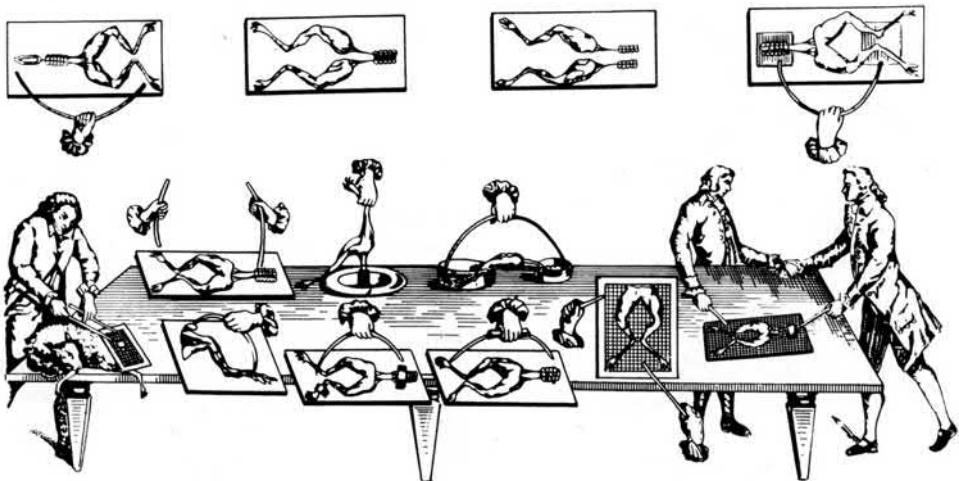
В математиці XVIII ст. поряд з розвитком усталених напрямів виникають або стають самостійними нові: вчення про степеневі ряди (Й. Бернуллі, Б. Тейлор, Л. Ейлер, Ж. Д'Аламбер та ін.), варіаційне числення (Л. Ейлер, Ж. Лагранж), теорія чисел (Л. Ейлер, Ж. Лагранж, А. Лежандр), теорія ймовірностей (Я. Бернуллі, П. Лаплас), теорія диференціальних рівнянь (Л. Ейлер, Ж. Д'Аламбер, Ж. Лагранж, П. Лаплас), диференціальна геометрія (Л. Ейлер, А. Клеро, Г. Монж та ін.), нарисна геометрія (Г. Монж), математична фізика (Л. Ейлер) та ін. Одержано і низку результатів першорядного значення. Зокрема, Б. Тейлор сформулював 1715р. загальну теорему про розкладання функції в степеневий ряд (ряд Тейлора), А. Клеро запровадив 1743 р. криволінійні інтеграли, Л. Ейлер – подвійні (1768–1770), Ж. Лагранж – потрійні (1773), Г. Крамер для розв'язання систем лінійних рівнянь – визначники і подав їх теорію (1750), Л. Ейлер розробив метод розв'язання лінійного диференціального рівняння будь-якого порядку (1739), а Ж. Лагранж – загальний метод розв'язання диференціальних рівнянь у частинних похідних першого порядку (1774–1779). Систематично почали використовуватись функції комплексної змінної для розв'язання різних задач механіки та фізики.

В астрономії цього періоду відкрито власний рух зір (Е. Галлей, 1718 р.), явище аберації світла (Дж. Брайлей, 1727–1729 рр.), висунуто ідеї про структурну незкінченність Всесвіту та його ієрархічну будову (Й. Ламберт, 1761 р.), відкрито атмосферу у Венери (М.В. Ломоносов, 1761 р.), планету Уран (В. Гершель, 1781 р.), опубліковано перший каталог туманностей і зоряних скупчень (Ш. Мен'є, 1781 р.). Вдосконалюються телескопи та інші астрономічні інструменти, проводяться визначення астрономічної одиниці, створюються зоряні каталоги, які містять точніші координати зір.

У фізиці розробляються методи термометрії і термометричні шкали (А. Цельсій, Р. Реомюр, Г. Фаренгейт). Дж. Блек показав відмінність між температурою і теплотою і відкрив (1762) приховану теплоту плавлення і пароутворення. Запроваджено поняття теплоємності (Й. Вільке) та виміряно теплоємності багатьох тіл (П. Лаплас, А. Лавуаз'є). Це привело до створення калориметрії. В 1729 р. відкрито явище електропровідності (С. Грей), в

1733 р. запроваджено уявлення про два види електричного заряду (Ш. Дюфе). Ш. Кулоном встановлено (1785) закон електричної взаємодії, а Л. Гальвані – існування електричного струму (1786). Відкрито перші закони збереження: матерії і руху (Ф. Прокопович, до 1748 р.; М.В. Ломоносов, 1748р.) [10] та електричного заряду (Б. Франклін, 1750 р.).

Закладаються основи фотометрії (П. Бугер, Й. Ламберт), теоретичної гідродинаміки ідеальної рідини (Д. Бернуллі, 1738 р.; Л. Ейлер, 1755 р.) та експериментальної акустики (Е. Хладні), розвивається техніка експерименту. Зокрема, в 1745 р. створюється перший електричний конденсатор – лейденська банка (Е. Клейст, П. Мушенбрук), в 1786 р. – дифракційна ґратка (Д. Ріттенгаус), в 1757 р. – ахроматичний об'єктив (Дж. Доллонд), в 1799 р. – перше джерело тривалого електричного струму (А. Вольта). Дослідами Б. Румфорда (1798) та Г. Деві (1799) дістає підтвердження механічна теорія теплоти, викладена в працях Д. Бернуллі, Л. Ейлера й М.В. Ломоносова.



Електрофізіологічні досліді Гальвані з тваринної електрики (з жабами)

Дослідження в галузі теплоти й газів сприяли виникненню та удосконаленню теплових двигунів. У 1784 р. винахідник Дж. Уатт побудував універсальний паровий двигун, економічний і ефективний, що дістав значного поширення і відіграв виняткову роль у переході до машинного виробництва.

Все XVIII ст. проходило під знаком повного панування вчення Ньютона, його механічна картина світу вдосконалювалася та уточнювалася, в ній виявлялися нові специфічні риси. В її рамках розвивалися всі галузі природознавства. Значної досконалості й стрункості досягла механіка в працях Ж. Д'Аламбера, Ж. Лагранжа, П. Лапласа, Л. Ейлера та Р. Гамільтона. Зокрема, Ж. Лагранж надав рівнянням руху такої форми (рівняння механіки Лагранжа 1-го і 2-го роду), що уможливило їх застосовувати для описання і немеханічних процесів, а Л. Ейлер — диференціальним та інтегральним рівнянням форми, близької до сучасної, заклавши засади динаміки абсолютно твердого тіла і побудувавши

основні рівняння руху твердого тіла і рідини, став засновником математичної фізики [2, с. 48–50].

В результаті механіку та теорію тяжіння, викладену І. Ньютоном у його «Початках» геометрично, Л. Ейлером, Ж. Лагранжем та ін. було перекладено в аналітичну форму.

І. Кант у праці «Загальна природнича історія і теорія неба» розглянув еволюцію світу, запропонувавши на основі законів тодішньої фізики, механізм його розвитку [2, с. 51; 186–188]. П. Лаплас, розвинувши методи небесної механіки, зробив те, що не вдалося його попередникам у поясненні руху небесних тіл, і слідом за І. Кантом у трактаті «Викладення системи світу» (1796) висунув гіпотезу походження Сонячної системи з обертальної газової туманності (гіпотеза Канта–Лапласа) [2, с. 50–51].

Отже, в XVII–XVIII ст. у Західній Європі формуються і активно розвиваються такі основні дисципліни класичної фундаментальної науки, як математика, механіка, фізика та астрономія [1, с. 147–159].

Фізико-математичні знання в Україні в XVII–XVIII ст.

Суттєві відмінності історичного розвитку України в складі Російської імперії від поступу європейських країн не сприяли розбудові власної системи вищої освіти і проведенню в ній наукових досліджень [1, с. 39–146; 34]. Внаслідок цього виникнення фундаментальної науки в Україні з її основними галузями — математикою, фізикою, механікою, астрономією, хімією, біологією розпочалося з запізненням більш ніж на два століття, ніж у Західній Європі, тобто тільки в XIX ст., точніше в другій його половині. Це стало можливим після створення Харківського (1805), Київського (1834) та Новоросійського

(1865 р., Одеса) університетів, а також Харківського технологічного (1885) та Київського політехнічного (1898) інститутів і Катеринославського вищого гірничого училища (1899 р., з 1912 р. — інститут).

Їх професори та викладачі згодом розпочали на кафедрах і в лабораторіях наукову діяльність, тобто наука в Україні в XIX ст., як і в Росії, була вузівською і розвивалася в основному окремими вченими-одинаками. Причому професори були здебільшого вихідцями з Росії, де закінчували Петербурзький, Московський чи Казанський університети, або з

інших країн. Проте період їх роботи в українських університетах, як правило, позначався для багатьох з них певними науковими досягненнями. У цьому зв'язку варто згадати математиків В.А.Стеклова, В.Г. Імщенецького, В.П. Єрмакова, механіків О.М.Ляпунова, В.Л. Кирпичова, Г.В. Суслова, В.М.Лігіна, фізиків М.П.Авенаріуса, М.М.Шіллера та М.О.Умова, астронома М.Ф.Хандрикова, хіміків М.М. Бекетова, М.А. Бунге та П.П.Алексеева, біологів Л.С. Ценковського, О.О. Ковалевського, В.В. Докучаєва, геологів К.М.Феофілактова та Л.Д. Борисяка. Національні кадри з'явилися в Україні тільки в другій половині XIX ст. Це фізик М.Д. Пильчиков, фізико-хімік Ф.Н. Шведов, математики М.Є.Вашенко-Захарченко та Б.Я. Букреев, геологи М.І. Андрусов і Д.А.Тутковський, біологи І.І. Мечников і В.Я. Данилевський та низка інших.

Зазначені вчені працювали в контексті та на рівні європейської науки, провівши низку досліджень першорядного значення та одержавши вагомі наукові результати, деякі навіть світового рівня. Це доводило, що з другої половини XIX ст. в Україні справді почали розвиватися окремі напрями фундаментальної науки, в яких українські вчені працювали на професійному рівні.

Нагромадження фізико-математичних знань в Україні відбувалося в XVII–XVIII ст. [1, с. 159–180], коли в Західній Європі вже сформувалася і почала активно розвиватися фундаментальна наука як система по виробництву знань з притаманними їй ознаками – експериментом та математичним оформленням його результатів (теорією).

Процесу накопичення знань передувала діяльність українських гума-



К. Острозький



Г. Смотрицький

ністів-просвітників кінця XV – початку XVI ст. – Юрія Дрогобича, Павла Русина, Лукаша, С. Оріховського та ін., які після здобуття вищої освіти в західноєвропейських університетах Відня, Падуї, Болоньї, Венеції, Рима, Кракова переносили на український ґрунт гуманістичні ідеї епохи Відродження.

Творчість нової генерації просвітителів в Україні припадає на кінець XVI – першу половину XVII ст. Її представники І. Лятош, А. Римша, Й. та П. Стегмани, К. Лукарис, Т. Симонід, І. Кипріан гуртувалися навколо культурно-освітніх осередків, найзначнішим серед яких була Острозька академія, створена 1576 р. князем Костянтином-Василем Острозьким у м. Острозі [5], 1636 р. припинила своє існування, відновилася тільки в 1994 р. (в 2000 р. набула статусу університету). Більшість її викладачів мала гарну освіту – Д. Наливайко, Х. Філарет, І.Лятос, В. Суразький, Клірик Острозький та ін. Зокрема К. Лукарис здобув її у Венеції та Падуї, де слухав лекції Г. Галілея та курси діалектики і метафізики, читані за Арістотелем. Відомим книжником Острозької друкарні, організатором шкільної справи був І. Кипріан, який закінчив Падуанський університет і також слухав лекції Г. Галілея. Першим реактором академії з 1580 р. був письменник

Г. Смотрицький. Закінчили її П. Сагайдачний, М. Смотрицький, І. Борецький та ін.

В Острозькій академії викладали «сім вільних наук», традиційних для середньовічної Європи, — граматику, риторичку, філософію, арифметику, геометрію, астрономію, музику, студенти опановували п'ять мов — слов'янську, польську, давньоєврейську, грецьку, латинську. Через філософські трактати її викладачів утверджувалася думка про творчу силу людини, гармонію небесного і земного світів.

«У світі, — стверджував Г. Смотрицький, — ніщо не зникає безслідно, все переходить з однієї якості в іншу, повертаючись до загальної матерії своєї» [1, с. 160].

Книги, якими користувались учні академії з математики, астрономії, філософії, фізики, написано переважно



Острозька біблія

латиною. Серед них «Космографія» І. Блеу, яка містила відомості про систему світу М. Коперника і була відома у російському перекладі Є. Славинецького 1645–1647 рр. під назвою «Зерцало усього Всесвіту...»; «Фізика і сферистика» (Франкфурт, 1593 р.); «Астрономічний календар за 1506 р.»; «Логіка» Арістотеля (Ліон, 1584 р.) та ін. Серед острозьких видань слід відзначати «Буквар» (1574), «Новий завіт з Псалтирем» (1580) та «Острозьку біблію» (1581) — перше повне видання біблії в перекладі староукраїнською, підготовлене І. Федоровим і Г. Смотрицьким.

У XVII–XVIII ст. рівень математичних знань в Україні визначався потребами практики. Тому в значній частині шкіл викладання математики полягало в подачі елементарних теоретичних відомостей та обов'язковому розвитку навичок з їх практичного застосування. Догматичне викладання поступово відступало. Відомості з арифметики подавалися на рівні п'ятої книги «Початків» Евкліда, викладання геометрії включало планіметрію та низку відомостей зі стереометрії, наприклад обчислення площ поверхонь та об'ємів простих геометричних тіл, а також обов'язкове застосування набутих теоретичних знань для практичних потреб, особливо для вимірювання на місцевості з використанням інструментів. Учні повинні були вміти перетворювати одні геометричні плоскі фігури на інші, рівновеликі їм. Відомості з тригонометрії подавалися в обмеженому обсязі. При викладанні математики користувалися посібниками С. Гжепського та Й. Стегмана. Видана 1566 р. книга «Геометрія — наука про вимірювання» С. Гжепського була практичним курсом геометрії, основи

якого становили «Початки» Евкліда. В ній теореми не тільки формулювалися, а й доводилися. Посібник Й. Стегмана «Навчання математиці», виданий 1630 р., містив відомості з арифметики та геометрії, переважно практичної з основами геодезії.

З часом обсяг навчального матеріалу з математики у багатьох школах України збільшувався, зокрема в Київській братській школі. В другій половині XVII ст. до курсу математики почали включати деякі відомості з планіметрії, причому твердження подавалися без доведень, згодом додалися прийоми застосування теоретичних відомостей до практики. Викладалася так звана практична геометрія, зокрема учнів вчили визначати відстань до недоступних об'єктів та їх висоту. Крім того, до курсу математики включалися відомості з космографії у геоцентричному викладенні.

Чимало українців вивчало математику в навчальних закладах Львова, Кракова, Замостя, Вільно. В 40-х роках XVII ст. у Львові створено спеціальні курси з поглибленим вивченням математики та споріднених з нею дисциплін. При цьому користувалися навчальним посібником І. Богатка «Наука військового мистецтва, архітектури, піротехніки, тактики, полеміки, перспективи...» (1747), написаним на основі лекцій з архітектури, математики, військової справи Ф. Гродзицького. Того ж року видано підручник «Загальне пізнання Землі та небозводу...», який являв собою розгорнуту програму «публічних демонстрацій» і включав розділи з арифметики, геометрії, піротехніки, архітектури, оптики, астрономії, географії. В організованій 1661 р. Львівській академії курс математики

включав арифметику, геометрію та деякі розділи прикладної математики, які в другій половині XVIII ст. виділилися в окремий предмет – змішану математику. Розділ арифметики знайомив з чотирма арифметичними діями з цілими та дробовими числами, арифметичною та геометричною прогресіями, правилами пропорційного ділення, добування квадратного та кубічного коренів тощо. В геометричній частині вивчалися основи геометрії Евкліда, здебільшого планіметрія, зі стереометрії подавалися тільки окремі відомості. Досить докладно розглядали задачі про побудову, їм надавали не меншого значення, ніж основним теоремам. Обсяг математичних знань, які давала Львівська академія, поступово збільшувався. Так, у XVIII ст. до курсу математики вже входили стереометрія, дії з логарифмами та основи тригонометрії. В додаткові розділи було включено основи механіки (прості машини), балістику, гідравліку, геодезію, катоптрику, астрономічні обчислення.

Основною формою теоретичного осмислення природи в другій половині XVII – на початку XVIII ст. стала вітчизняна натурфілософія, яка виникла в рамках схоластичної картини світу, характерною ознакою якої було співіснування елементів античних, середньовічних і ренесансних уявлень. Важливе значення для розвитку вітчизняної натурфілософської думки мало створення 1632 р. на базі Київської братської школи (1615) та Лаврської школи (1631) Києво-Могилянської колегії (академії) [6]. Це збіглося з початком занепаду схоластичного світогляду і створило умови для формування математико-механістичних і фізичних концепцій при переході від середньовічних уявлень до нау-



І. Гізель



Ф. Прокопович

кових знань. В Києво-Могилянській академії працювали такі діячі освіти та культури, як Й. Кононович-Горбацький, І. Гізель, І. Поповський, С. Яворський, Й. Волчанський, Й. Турбойський, А. Дубневич, М. Козачинський, Ф. Прокопович, Й. Кроковський, Г. Кониський, Г. Щербацький, І. Фальковський та ін. [7].

Тлумачення матерії було одним з найважливіших у натурфілософських курсах професорів Києво-Могилянської академії. Вони усвідомлювали її як початок природних речей, основу природного тіла, що сприймалося як адекватний об'єкт фізики. Утверджувалася думка про нестворюваність, незнищеність та активність матерії. Так, Ф. Прокопович, характеризуючи матерію як загальний субстрат усього існуючого, надавав їй властивостей протяжності, ширини, довжини, глибини та висоти. Таке розуміння матерії створювало передумови для виникнення механіко-матеріалістичних концепцій, відповідно до яких, матерія сприймалась як сукупність незмінних первинних елементів Всесвіту. Найближче підійшов до такого розуміння матерії Г. Щербацький.

ЩЕРБАЦЬКИЙ Григорій (Георгій) — український культурний і церковний діяч, філософ. Народився близько 1725 р. в с. Рогозів (нині Київської області) в козацькій

родині, небіж Т. Щербацького (1698–1767), професора і митрополита Київського, Галицького та всієї Малої Росії (з 1748). В 1736–1747 рр. навчався в Києво-Могилянській академії, по закінченні якої викладав у ній в 1748–1753 рр. (був професором, з 1752 р. — префектом, 1749 р. прийняв чернечий постриг, згодом — ієромонах), з 1753 р. — професор і префект Московської слов'яно-греко-латинської академії. Помер 18.08.1754 р. Прочитаний ним (1751–1752) курс філософії складався з логіки, метафізики, фізики та етики. Був прихильником картезіанства, брав участь у комплектуванні бібліотеки Академії [7].

Він тлумачив останню як протяжну, щільну, непроникливу, позбавлену будь-якої чуттєвої форми субстанцію.

Положення про єдність та однорідність матерії природних тіл, земної та небесної матерії, про її кількісне збереження розглядав 1645 р. І. Гізель у «Творі про всю філософію». Він вважав, що «першоматерія усіх підмісячних речей належить до одного і того самого виду, але відрізняється кількістю, виявляючи себе як багатостатність тіл, в яких першоматерія існує одночасно як ціле». Інакше кажучи, матерія по-різному розподіляється в матеріальних тілах, які можуть зникати або утворювати нові, але завжди зберігається в однаковій кількості, переходячи від одного тіла до іншого як основа взаємних перетворень у природі.

ГІЗЕЛЬ Інокентій — видатний український церковний, культурний і громадський діяч, богослов і філософ. Народився близько 1600 р., імовірно, в тодішній Пруссії. Молодиком з батьками переїхав до Києва, де прийняв чернечий постриг і навчався в Києво-Могилянській академії, по закінченні якої удосконалював знання за кордоном. Після повернення до Києва викладав у Києво-Могилянській академії, з 1645 р. — її професор філософії, з 1646 р. — ректор, ігумен Київського братського монастиря, згодом Київського Кирилівського та Пустинно-Миколаївського монастирів, у 1656–1683 рр. — архімандрит Києво-Печерської лаври. Помер у Києві 18.11.1683 р. [7].

Його основні філософські праці – «Твір про всю філософію» (1946) та «Філософські аксіоми» (1646). Брав активну участь у створенні «Киево-Печерського патерика» (1661) та першого підручника з української історії «Синопис» (1674). Його літературний твір «Мир з Богом людини» (1669) було спрямовано на утвердження високої моралі в тогочасному суспільстві. І. Гізель справив значний вплив на духовне та суспільно-політичне життя України, він рішуче виступив проти передачі 1669 р. Києва Польщі, згідно з Андрусівським російсько-польським перемир'ям, незалежну позицію займав і в стосунках з українськими гетьманами.

Якщо І. Гізель протиставляв небесний світ земному, то Ф. Прокопович, М. Козачинський, Г. Кониський і Г. Щербацький чітко формулювали положення про однорідність земної та небесної матерії.

КОНИСЬКИЙ Георгій – відомий український церковний і культурно-освітній діяч, філософ. Народився 20.11.1717 р. у Ніжині. Закінчив Києво-Могилянську академію (1743), в якій викладав (з 1747 р. – професор, 1752–1754 рр. – ректор), з 1755 р. – єпископ Мстиславський, Оршанський та Могилевський. Помер 13.02.1795 у Могилеві. Його курс «Загальна філософія...» (1749) включав логіку, етику, фізику та метафізику, викладені системно. Пропагував досягнення європейської науки, зокрема астрономії та фізики. Автор низки історичних і публіцистичних праць [7].

Твердження про однорідність матерії відкривало можливість для розвитку у вітчизняній натурфілософії тенденції розуміння єдності світу, виходячи з його матеріальності.

«Будь-яка матерія однакова за видом, якщо її розглядати саму по собі та окремо від будь-якої форми, – стверджував Г. Щербацький. – Незалежно від того, де вона перебуває, в тілах небесних чи підмісячних, їй властива та сама видова відмінність, тобто

протяжність, щільність та проникливість. Це питання не дуже вдало розв'язав Аристотель, оголосивши небеса складеними з якоїсь п'ятої, відмінної від чотирьох елементів сутності» [1, с. 163].

Таким чином, саме натурфілософські курси, які читалися професорами Києво-Могилянської академії, містили ідеї про однорідність і незнищуваність матерії, збереження її кількості, а також про нерозривний зв'язок простору і часу з рухом матеріальних тіл. Концепція руху натурфілософів Києво-Могилянської академії формувалася під впливом ідей Античності, Середньовіччя та епохи Відродження, а наприкінці першої половини XVIII ст. – з урахуванням фізичних уявлень Нового часу. Серед перших професорів Академії, які досліджували проблеми руху, були Й. Кононович-Горбацький та В. Ясинський.

КОНОНОВИЧ-ГОРБАЦЬКИЙ Йосиф – український філософ, культурно-освітній діяч. Рік народження невідомий. Навчався за кордоном. В 1635–1642 рр. – професор, 1642–46 – ректор Києво-Могилянської академії, 1646–1650 – ігумен Київського Михайлівського Золотоверхого монастиря, з 1650 р. – єпископ Мстиславський, Оршанський і Могилевський. Помер у лютому 1653 р. Сприяв утвердженню в Україні раціоналістичної філософії. Автор курсу риторики «Оратор Могилянський...» (1635–1636), «Підручника з логіки» (1639) та праці «Вчення про школи». Відстоював право українського народу на культурну, релігійну та територіальну ідентичність і самотність [7].

ЯСИНСЬКИЙ Варлаам – український церковний і культурний діяч, філософ. Рік народження і місце невідомі. Закінчив Києво-Могилянську академію (1657), удосконалював знання за кордоном. З 1661 р. – професор, з 1666 р. – ректор Києво-Могилянської академії, з 1668 – також ігумен Київського Братського монастиря, з 1673 р. – Київського Пустинно-Миколайовського. Помер 22.08.1707 р. у Києві. В Академії викладав філософію, богослов'я, риторику та піітику. Чимало зробив для розширення навчальних курсів в Академії та підвищення рівня одержуваних знань, особливо опікувався Лаврською друкарнею, відстою-

вав незалежність українського книгодрукування [7].

Курси, читані професорами Академії, знайомили її слухачів з працями античних і європейських мислителів, ідеями Е. Роттердамського та Агріколи. Широкого розповсюдження серед освічених людей України набули «Твір про всю філософію» (1645–1647) та «Філософські аксіоми» (1646) І. Гізеля, трактати Й. Кроковського, С. Яворського, в яких розглядалися проблеми руху тіла, кинутого під кутом до горизонту, та вільного падіння тіл. У тлумаченні цих проблем простежуються два напрямки, пов'язані з ототожненням природи з внутрішнім принципом фізичного руху та з обґрунтуванням механізму руху матеріальних тіл природними причинами. Ці напрямки впливали з теорії руху Арістотеля, природничо-наукових поглядів учених XIV–XVI ст. М. Кузанського, Ж. Бурідана, М. Орема, Альберта Саксонського.

Досліджуючи рух падаючих і кинутих тіл, викладачі Києво-Могилянської академії прагнули відповісти на питання про причини вимушеного та природного рухів, механізми їх передачі, миттєву швидкість, прискорення, їх вимірювання. Відповіді на ці питання вони пов'язували з теорією поштовху (імпетусу), вченням про «інтенсифікацію та ремісію форм», «конфігурацію якостей». Витоки цього вчення пов'язані з дискусіями про логіко-філософські поняття «форми» ще від часів Арістотеля. Воно розвивалося в богослов'ї, потім – у математиці й механіці, та містило елементи ідеї про функціональну залежність та її графічне зображення. Математизація цього вчення відбувалася як в арифметико-алгебраїчній формі, так і геометричній.

Проникнення в Україну вчення про «широту форм», або «конфігурацію якостей», найімовірніше, відбувалося через Італію. В тлумаченні проблем руху вітчизняні мислителі XVII ст. йшли шляхом запозичення та критичного переосмислення праць англійських, французьких та італійських учених XIV–XVI ст., їх пошуки було пов'язано з розмежуванням динамічного і кінематичного описання руху, розробкою понять швидкості, прискорення, часу, про що свідчить розширення наприкінці XVII ст. у філософських курсах розділів фізики та звуження розділів метафізики.

У філософських курсах Академії проблему «інтенсифікації та ремісії якостей» першим досліджував І. Гізель. На його думку, предмету притаманна певна якість, різна за ступенем інтенсивності, від якої залежать ті чи інші властивості матеріальних тіл. Збільшення чи зменшення інтенсивності якості він пояснював впливом навколишнього середовища, внутрішніми властивостями будь-якого предмету та умовами зовнішнього середовища. Спочатку якості тільки спостерігають і логічно обмірковують що мало місце у філософських курсах І. Гізеля, з часом також у Й. Кроковського, С. Яворського, І. Поповського, Х. Чарнуцького та Ф. Прокоповича, потім їх починають вимірювати, внаслідок чого замість якостей і якісних міркувань з'являються кількісні співвідношення між фізичними величинами.

Зображення якості величиною відрізка – виключно зовнішня дія щодо самої якості. В цьому розумінні більш «внутрішнім» було ще одне кількісне поняття – градус, який визначався додаванням при інтенсифікації якостей. У курсах фізики Києво-Моги-

лянської академії уявлення про градус було досить поширеним.

Вчення про рух як зміну в зв'язку з розглядом якостей у філософських курсах Академії викладалося в тематичній або дискусійній постановці. В курсі фізики І.Гізеля після аналізу питань про народження і знищення вивчалася тема про зміну: що таке зміна, посилення або послаблення, градуси якості тощо.

В курсі фізики Й. Кроковського тему про зміну було винесено на диспут, на якому обмірковувалися питання: що таке зміна і чим вона відрізняється від народження; чи є зміна рухом і яким; чи відбувається посилення або послаблення під час приєднання градуса до градуса. Після цього обмірковувалася тема про збільшення: що таке зростання і чим воно відрізняється від народження?

КРОКОВСЬКИЙ Йоасаф – український церковний діяч, філософ і богослов. Народився близько 1648 р. Навчався за кордоном, з 1683 р. – професор, з 1690 р. – ректор Києво-Могилянської академії, з 1697 р. – архимандрит Києво-Печерської лаври, з 1708 р. – митрополит Київський (православний). Помер 1718 р. [17].

В курсі фізики С. Яворського якість – мета зміни. І. Поповський же розглядав питання про початок і кінцеву мету народження, про зміну та його кінцеву мету, про активність якості. Питання, що таке якість і які її різновиди, про інтенсивність і активність якостей, знищення якостей містилися в курсі фізики Х. Чарнуцького (1704–1706).

Тлумачення професорами Києво-Могилянської академії вчення про «конфігурацію якостей», «інтенсифікацію та ремісію форм» свідчило про певний відхід від схоластичного пояснення природи і формування елементів її механістичного кількісного розуміння. Це була перша у вітчизняній

науці спроба сформулювати принцип взаємоперетворення кількості в якість, знайти просторове і часове описання характеристик нерівномірного руху.

Характерною рисою курсів фізики Києво-Могилянської академії був розгляд руху поза категоріями простору і часу. В цьому розумінні середньовічні фізики розрізняли «якість руху» – швидкість і «кількість руху» – час. У вченні Бурідана про рух швидкість співвідносилася з певною силою (імпетусом), яка рухає тіло в напрямку поштовху-імпульсу, наданого тілу. Розвинута Ж.Буріданом у вченні про рух теорія імпетусу була значним кроком на шляху від аристотелевої фізики до механіки Галілея.

Теорію імпетусу докладно розглядав у курсі фізики І. Гізель, який розрізняв поняття імпульсу (поштовху) та імпетусу (напору), рушійну силу (імпетус) поділяв на зовнішню, викликану дією на тіло інших тіл, і внутрішню, притаманну тілу. В цьому можна вбачати початок роздвоєння поняття сили: з одного боку, чогось зовнішнього відносно тіла, що його рухає (пізніше у І. Ньютона це дістало назву сили), а з іншого – такого, яке міститься в самому тілі під часу цього руху (Р. Декарт назвав кількістю руху, а Г. Лейбніц – живою силою).

Уявлення про прискорення, збільшення кількості руху І. Гізель також пов'язував з поняттям імпетусу. Причиною вільного падіння тіл вважав рушійну якість самого тіла – його важкість, а причиною зростання швидкості падіння – збільшення рушійної якості наприкінці падіння, тобто утворення додаткового імпетусу. При цьому він не відкидав впливу зовнішнього середовища.

Викладаючи свій погляд на проблему кинутих тіл, Ф. Прокопович

найбільшу увагу приділяв поняттям ваги і тяжіння, але, не маючи способів і даних для обґрунтування тяжіння, тлумачив його на основі принципу близькодії, необхідною умовою будь-якої дії вважав контакт. Дією сил природи пояснював зміну русла річок, конфігурації островів і материків, геологічні зрушення, які приводять до утворення гір і долин, тощо.

Істотним недоліком перипатетичної фізики була відсутність у ній поняття інерції та інерціального руху. Теорія імпетусу сприяла усуненню цього недоліку, і з цієї точки зору курс фізики Гізеля становить історичний інтерес, оскільки дає змогу проаналізувати розвиток теорії імпетусу в період становлення механіки.

І. Гізель, С. Яворський та інші розуміли рух як різноманітні зміни, які відбуваються в природі незалежно від того, чи являють вони собою, просторове переміщення або якісне чи кількісне перетворення. Рух — це цілеспрямований процес, здійснюваний між двома тілами, це зміна взагалі, невід'ємна властивість природи.

ЯВОРСЬКИЙ Стефан — відомий українсько-російський церковний і культурно-освітній діяч, філософ. Народився в 1658 у с. Явори (тепер Львівської області). Навчався в Коево-Могилянській академії, в польських ієзуїтських навчальних закладах, де одержав звання магістра філософії та вільних наук. У 1689 р. повернувся до Києво-Могилянської академії, в якій викладав поетику, риторіку, філософію та богослов'я, з 1694 р. — професор. З 1700 р. — єпископ і митрополит Рязанський і Муромський, виступав за автономію церкви, невтручання держави в її справи, зробив спроби раціоналізувати православ'я, в 1721 — голова Синоду. Був протектором Московської академії, яку зробив схожою на Київську, в результаті в Росії виник 1701 р. перший вищий навчальний заклад — Московська слов'яно-греко-латинська академія. Помер 24.11.1722 р. у Москві. Відомий його курс лекцій «Філософські змагання» (1691)[7].

Наприкінці XVII — на початку XVIII ст. Ф. Прокопович, М. Козачинський, Г. Кониський формулювали положення про рух як природний стан тіла, а спокій — як результат відсутності руху. «Кожна (будь-яка) субстанція не є бездіяльною», — зазначав Ф. Прокопович.

У середині XVIII ст. у формулювання руху у вітчизняній натурфілософії входять фізичні уявлення Нового часу, особливо фізичні та філософські погляди Р. Декарта, викладені ним у «Початках філософії» (1644), про що свідчать натурфілософські курси Г. Кониського та Г. Щербацького.

Г. Щербацький визначав рух «як переміщення однієї частини матерії або одного тіла із сусідства тіл, яких воно безпосередньо торкалося і які розглядалися як такі, що ніби перебувають у стані спокою, в сусідство інших». Під впливом ідей картезіанства він висловлював думку про необхідність дослідження світу фізично і математично. При фізичному підході досліджуються фізичні та чуттєві його якості — рухомість, плинність тощо; при математичному розглядається виключно його протяжність — рух, плинність, твердість тощо. Нерухомо протяжним світ можна уявляти тільки при дослідженні його величини, не враховуючи якостей. Г. Щербацький докладно виклав теорію вихорів Р. Декарта, характеризував її як «дуже правдоподібну», природні тіла вважав пасивними, значну увагу приділяв дослідженню руху, спричиненого ударом.

З позицій науки Нового часу розглядав Г. Щербацький і поняття простору, місця та часу. Він вважав, що в світі немає порожнечі, що матерія збігається з тілом, а тіло є місцем, яке воно займає в просторі. Основою існування тіла є рух. Оскільки рух ви-

значається як переміщення з місця на інше місце, то місце розглядається в математичному, а не фізичному аспекті, як поверхня, що оточує тіло і сприймається нерухомою і відокремленою від будь-яких фізичних якостей протяжністю. У фізичному розумінні місце, за Г. Щербацьким, є ввігнутою поверхнею тіла, яка безпосередньо охоплює інше тіло і постійно перебуває в русі, наприклад, оточуюче нас повітря. Таке фізичне і математичне тлумачення місця Г. Щербацьким відповідає поняттям зовнішнього та внутрішнього місця тіла, які запровадив Р. Декарт при створенні механістичної картини світу. Отже, в інтерпретації місця як протяжності Г. Щербацький підійшов до картезіанського розуміння простору, а введенням поняття математичної поверхні – до поняття ідеального тіла.

За Г. Щербацьким, час – це послідовна тривалість кожної речі, вона має початок і кінець. Мірою часу є рух, бо саме він співвідноситься з часом, який необхідно виміряти. В питанні кількісного збереження матерії та руху Г. Щербацький стояв на засадах картезіанства.

Поняття природного (фізичного) тіла було центральним у натурфілософії Ф. Прокоповича. Основою його він вважав невіддільність матерії від форми, первинність матерії та вторинність форми, наполягав на однаковості матерії у всіх природних тілах, на її незнищенності та кількісному збереженні. Якщо «те, що виникає, виникає з чогось», «коли тіло перестає існувати, воно не перетворюється в ніщо», то матерія, вважав Ф. Прокопович, є те загальне, що лежить в основі кожного з цих двох протилежних процесів, вона існує при всіх перетвореннях тіл, не виникає, не зникає, але переходить

від одного до іншого. На основі цих міркувань Ф. Прокопович формулює 1708 р. загальне філософське положення про те, що матерія не виникає, не руйнується, а зберігається:

«Першу матерію не можна ніколи ні створити, ні зруйнувати, також ні збільшити, ні зменшити і ту, яку створено на початку світу, і якою і в якій кількості створена, такою залишається досі й залишатиметься назавжди» [1, с. 169].

А це є не що інше, як формулювання філософського принципу збереження матерії. В такому або наближеному формулюванні він повторювався в багатьох лекційних курсах з натурфілософії, прочитаних у першій половині XVIII ст. в Києво-Могилянській академії, Харківському колегіумі, Слов'яно-греко-латинській академії в Москві, де викладачами філософії була більшість вихованців Києво-Могилянської академії.

ПРОКОПОВИЧ (ЦАРЕЙСЬКИЙ) Єлизар (чернече ім'я – Феофан, Теофан) – відатний український церковний і культурний діяч. Народився 7.06.1677 р. у Києві. Навчався в 1687–1694рр. (або 1696) в Києво-Могилянській академії, потім продовжив навчання за кордоном, 1704 р. повернувся до Києва, де в 1705–1716 рр. – професор, 1711–1716 рр. – ректор Києво-Могилянської академії, 1716–1721 рр. – проповідник, єпископ, радник царя Петра I у державних і духовних справах, у 1721 р. – віце-президент Синоду, з 1725 р. – архієпископ Великоновгородський і Великолуцький. Помер 8.09.1736 у Петербурзі [7, 8].

В Києво-Могилянській академії викладав фізику, математику, філософію, теологію, історію, риторику, поетику. Першою та основною властивістю фізичного тіла Ф. Прокопович вважав рух, оскільки ним можна обґрунтувати всі явища природи.

«Без глибокого розуміння руху, – значав він, – не можна зрозуміти усього того, що досліджує в природі фізик. Адже всі зміни, виникнення і знищення, рух небесних тіл, рух елементів, активність і пасивність, мінливість і

плинність речей відбуваються завдяки рухові. Рух є немов якимось загальним життям усього світу» [1, с. 169].

Ф. Прокопович пов'язував рух тіл з простором і часом, відкидав можливість існування тіл поза ними. Він не визнавав існування порожнечі, тлумачив простір як проміжок, що займає тіло, час – «як послідовність частинок руху», підкреслював, що тіло, котре має протяжність, не може складатися з математичних точок. Стан руху розглядав як сталий та вічний, стан спокою – як тимчасовий, визначений дією зовнішніх сил:

«Можна довести, що тіла, навіть і в тому випадку, коли вимушено зупинять свій рух, знову починають рухатися», тому що «доти перебувають у стані спокою, доки стримуються якоюсь зовнішньою силою і якщо її усувають, негайно зрушуються у відповідному напрямі» [1, с. 170].

Таке тлумачення руху та спокою тіл свідчить про підхід Ф. Прокоповича до інерціальної природи руху. В натурфілософії Прокоповича знайшли втілення також ідеї збереження матерії та руху, що дає змогу дійти висновку про його пріоритетний внесок у формулювання цього філософського принципу [1, с. 170]. На жаль, цей важливий науковий результат тривалий час залишився не висвітленим в історико-науковій літературі і першим, хто сформулював закон збереження матерії та руху, називали М.В. Ломоносова. Нами показано, що М.В. Ломоносов, перебуваючи короткий час у Києво-Могилянській академії, мав змогу познайомитися з творчістю Ф. Прокоповича, зокрема його натурфілософським курсом, у якому містилося саме положення про збереження матерії та руху. Можливо, він і повторив його [9].

Проблеми тлумачення матерії та руху, їх кількісного збереження пов'я-

зувалися викладачами Києво-Могилянської академії з питаннями будови світу. В лекціях, присвячених цим питанням, вони використовували вчення античних мислителів – Арістотеля, Демокріта, Анаксагора, Епікура, а також учених Нового часу – М. Коперника, Г. Галілея, Тихо Браге та Й. Кеплера, причому протягом багатьох років викладалися як геоцентрична, так і геліоцентрична системи будови світу.

Вже в 1645–1647 рр. І. Гізель поряд з геоцентричною системою світу, прихильником якої він був, аналізував також геліоцентричну систему будови світу Коперника. Він правильно пояснював причини затемнення Місяця, підкреслював, що зорі світять своїм світлом, а планети – відбитим. Професори Академії С. К्लешанський, С. Яворський, І. Поповський, не задовольняючись геоцентричною теорією Арістотеля – Птолемея, спрямовували свої пошуки на інші теорії будови світу. Вони ще не визнавали вчення Коперника єдино правильним, проте під час його викладання застосовували таблиці, креслення тощо. Вже на початку XVIII ст. професори Києво-Могилянської академії вже не просто викладали систему світу Коперника, а поступово ставали дедалі палкішими її прихильниками. Згідно з системою світу Коперника, Ф. Прокопович представляв у центрі світу Сонце, навколо якого обертаються з різними періодами Меркурій, Венера, Земля, Марс, Юпітер, Сатурн. Період обертання Меркурія – три місяці, Венери – дев'ять, Марса – два роки, Юпітера – дванадцять, Сатурна – тридцять років. Земля обертається навколо Сонця за 365 днів, а також навколо осі, тобто бере участь у добовому та річному рухах. Місяць обертається навколо Землі з періодом 30 днів і разом із Землею

– навколо Сонця за один рік. Ф. Прокопович вважав, що Молочний Шлях – це множина малих зір, обґрунтовував свою думку прикладами спостережень Г. Галілеєм зоряного неба за допомогою телескопа. Він розповідав про відкриття останнім супутників Юпітера, фаз Венери, плям на Сонці, рельєфу Місяця.

Поширенню ідей М. Коперника про будову світу в Україні та Російській імперії значною мірою сприяла діяльність професора Києво-Могилянської академії Є. Славинецького.

СЛАВИНЕЦЬКИЙ Єпифаній (– 1675) – українсько-російський культурно-освітній і церковний діяч та філософ-гуманіст. Народився на Поділлі або на Волині. Вихованець Київської братської школи, після здобуття вищої освіти за кордоном повернувся до Києва, де почав викладати в Київській братській школі, а з 1642 р. – в Києво-Могилянській академії. В 1649 р. переїхав до Москви, де організував і очолив Греко-латинську школу. Є автором понад 150 праць, в тому числі перекладних, що стосувалися освіти, науки та культури. В 1663 р. у Москві видавав «Острозьку біблію» з власною передмовою, 1674 р. за дорученням Собору заново переклав Біблію російською. До основних його оригінальних праць належать «Лексикон латинський» та «Лексикон словено-латинський». Є. Славинецький володів грецькою, латинською та іншими іноземними мовами, перекладав богословські книги, звіряв тексти перекладних слов'янських книг з грецькими оригіналами, виправляючи при цьому знайдені помилки. Він переклав деякі твори Фукидіда, Плінія, курс анатомії Везалія, у 1645–1647 рр. – твір І. Блеу «Вступ до космографії», що являв собою атлас з пояснювальними кресленнями в чотирьох томах. Особливий інтерес мав вступ до першого тому, в якому викладено відомості загального характеру та ідеї К. Птолемея і М. Коперника про будову світу. Описання систем Птолемея та Коперника І. Блеу супроводжував схематичними кресленнями, які старанно відтворив Є. Славинецький у перекладі. З часом «Вступ до космографії» ввійшов складовою частиною до багатьох рукописних збірників XVII ст. [7].

Ф. Прокопович підкреслював, практичну користь від освіти та знань

вказуючи, що завдяки фізиці людина проникає у надра Землі, добуває і плавить метали, досліджує природу, прагне злетіти до хмар, вивчає причини дощу, блискавки, намагається пояснити рух зір, планет та їх кількість. Він глибоко усвідомлював хибність схоластичних методів, розумів, що точному природознавству належить майбутнє. Тому за порадою В. Ясинського він у 1707–1709 рр. відновив викладання в Києво-Могилянській академії курсу математики. До останнього поряд з арифметикою та геометрією, що «вивчали абстрактну кількість», він приєднав музику, оптику, астрономію, геодезію статику. В його лекціях є численні посилання на дослідження з оптики, механіки, гідродинаміки, гірничої, артилерійської, інженерної практики, містяться поради про виготовлення барометра і найпростіших геодезичних інструментів. Прикладами практичного застосування математики і статички слугувало виготовлення водяних і сонячних годинників, розрахунок сили дії та рівноваги простих машин, визначення центрів ваги різних тіл, їх осей обертання. Він широко посилався на твори Евкліда, Архімеда, Піфагора, Вітрувія, Авіценни, а також Р. Бойля, О. Геріке, Дж. Бореллі, М. Коперника та Г. Галілея.

Зберігся курс лекцій Ф. Прокоповича з математики «Два перші і найщедріші джерела математики – арифметика і геометрія, викладені українській студентській молоді в роках Господніх 1707 і 1708-му» [8]. В ньому арифметика складалася з трьох частин: про природу чисел і числення, поділ їх на види та способи вивчення; співвідношення між числами, що називаються відношенням і пропорцією, правила, яким вони підлягають;

спеціальна арифметика, що застосовується в геометрії. Лекції з геометрії містили відомості про площини, тіла, їх вимірювання, спеціальну геометрію. В лекціях про природу чисел і числення він розглядав основні поняття, виклав чотири арифметичні дії над цілими, дробовими та змішаними числами, в лекціях про співвідношення між числами – поняття відношення, охарактеризував його різні види, додавання і віднімання відношень, виклав учення про пропорції як порівняння двох відношень, арифметичну, геометричну та гармонійну пропорції, розглянув арифметичну і геометричну прогресії. До спеціальної арифметики відносив способи добування квадратних і кубічних коренів з чисел, знаходження середнього пропорційного, геометрично ілюстрував добування квадратного і кубічного коренів.

Викладання геометрії починалося з її дефініції в історичному аспекті. Ф. Прокопович поділяв геометрію на загальну та спеціальну. Перша вивчає неперервні величини взагалі, її твердження викладено Евклідом у 15 книгах «Початків». Спеціальна геометрія займається способами обчислень довільних величин. Перші дві частини курсу «Геометрії» присвячено загальній геометрії, останні дві – спеціальній. Давалася характеристика таких тверджень, як дефініції, постулати, аксіоми, теореми, леми. В основу першої частини «Геометрії» покладено «Початки» Евкліда, (причому більшість теорем дано з доведеннями). Тільки відомості про перетворення однієї фігури в іншу, а також про квадратрису і квадратуру круга, овали, еліпси, параболи, гіперболи й спіралі подано не за Евклідом. Під перетворенням однієї фігури в іншу Ф. Прокопович розумів

побудову нової фігури, рівновеликої заданій. Багато уваги в курсі приділено спеціальній геометрії, застосуванню загальної геометрії до різних вимірювань на місцевості. Трактат «Геометрія» містить чимало майстерно виконаних рисунків.

Лекції Ф. Прокоповича з математики були основою для викладання цієї дисципліни в Києво-Могилянській академії, а також багатьох вищих навчальних закладах Російської імперії майже до середини XVIII ст. Проте з часом матеріал розширювався. Так, викладаючи теорему Піфагора та її застосування, професори Академії звертали увагу слухачів на існування несумірних відрізків, тобто на ірраціональні числа.

На початку XVIII ст. математику виділили в самостійний курс, до якого також входили елементи механіки та фізики, причому розглядалися в основному практичні відомості. В 1752 р. ці дисципліни відокремили одну від одної, і вони стали самостійними предметами навчального процесу, почалося постійне викладання математики, а також фізики з елементами механіки.

Математика читалася «за власними записками» професорів, а з 1765 р. – за підручниками професора Московського університету Д.С. Анічкова «Геометрія» (1765), «Тригонометрія» (1765), «Алгебра» (1781), а також «Воєнна архітектура, або фортифікація» (1767), підготовленими на основі посібників Ф. Вейдлера, які становили скорочення математичних творів Х. Вольфа.

Професор Галльського університету Х. Вольф перший у Європі систематизував математичні дисципліни і визначив необхідний обсяг знань, які повинні подаватися в університе-

тах. Відповідно до своїх педагогічних поглядів, він 1713 р. видав «Основи всіх математичних наук» у чотирьох томах, що містили серед інших розділів «Основи механіки та статики», «Основи гідростатики», «Основи аерометрії», «Основи гідравліки». Він видав також працю «Фізичні експерименти, або деякі корисні досліди, якими прокладається шлях до точного пізнання природи та мистецтва» (1721–1723). Її скорочений латинський варіант, підготовлений 1745 р. Тьоммігом, перекладено М.В. Ломоносовим як «Вольфганська експериментальна фізика» (1746) і Б. Волковим як «Вольфганська теоретична фізика» (1760). «Вольфганська експериментальна фізика», за якою викладалася фізика в Києво-Могилянській академії в другій половині XVIII ст., відіграла важливу роль в історії вітчизняної освіти.

В 1784 р. в Академії відкрито класи чистої та змішаної математики, в яких читалися загальна і воєнна архітектура, механіка, гідростатика, гідравліка, оптика, тригонометрія, основи астрономії, гідрографія. Підручник «Скорочення змішаної математики...» написав 1793 р. І. Фальковський.

ФАЛЬКОВСЬКИЙ Іван Якимович (Іриней – чернече ім'я) – український церковний і культурний діяч. Народився 20.05.1762 р. у с. Білоцерківці (нині Полтавської області) в сім'ї священика. В 1772–1775 рр. та 1783 р. навчався в Києво-Могилянській академії (1775–1783 рр. удосконалював знання за кордоном, зокрема в університеті Буди), в якій викладав до 1804 р. (у 1803–1804 рр. – ректор). В Академії викладав алгебру, геометрію, астрономію, фізику, історію, географію, філософію, організував фізико-математичний кабінет, а при Київському Михайлівському монастирі – астрономічну обсерваторію. З 1807 р. – єпископ Чигиринський, з 1812 р. – Смоленський і Дорогобузький (тут 1829 р. організував народне ополчення для боротьби з наполеонівською армією), з 1813 р. – настоятель Михайлів-

ського Золотоверхового монастиря в Києві. Помер 29.04.1823 р. [7].

З відкриттям в Академії окремих класів чистої і змішаної математики, архітектури тощо викладання математики повністю перебудувалося і значно розширилося. Дещо пізніше чисту математику – лонгіметрію, планіметрію, стереометрію, алгебру і тригонометрію – вивчали в двох класах, змішану математику – цивільну та військову архітектуру, механіку, гідростатику, гідравліку, оптику, катоптрику, діоптрику, перспективу, сферичну тригонометрію, астрономію, математичну географію, гармоніку та математичну хронологію – в останніх трьох класах.

У згаданому вище підручнику І. Фальковського «Скорочення змішаної математики...» присвячений механіці розділ складався з дев'яти частин: про рух; центри ваги; п'ять простих машин і важіль; коловорот; похилу площину та шуруп; блок; клин; мистецтво складати рівняння; складні машини. Значну увагу І. Фальковський приділяв визначенню понять сили, руху (рівномірного та нерівномірного), швидкості, прискорення, розмірковував про опір середовища. Машину визначав як «знаряддя, складене для підняття малою силою великої ваги або для рухання ним з деякою відповідною швидкістю». Машини поділяв на прості, до яких відносив важіль, коловорот, похилу площину, шуруп, блок, клин, та складні, серед яких найпотрібнішими вважав годинники та млини. І. Фальковський знайомив слухачів з принципами гирьових і пружинних годинників, супроводжував викладення матеріалу схемами та кресленнями, а також вказівками, як такі годинники «спорудити власними силами». Докладно описував будову

різних типів млинів, розглядав принципи їх роботи.

В розділі з гідростатики І. Фальковський висвітлює питання, пов'язані з рівновагою і тиском рідини, в «Аерометрії» розглянув різні властивості повітря, а також термометр, повітряний насос, манометр, гігрометр, барометр для визначення цих властивостей. У «Гідравліці» увагу було зосереджено на питаннях про рух рідини, спричинений вагою, тиском повітря, про машини для підняття води, різні гідравлічні машини, про водомети. Пропонувалися І. Фальковським і відповідні задачі. Викладання змішаної математики, зокрема механіки та фізики, в Києво-Могилянській академії наприкінці XVIII ст. відповідало програмам багатьох університетів того часу, в тому числі Московського.

У Львівському університеті після реформ 1773–1784 рр. на філософському факультеті читав лекції з технічних наук і сільського господарства професор А. Гільтенбранд за своїм підручником «Перші основи механіки, необхідні для сільського господарства» (1779). Тут він завідував кафедрою природничої історії, читав курси лекцій з технології, сільського господарства та фізичної географії, 1780 р. видав підручник «Історична фізика» [10].

Крім Києво-Могилянської академії, у XVIII ст. рівень освіти в Україні чималою мірою визначав Харківський колегіум [11]. Від часу його заснування 1726 р. в ньому, в основному вихованцями Києво-Могилянської академії П. Малиновським, І. Григоровичем, К. Федянським, Г. Антоновським, І. Пилевським, Л. Кордетом та ін., викладався курс натурфілософії, який мав схоластичну форму, проте, як і відповідні курси Академії, містив

думки про рух та його першопричини, про нерозривний зв'язок матерії з рухом.

З часом практичні потреби зумовили необхідність підготовки інженерів, геодезистів, артилеристів, вчителів. В останній третині XVIII ст. він отримав додаткові субсидії для підготовки студентів з артилерії, геодезії, інженерії, що потребувало поглиблених знань з математики. Поряд з арифметикою, геометрією, стереометрією і тригонометрією в колегіумі читали курси з артилерії, фортифікації, геодезії, архітектури, фізики та механіки. Викладав математику та її застосування І. Ніколаєв.

Введено також іноземні мови. Колегіум набув характеру загальноосвітнього навчального закладу. Програму викладання природничих наук, яка за обсягом не поступалася відповідним курсам Академічного університету в Петербурзі та Московського, запропонував С. Миславський в інструкції 1772 р., за якою до навчальних планів колегіуму вводилося обов'язкове вивчення кращих на той час праць вітчизняних та іноземних учених.

Якщо від часу заснування колегіуму викладання природничих дисциплін і філософії спиралося на традиції Києво-Могилянської академії, то в другій половині XVIII ст. воно відбувалося під впливом природничо-наукових поглядів М.В. Ломоносова, які сприяли перебудові стилю вітчизняного мислення в напрямку кількісно-математичного дослідження природи, утвердженню механістичного світогляду та експериментального природознавства, підвищенню загального рівня викладання фізико-математичних наук. Серед праць М.В. Ломоносова, рекомендованих С. Миславським до вивчення в колегіумі, були «Промова про похо-

дження світла, що представляє теорію про кольори» (1759), «Промова про явища повітряні, що від електричної сили походять» (1753), «Промова про народження металів від трясіння Землі» (1755), «Про шари Землі» та ін. Викладачами також використовувалися задані вище «Вольфганська експериментальна фізика» та «Вольфганська теоретична фізика».

Вольфганство відіграло в середині XVIII ст. у Росії та в Україні роль майже офіційно прийнятої філософської системи. За вченням Г. Лейбніца та його послідовника Х. Вольфа, фізичний світ – це недосконале чуттєве вираження справжнього світу неподільних першоелементів – монад. Фізичні категорії – простір, матерія, час, маса, рух, причинність, взаємодія Г. Лейбніца і Х. Вольфа розуміли як породжені монадами і «добре обгрунтованими».

Проте читаючи вольфганство, а також антивольфганство на основі праць М.В. Ломоносова, Л. Ейлера та Ж.Д'Аламбера, викладачі Харківського колегіуму сприяли розкриттю антинаукової суті вчення Х. Вольфа. Боротьбу з вольфганством, розпочату М.В. Ломоносовим та Л. Ейлером, продовжив Я.П. Козельський, для якого «вольфганство з його педантизмом та формалізмом, з прірвою між досвідом і філософською спекуляцією, з його доведеним до краю геометричним методом... було... майже уособленням відродженої схоластики».

КОЗЕЛЬСЬКИЙ Яків Павлович – український філософ-просвітник. Народився в 1728 р. у с. Келеберда на Черкащині. Закінчив 1750 р. Києво-Могилянську академію, продовжив навчання в Петербурзькій академічній гімназії та академічному університеті. Проходив військову службу, викладав в артилерійському інженерному корпусі, служив у Сенаті; в 1770–1780 рр. працював у Глухівській колегії. Помер 1795 р.

Філософію розумів як «пізнання про речі та справи людські», що уза-

гальнює його результати, одержані конкретними науками. Написав чимало оригінальних праць з філософських питань і точних наук, переклав низку зарубіжних соціально-економічних творів. Найважливішими його працями були «Філософські речення» (1768), на які передусім посилався С. Миславський, та «Міркування двох індійців Калана та Ібрагіма» (1788), де викладено основні уявлення про світ та його пізнання. Він також написав 1764 р. підручники «Арифметичні пропозиції для використання артилерійськими кадетами» та «Механічні пропозиції». Останній відіграв важливу роль у розвитку механіки в Україні, зокрема в Харківському колегіумі. Тут аналізувалися питання статички та динаміки без застосування диференціального та інтегрального числень, підручник мав навчально-методичне спрямування і містив посилання на праці Х. Гюйгенса, І. Ньютона, Л. Ейлера та посібники П. Бугера, Х. Вольфа, Б. де Белідора, Ж. Озанама та Я. Лейпольда.

Предметом механіки, за Я.П. Козельським, «є рівновага і рух тіл», тому в підручнику він розглянув питання про рівновагу твердих тіл та їх рух взагалі, а також на похилій площині, про рівновагу простих і складних машин, дію твердих тіл після удару, приведення машин у рух і визначення в машинах тертя та «різних відхилень» (згин балки, негнучкість канату тощо), Я.П. Козельський був прихильником атомно-молекулярної теорії, вимагав ясності викладення і з'ясування фізичної суті задачі. Відстоював ідеї картезіанства і в його дусі тлумачив поняття маси, ототожнював кількість руху з силою. При викладенні законів тертя Я.П. Козельський посилався на пра-

ці Г. Амонтона (1699). Він стверджував, що сила тертя не залежить від площі стичних тіл і фізичною причиною виникнення сил тертя вважає шершавість тіл, які стикаються під час руху. Багато уваги приділяв Я.П. Козельський теорії складних машин (складні важелі, блоки, системи зубчастих коліс, гвинт, домкрат), підкреслюючи при цьому прикладне значення механіки. Підручник «Механічні пропозиції» Я.П. Козельського був одним з найкращих у навчальній літературі XVIII ст.

Іншими підручниками, які використовувалися в Харківському колегіумі у викладанні курсу механіки, були «Короткий вступ до вивчення простих машин та їх побудови» Г. Крафта (1738 р., у перекладі В.Адогурова), «Гідравлічна архітектура» Б. де Белідора (1737–1753 рр., 4 т.), «Початкові основи математики» А. Кестнера (1758–1769 рр., 4 т.). Зокрема, підручник Г. Крафта складався з 116 запитань та

коротких відповідей на них. За цими підручниками викладачі курсів змішаної математики та механіки знайомили слухачів Харківського колегіуму зі статикою, елементами динаміки, гідравлікою, будівельною механікою, балістикою, теорією міцності, рівноваги споруд тощо.

Отже, нагромадження в XVII–XVIII ст. в Україні фізико-математичних знань пов'язується передусім з Острозьким культурно-освітнім осередком [5], Києво-Могилянською академією [6] та Харківським колегіумом [11]. Вони готували в основному викладачів для колегіумів і загальноосвітніх шкіл України, Росії, Білорусії, а також створювали той освітньо-культурний клімат у країні, підґрунтя, на якому, врешті-решт, було збудовано власну систему вищої освіти, в структурах якої готувалися відповідні кадри і розпочалися дослідження з фізико-математичних, хіміко-біологічних і технічних наук.

1. Павленко Ю.В., Руда С.П., Хорошева С.А., Храмов Ю.О. Природознавство в Україні до початку XX ст. в історичному, культурному та освітньому контекстах. – К.: Академперіодика, 2001.

2. Храмов Ю.О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій і відкриттів. – К.: Фенікс, 2015. – 2-е вид.

3. Грушевський М. Історія України–Руси. – К.: Наук. думка, 1991–1998. – 11 т., 12 кн.

4. Історія України. – К.: Альтернатива, 1997.

5. Мицько І.З. Острозька слов'яно-греко-латинська академія. – К.: Наук. думка, 1990.

6. Хиженяк З.І., Маньківський В.К. Історія Києво-Могилянської академії. – К.: «КМ Академія», 2003.

7. Києво-Могилянської академія в іменах. XVII–XVIII ст. – К.: Видавничий дім «КМ Академія», 2001.

8. Прокопович Ф. Філософські твори. – К.: Наук. думка, 1980. – 3 т.

9. Хорошева С.А., Храмов Ю.О. Внесок професорів Києво-Могилянської академії у формулювання принципу збереження матерії та руху // Наука і наукознавство, 1999, №1, с. 81–90.

10. Львівський університет. – Львів: Вища школа, 1986.

ФІЗИКА В УКРАЇНІ В ХІХ – НА ПОЧАТКУ ХХ СТ. Світова фізика в розглядуваний період

Наприкінці XVIII ст. завдяки досягненням математики, механіки і фізики було завершено створення механістичної картини природи, і промисловість, використовуючи наукові здобутки, вступила в стадію великого машинного виробництва, промислового і технічного перевороту [1].

Однак нагромаджений різними природничими науками величезний фактологічний матеріал, хоч і був певною мірою систематизований і теоретично осмислений, проте не вкладався в ті механістичні схеми, які пропонувалися механікою Ньютона, і потребував нового, глибшого і загальнішого пояснення. Зокрема, це стосувалося фізики. Хоч наприкінці XVIII – на початку ХІХ ст. сфера відомих фізичних явищ значно розширилася, однак ці явища вивчалися відокремлено одне від одного. І щоб пояснити певні процеси, використовували концепцію особливого флюїда-субстанції (електричного, магнітного, теплорода, світowego ефіру тощо). Як реакція на це виникла ідея про єдність сил в природі [2].

Підтвердженням її стало відкриття закону збереження енергії (Ю. Майєр, 1842р.; Дж. Джоуль, 1843 р.; Г. Гірн, Г. Гельмгольц, 1847 р.). Причому Г. Гельмгольц показав його універсальний характер, розглянувши різні види енергії, а не тільки механічну і теплову. В 50-х роках ХІХ ст. закладено основи кінетичної теорії газів (Дж. Джоуль, Р. Клаузіус, Дж. Максвелл) і термодинаміки (Р. Клаузіус, У. Ранкін, У. Томсон), яка бере свій початок від досліджень Н. Карно (1824).

На початку ХІХ ст. працями Т. Юнга і О. Френеля завершено створення хвильової оптики, що дало можливість пояснити чимало оптичних явищ. У 1834р. У. Гамільтон на основі виявленої ним аналогії між геометричною оптикою і класичною механікою розробив формалізовану теорію оптичних явищ, велике значення якої виявилось при створенні квантової механіки в хвильовій формі в 20-х роках ХХ ст. У 1845 р. М. Фарадей відкрив явище магнітного обертання площини поляризації світла, що вперше засвідчило зв'язок між світ-



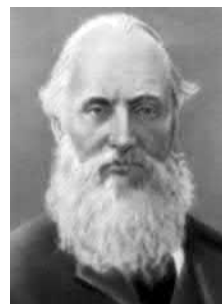
Ю. Майєр



Дж. Джоуль



Р. Клаузіус



У. Томсон



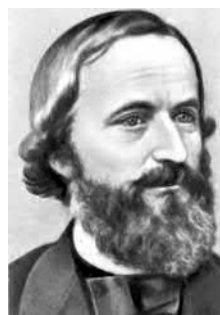
Т. Юнг



О. Френель



У. Гамільтон



Г. Кірхгоф

лом і електромагнетизмом. У 1859 р. відкрито катодні промені (Ю. П्लюккер), спектральний аналіз (Р. Бунзен, Г. Кірхгоф) та встановлено основний закон теплового випромінювання (закон Кірхгофа).

У XIX ст. почався бурхливий розвиток електрики завдяки відкриттю в 1786 р. електричного струму Л Гальвані та створення в 1799 р. А. Вольтою джерела постійного струму. Виникнення потужних джерел струму – електричних батарей (В. Петров, Г. Деві) дало можливість якісно вивчати ефекти, що супроводжують струм. У 1820 р. Х. Ерстед відкрив магнітну дію струму, започаткувавши електромагнетизм, а А. Ампер виявив взаємодію струмів і встановив закон цієї взаємодії (закон Ампера), започаткувавши тим самим електродинаміку. В 1831 р. М. Фарадей відкрив явище електромагнітної індукції, що сприяло швидкому розвит-

ку електротехніки. Так, у 1831 р. створено перший електродвигун (С. дель Negro), а в 1832 р. – перший генератор змінного струму, в якому використано принцип електромагнітної індукції (І. Піксі).

У 1834 р. М. Фарадей для пояснення електродинамічних взаємодій запровадив уявлення про електричні силові лінії (поняття поля в початковій формі). Ця ідея, на думку А. Енштейна, була найважливішим теоретичним відкриттям з часів Ньютона, оскільки долала рамки механічного описання природи. Виходячи з концепції поля, М. Фарадей пояснив значний комплекс відомих на той час електромагнітних ефектів. Точні ж просторово-часові закони електромагнітних явищ сформулював у 1860–1865 рр. Дж. Максвелл у вигляді системи чотирьох рівнянь (рівняння Максвелла). Його ідеї про



Л. Гальвані



Х. Ерстед



М. Фарадей



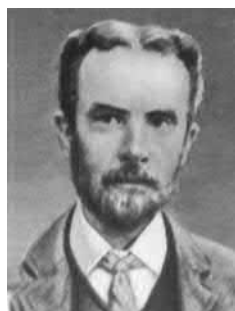
Дж. Максвелл



Г. Герц



П.М. Лебедев



О. Хевісайд



Х. Лоренц

струм зміщення, електромагнітне поле, електромагнітну природу світла, тиск світла, електромагнітні хвилі започаткували теорію електромагнітного поля, в якій ньютонівська далекодія поступила місцем близькодії, тобто полям, поширюваним у просторі зі скінченною швидкістю. В теорії Максвелла світло розглядалося як електромагнітне збудження, що дало можливість об'єднати такі, здавалося б, різні галузі фізики, як оптика та електромагнетизм, в одну галузь і розглядати оптику як розділ електродинаміки. Мало хто з учених відразу сприйняв ідеї Дж. Максвелла. Опір новій теорії було зламано, коли Г. Герц експериментально відкрив електромагнітні хвилі (1888), та остаточно, коли П.М. Лебедев виявив експериментально тиск світла на тверді тіла (1899).

Подальший розвиток теорія електромагнітного поля дістала в працях О. Хевісайда і Г. Герца, які надали рівнянням Максвелла математично симетричної форми, що добре демонструвала взаємозв'язок між електричними і магнітними явищами (1890). Згодом рівняння Максвелла як макроскопічні рівняння електромагнітного поля узагальнив Х. Лоренц на випадок електромагнітних полів, створюваних окремими зарядженими частинками. В результаті у 1880–1892

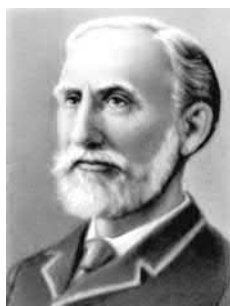
рр. він побудував електронну теорію, яка передбачила і пояснила чимало нових фактів (Нобелівська премія з фізики 1902 р.). Свою теорію Х. Лоренц використав і для розробки електродинаміки рухомих середовищ, що являла собою синтез теорії електромагнітного поля Максвелла та його електронної теорії.

В другій половині XIX ст. завершується створення термодинаміки (Р. Клаузіус, Л. Больцман, Дж. Гіббс). Так, Р. Клаузіус запропонував важливе поняття для термодинамічної системи – поняття ентропії і встановив принцип, який характеризував напрямом протікання процесів (1865); Л. Больцман відкрив зв'язок ентропії фізичної системи з імовірністю її стану й довів статистичний характер другого закону термодинаміки (1872).

Зусиллями Дж. Максвелла, Р. Клаузіуса і Л. Больцмана тривав розвиток кінетичної теорії газів. Завдяки їй у фізиці вперше було запроваджено методи теорії ймовірностей і розглянуто статистично велику кількість незв'язаних між собою елементарних механічних процесів. Дж. Максвелл (1859–1866) і Л. Больцман (1866) встановили статистичний закон розподілу молекул газу за швидкостями (закон розподілу Максвелла–Больцмана), що започаткувало статистичну



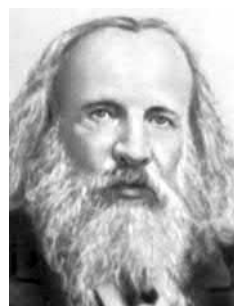
Л. Больцман



Дж. Гіббс



ДЖ. Дальтон



Д.І. Менделєєв

механіку. Вона обґрунтувала закони термодинаміки, встановила межі їх застосування та показала, що їм притаманний імовірнісний характер. У результаті деякі закономірності природи почали розглядатися як статистичні. До того ж Л. Больцман відкрив зв'язок між ентропією системи та імовірністю її стану (1872, 1877). Своє завершення класична статистична фізика дістала в праці Дж. Гіббса «Основні принципи статистичної механіки...» (1902).

На початку ХІХ ст. на новій, науковій, основі відроджується атомістична гіпотеза. В 1803 р. Дж. Дальтон встановив, що всі речовини внаслідок їх атомістичної будови утворюють сполуки тільки в цілих кратних відношеннях (закон кратних відношень), запровадив поняття атомної ваги і склав першу таблицю атомних ваг хімічних елементів. За одиницю атомної ваги він обрав атомну вагу водню як найменшу. В 1814 р. Й. Берцеліус опублікував таблицю атомних ваг 46 відомих тоді елементів, співвідносячи їх вже з атомною вагою кисню, а не водню, і запропонував позначення хімічних елементів першими літерами латинського або грецького алфавіту. Ще в 1811 р. А. Авагадро висунув молекулярну гіпотезу будови газів і встановив закон, за яким в однакових об'ємах речовини за од-

накових температур і тисків міститься одна й та сама кількість молекул (закон Авогадро). У середині ХІХ ст. було уточнено поняття атомної ваги і молекули, запроваджено валентність, що дало можливість відображати та обчислювати зв'язки між атомами в молекулі.

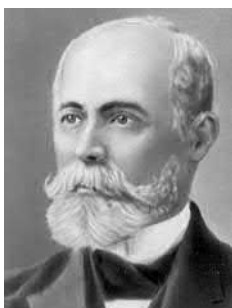
В 1861 р. О.М. Бутлеров висунув теорію хімічної будови речовини, за якою властивості тіл залежать не тільки від того, з яких видів і скількох атомів складається молекула речовини, а й від характеру зв'язку атомів один з одним, зокрема від просторового їх розміщення в молекулі. Він об'єднав у єдине ціле атомну і молекулярну гіпотези та принцип будови, які після М.В. Ломоносова розроблялися окремо.

В результаті поряд з хімічною атомістикою виникає фізична, об'єктом досліджень якої стають рух і взаємодія молекул тіл у різних агрегатних станах.

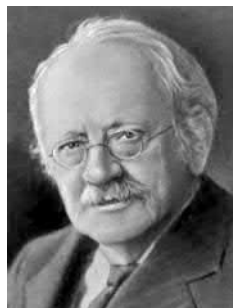
Отже, в ХІХ ст. у розвитку атомістики було зроблено істотний крок уперед. Ученим вдалося пов'язати теоретичні уявлення про атом з дослідними даними про склад і властивості різних речовин. З'явилася можливість розв'язувати конкретні задачі щодо хімічного складу різних речовин та їх будови. Атом почали вважати своєрідним мікрооб'єктом з певною



В. Рентген



А. Беккерель



Дж. Томсон

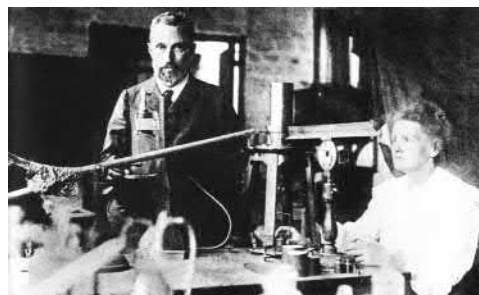


П. Зеєман

вагою (масою) та зі специфічними, сталими властивостями, незмінною і неподільною частинкою.

Перший з природознавців, хто передбачив існування внутрішніх зв'язків між хімічними елементами, був Д.І. Менделєєв. Розмістивши хімічні елементи в порядку зростання їх атомної ваги, він помітив повторюваність фізичних і хімічних властивостей в елементів у міру її збільшення. Вчений дійшов висновку про зв'язок атомної ваги з валентністю, про те, що атоми хімічних елементів пов'язані між собою. Відкритий Д.І. Менделєєвим періодичний закон хімічних елементів і побудована ним періодична система хімічних елементів (1869) доводили єдність різних видів речовини і створили міцну основу для розкриття природи цієї єдності. Вклавши новий зміст у поняття хімічного елемента, пов'язавши його з певним місцем у періодичній системі, Д.І. Менделєєв довів, що атом як матеріальний носій властивостей хімічного елемента не є «мертвою» незмінною складовою речовини з випадковим значенням атомної ваги і сталими властивостями. Атоми різних елементів, відрізняючись один від одного, повинні водночас мати щось спільне, якусь структуру, тобто бути складними системами.

Отже, наприкінці ХІХ ст. у фізиці постало питання про внутрішню будову самого атома, хоч думку про його складну структуру поділяли не всі вчені. Однак на користь саме такого висновку свідчили і нові «незвичайні» факти – відкриття рентгенівських променів (В. Рентген, 1895 р.) (Нобелівська премія з фізики 1901 р.), радіоактивності урану (А. Беккерель, 1896 р.) (Нобелівська премія з фізики 1903 р.), розщеплення (1896) спектральних ліній в магнітному полі (ефект Зеємана) (Нобелівська премія з фізики 1902 р.), нової частинки матерії – електрона (Дж.Дж. Томсон, 1897 р.) (Нобелівська премія з фізики 1906 р.), радіоактивних елементів – полонію і радію (М. Склодовська-Кюрі, 1898 р.) (Нобелівська премія з хімії 1911 р.), нових видів випромінювань – α - та β -променів (Е. Резерфорд, 1899 р.), γ -променів



П. Кюрі і М. Склодовська-Кюрі

(П. Віллар, 1900 р.), залежності маси від швидкості (В. Кауфман, 1902 р.), перетворення хімічних елементів у процесах радіоактивності (Е. Резерфорд, Ф. Содді, 1902–1903 рр.) (Нобелівська премія з хімії 1908 р. Е. Резерфорду; Нобелівська премія з хімії 1921 р. Ф. Содді), атомної енергії (П. Кюрі, А. Лаборд, 1903 р.) та ін. Зазначені факти наочно доводили складність структури атомів та їхню подільність і започаткували нові галузі фізики – атомну та ядерну. Виявилося, що навколишній світ набагато складніший, ніж здавався раніше. При цьому очевидною стала обмеженість класичної фізики, яка хоч і являла собою єдину взаємопов'язану систему, об'єднану механікою Ньютона та електродинамікою Максвелла–Лоренца, проте виявилася неспроможною пояснити багато нових фактів.

Наприкінці ХІХ – на початку ХХ ст. у фізиці розпочався новий етап – етап її революційних змін, руйнування старих понять і низки принципів, про що, зокрема, свідчили наведені відкриття. Відбувався перехід до нової, неklasичної, фізики, яку готували не тільки нові експериментальні відкриття, а й нові ідеї та теорії, зокрема квантова теорія (М. Планк, 1900 р.) та спеціальна і загальна теорія відносності (А. Ейнштейн, 1905 р., 1915 р.), які заклали її фундамент.

Так, спеціальна теорія відносності являла собою нову фізичну теорію простору і часу, оскільки вводила нові просторово-часові уявлення (відносність довжини, часу та одночасності), виходячи з неї А. Ейнштейн відкрив 1905 р. новий фундаментальний закон – закон взаємозв'язку маси з енергією, показавши, що маса тіла є мірою його енергії (атомної) і можливість її обчислити. Загаль-

на теорія відносності Ейнштейна (1915) була новою теорією тяжіння, що встановила зв'язок простору-часу з матерією, яка визначає геометрію простору-часу.

Бурхливий розвиток базових природничих наук – фізики, хімії, біології, геології супроводжувався їхньою диференціацією з утворенням спеціалізованих дисциплін, а також пограничних напрямів, які виникали на межі суміжних наук і використовували їх методи. Самостійне місце щодо природознавства зайняла математика, методи якої проникали в усі точні науки.

Корінні зміни відбувалися і в організації наукових досліджень – з'явилися спеціалізовані наукові лабораторії та інститути, що стали основними місцями проведення науково-дослідної діяльності (хімічні, фізичні, біологічні, промислові та ін.), почали виходити спеціалізовані журнали, започатковано наукові семінари і колоквіуми, розвинулася мережа наукових товариств. Змінився і характер праці в науці, в ній почала переважати колективна праця, водночас роль особи, видатного вченого та наукового лідера, як і раніше, залишалася винятковою. В середині ХІХ ст. з'явилися перші наукові школи. Проте до кінця століття наука ще залишалася «малою», та й кількість людей, зайнятих у ній, була порівняно незначною. Трансформація науки, перетворення її на «велику» відбулося на початку ХХ ст. З'явилися потужні науково-дослідні інститути і лабораторії з міцною технічною базою, численні наукові колективи вчених, утворилися якісно нові зв'язки науки з технікою та промисловістю.

Цей загальний поступ світової науки, зміни в її організаційних засадах

не могли не вплинути і на розвиток наукових досліджень в Україні, ста-

новлення яких (фундаментальних) відбулося в другій половині XIX ст.

Інституалізація вищої освіти в Україні в XIX – на початку XX ст. та фізика в установах вищої школи

Значним поштовхом для розвитку науки в Україні стало створення тут Харківського [3], Київського [4] і Новоросійського (в Одесі) [5] університетів та Харківського технологічного [6] і Київського політехнічного інститутів [7] та Катеринославського гірничого училища [8]. Їх професори та викладачі поряд з викладанням фундаментальних наук згодом розгорнули на кафедрах і в лабораторіях відповідну дослідницьку діяльність. Наука в Україні в XIX ст., як і в Росії, була університетською і розвивалася тільки окремими ученими. Причому професори були здебільшого вихідцями з Росії або з інших країн.

Власні національні наукові кадри з'явилися в Україні тільки в другій половині XIX ст. Серед них фізик М.Д. Пильчиков, фізико-хімік Ф.Н. Шведов, математики М.В. Остроградський, М.Є. Ващенко-Захарченко, Б.Я. Букреєв, біолог І.І. Мечников. Чимало українських учених працювало на рівні з європейськими, а деяким належать вагомим результатам, які відповідали результатам світового значення та вписувалися в логіку розвитку світової науки. Отже, в другій половині XIX ст. в Україні вже розвивалася фундаментальна наука та її окремі напрями [1, с. 265–373].

Харківський університет [1, 3]. Відкритий 1805 р. у складі чотирьох відділень, серед дев'яти кафедр відділення фізичних та математичних наук була кафедра теоретичної й дослідної фізики з фізичним кабінетом. Однак протягом більш як 50 років від часу створення на ній проводилася в ос-

новному навчальна робота, а науково-дослідна була відсутня. Формою наукової роботи вважалося написання курсів фізики і посібників та «актових промов», виголошуваних на університетських зборах.

Російське міністерство освіти спочатку комплектувало штати університету професорами із закордону. Першим професором фізики був серб Панас Іванович Стойкович.

СТОЙКОВИЧ Панас Іванович – ерудована людина, але не фахівець-фізик. Народився в 1779 р. у Румі, одержав ступінь доктора філософії в Тьубінгенському університеті, в 1805–1813 рр. завідував кафедрою фізики Харківського університету. Помер в 1832 р.

Курс фізики читав спочатку латиною, що не сприяло популярності його лекцій. За посібник для студентів правив його тритомний курс фізики написаний сербською. Оволодівши згодом російською, П.І. Стойкович написав 1809 р. «Початкові основи уможливної й дослідної фізики» в двох томах, у 1813 р. вийшов перший том його розширеного курсу «Система фізики». Йому належать також дві праці «Про повітряні камені та їх походження» і «Про запобіжні заходи від ударів блискавки при будь-якій погоді» та кілька актових промов, де розглянуто фізичну суть різних атмосферних явищ. Лекції Стойковича супроводжувалися значною кількістю унаочнень і несли певне філософське навантаження в дусі філософії Канта. Він не визнавав атомістики, вважав, що «суть матерії й тіл назавжди залишиться нам невідомою». Філософські засади курсу фізики Стойковича до-

сильно різко критикував професор університету Т.Ф. Осиповський. Чимало зробив П.І. Стойкович для розвитку фізичного кабінету, який у перші десятиріччя свого існування вважався одним з кращих в Росії. З моменту заснування університету в ньому працював Т.Ф. Осиповський.

ОСИПОВСЬКИЙ Тимофій Федорович – відомий вчений-природознавець і філософ-матеріаліст. Народився 2.02.1765 р. у с. Осиповому (тепер Владимирської області, Росія). Закінчив Петербурзьку вчительську семінарію, в якій в 1800–1804 рр. був професором, 1805–1820 рр. – професор математики Харківського університету та 1813–1820 рр. – його ректор. Помер 24.06.1832 р.

Праці Т.Ф. Осиповського стосувалися математики (він є автором першого написаного російською тритомного «Курсу математики» – одного з найкращих тоді посібників), механіки, астрономії, фізики та філософії. В них ми знаходимо низку ідей, які випереджали сучасний йому рівень науки, зокрема, розглядаючи питання про природу світла, вважав, що воно «...є матерією, яку Сонце кидає в усі боки», і дійшов висновку про ймовірність випромінювання Сонцем «інших матерій, які не діють на наші відчуття». В актових промовах «Про простір і час» (1807) і «Міркування про динамічну систему Канта» (1813) Т.Ф. Осиповський вважав простір і час не формою наочних уявлень і незалежною від речей сутністю, а умовами існування матерії, об'єктивною реальністю. Він відстоював думку про неможливість руху без матерії і в своїх поглядах на будову речовини виходив з атомно-молекулярної гіпотези, розглядаючи матерію як сукупність частинок, що діють одна на одну силами притягання та відштовхування.

Праці Т.Ф. Осиповського з фізики присвячено електриці та оптиці.

Він вивчав електростатичну індукцію, оптичні явища, що виникають навколо Сонця й Місяця, пояснюючи їх заломленням і відбиванням світла у краплинах водяної пари в атмосфері. Т.Ф. Осиповський значно вплинув на природодослідників першої половини XIX ст., зокрема М.І. Лобачевського, М.В. Остроградського, А.Ф. Павловського. Проте його ідеї та світогляд були чужими для тогочасних можновладців, через що цей видатний вчений під тиском реакційних кіл у розквіті творчих сил був змушений залишити університет. Першим українським доктором фізики був вихованець університету В.С. Комлішинський.

КОМЛІШИНСЬКИЙ Василь Сергійович – український фізик. Народився 1785 р. у Харкові, де 1808 р. закінчив університет, в якому працював у 1811–1841 рр., в 1813 р. одержав ступінь доктора фізики, в 1818 р. – проф., 1819–1837 рр. – завідувач кафедри. Помер після 1860 р.

Його лекції ґрунтувалися па чотиритомному курсі французького фізика Ж. Біо – своєрідній фізичній енциклопедії того часу, а також на власному «Посібнику з загальної та прикладної фізики для застосування в університетському викладанні», що був складений за працями російських та іноземних вчених. В.С. Комлішинський багато часу приділяв адміністративній роботі, читав не більше 10–20 лекцій на рік, причому вони були сухими, позбавленими уяочень і переобтяженими математикою. Науковою роботою він фактично не займався, докторська дисертація «Про поляризацію світлових променів» була його єдиною, до того ж неоригінальною науковою працею з фізики. В.С. Комлішинський перший у Харкові розпочав 1812 р. метеорологічні спостереження, однак вони

мали характер короткочасного захоплення. У 1839 р. завідування кафедрою фізики перейшло до професора В.І. Лапшина.

ЛАПШИН Василь Іванович – перший науковець-фізик в університеті. Народився 1809 р. в Петербурзі, де закінчив 1828 р. університет. У 1835–1863 рр. працював у Харківському університеті, 1838 р. захистив докторську дисертацію з оптики, в 1865–1870 рр. – професор Новоросійського університету в Одесі. Помер у 1888 р.

Курс фізики, що його читав В.І. Лапшин на основі своїх власних записів та досить популярного тоді в Росії підручника К.Пуйє, містив нові фізичні ідеї та теорії. В.І. Лапшин визнавав реальність існування атомів і атомістичну теорію, виступав проти теорії теплороду, був прихильником кінетичної теорії теплоти і хвильової теорії світла, стверджував існування зв'язку між електричними та магнітними явищами, видав 1840 р. підручник «Досвід систематичного викладання фізики», поповнив новими приладами фізичний кабінет, де проводив лабораторні заняття з метеорології.

В.І. Лапшин був першим, хто розпочав на кафедрі науково-дослідну роботу. Він організував систематичні метеорологічні спостереження, влаштувавши у себе вдома свого роду «метеорологічну станцію», сконструював новий тип анемографа, який представлено 1862р. на Міжнародній виставці в Лондоні. Значну увагу В.І. Лапшин приділяв роботам, що мали практичне значення. Так, у зв'язку з будівництвом водопроводу у Харкові провів дослідження джерел води і склав топографічну карту міста. Його фізичні розвідки викладено в докторській дисертації «Міркування про початки витікання світної матерії» та в праці «Про гальванічні досліди,



Т.Ф. Осиповський

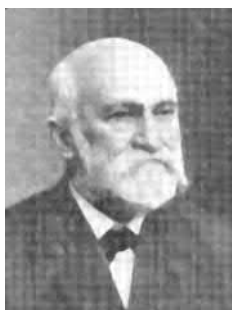


В.І. Лапшин

які проводилися у Харкові в 1859 р.». В першій з них докладно розглянуто явища відбивання, інтерференції та поляризації світла і подано їх пояснення з засад хвильової оптики, в другій описано численні досліди, проведені ним у 1859 р., коли він одержав у тимчасове розпорядження потужну гальванічну батарею з 1000 бунзенівських елементів. Ці досліди наочно демонстрували теплову, світлову та хімічну дію електричного струму. Того ж року В.І. Лапшин вперше за допомогою дугових ламп власної конструкції освітив окремі райони Харкова. Його досліди стосувалися також електрохімії, зокрема електролізу. Розроблений ним електролітичний метод дослідження органічних сполук використовувався в металургії. Протягом двох наступних десятиліть на кафедрі фізики університету працював Ю.І. Морозов.

МОРОЗОВ Юрій Іванович. Народився 1836р. в с. Соколки Полтавської губернії, 1859 р. закінчив Харківський університет і був призначений ад'юнктом на кафедру до В.І. Лапшина. В 1863–1867 рр. завідував кафедрою фізики й фізичної географії, 1867–1884 рр. – фізичної географії, з 1884р. був професором кафедри фізики. Помер у 1890р.

Його інтереси стосувалися фізичної географії, метеорології та археології. Він написав лише одну наукову працю з фізики, якою була його магістерська дисертація «Про сонячний



А.П. Шимков



М.Д. Пильчиков

спектр і спектральні спостереження» (технікою спектрального аналізу він оволодів у Г. Кірхгофа). В ній Ю.І. Морозов виклав усе те, що було відомо на той час про спектр Сонця, і результати своїх власних досліджень рожевої, блакитної, синьої і частково фіолетової ділянок спектра. Проведені ним вимірювання відзначалися досить високою точністю. В 1867–1899 рр. завідувачем кафедри фізики був Шимков, наукова діяльність якого стосувалася вже виключно фізики.

ШИМКОВ Андрій Петрович – український фізик. Народився 21.11.1839 р. в с. Михнівка Полтавської губернії, закінчив 1860 р. Харківський університет. У 1868 р. захистив докторську дисертацію. Починаючи з 1865 р. А.П. Шимков викладав у Харківському університеті теоретичну фізику, з 1867 р. – також експериментальну, в 1867–1899 рр. завідував кафедрою фізики. В 1899 р. перейшов до Міністерства землеробства, в Москві, де був директором (1904–1907) Московського сільсько-господарського інституту. Помер після 1909 [3].

При ньому значно поліпшився стан викладання фізики та позбавилася наукова робота. А.П. Шимков був автором навчальних посібників – «Теоретична фізика» (1875), «Теорія потенціалу та електромагнетизм» (1882), «Курс дослідної фізики» (1878–1881 рр., перше видання в трьох томах; 1884–1888 рр., друге в чотирьох). Перші два посібники поряд з працями

Р. Клаузіуса, Дж. Максвелла та ін. було рекомендовано для вивчення курсу математичної фізики, введеного в університеті в 1865 р., останній правив за навчальний посібник також в інших університетах Росії. А.П. Шимков був одним з ініціаторів організації Товариства дослідних наук при Харківському університеті і першим головою його фізико-хімічної секції, проводив популяризаторську роботу з фізики. На кафедрі фізики в 1880–1894 рр. працював М.Д. Пильчиков.

ПІЛЬЧИКОВ Микола Дмитрович – український фізик-дослідник. Народився 21.05.1857 р. у Полтаві. В 1880 р. закінчив Харківський університет, де був залишений стипендіатом і з 1885 р. читав курси з теоретичної й дослідної фізики та метеорології. Після захисту в 1887 р. магістерської дисертації «Матеріали до питання про місцеві аномалії земного магнетизму» два роки працював у лабораторії Г. Ліппмана в Парижі. З 1889 р. – професор Харківського університету, з 1894 р. – Новоросійського університету в Одесі, з 1902 р. – Харківського технологічного інституту. Помер 19.05.1908 р. [9, 10].

Праці М.Д. Пильчикова стосувалися найрізноманітніших проблем теоретичної та експериментальної фізики, геофізики і метеорології. В Харкові він розпочав дослідження з електрики, земного магнетизму, електрохімії та атмосферної оптики. В 1883 р. підтвердив існування магнітних аномалій в районі Курська, відкритих 1874 р., і висловив правильні думки щодо природи цих аномалій, сконструював низку приладів – рефрактометр (1881), автоматичний регулятор електричного струму (1882), диференціальний ареометр (1884), термостат (1887), запропонував удосконалений дзеркальний метод вимірювання малих кутів повороту (1884), новий метод фотоелектричного регулювання годинника (1885), оптичний метод визначення швидкості звуку в газах (1886) тощо. Протягом 1887–

1892 рр. провів експериментальне дослідження явищ, які відбуваються під час електролізу, зокрема вивчав зміну струму, поляризацію катода, електрокапілярні явища. Його монографія «Матеріали до питання про застосування термодинамічного потенціалу до вивчення електрохімічної механіки» (1896) започаткувала вітчизняні дослідження процесів в електролітах. Подальша розробка ним оптико-гальванічного методу вивчення електролітичних процесів, запропонованого в цій праці, привела його до відкриття 1896 р. принципу електрофотографії.

В Харкові М.Д. Пильчиков розпочав дослідження поляризації світла, розсіяного земною атмосферою. В 1889 р. він вперше після французького фізика М. Корню дослідив поляризацію світла Місяця, розсіяного земною атмосферою, показавши, що ступінь поляризації зменшується від повного Місяця до нового. В 1892 р. за допомогою синього та червоного світлофільтрів довів, що в точках найбільшої поляризації ступінь поляризації для синіх променів більша, ніж для червоних. Цим було одержано експериментальні докази на користь теорії розсіяння світла Релея.

У цей період М.Д. Пильчиков зацікавився вивченням блискавки та інших різновидів електричного розряду в газах. У 1892 р. він одержав штучну кульову блискавку в лабораторії за допомогою тільки однієї котушки Румкорфа та елемента Греве, тобто набагато простіше, ніж Г. Планте, якому знадобилося для цього кілька сотень акумуляторів. Переїхавши з Харкова до Одеси, М.Д. Пильчиков продовжив ці дослідження і влітку 1895 р. зробив серію фотознімків блискавок, які демонструвалися 1896 р. на Всеросійській виставці в Петербурзі і бу-

ли розіслані до інших університетів Росії та закордон. Результати своїх досліджень блискавок та їх класифікацію він виклав у двох доповідях, прочитаних у 1898 р. на ХЗ'їзді російських природодослідників у Києві та 1900 р. на Міжнародному метеорологічному конгресі в Парижі. Ще в Харківському університеті М.Д. Пильчиков прищепив інтерес до вивчення природних і штучних блискавок своєму талановитому учню Д.К. Педаєву, який пізніше став визнаним фахівцем у науковій фотографії.

В 1898 р. незалежно від Н. Тесли провів перші досліди з радіокерування. Один з перших у Росії розпочав дослідження з радіоактивності та рентгенографії. Серед інших фізиків, що працювали в наступні роки в Харківському університеті, слід відзначити О.П. Грузинцева [1].

ГРУЗИНЦЕВ Олексій Петрович – український фізик. Народився в 1851 р. в м. Рибінськ (Росія). В 1872 р. закінчив Казанський університет, з 1881 р. працював у Харківському університеті, в якому у 1903–1914 рр. завідував кафедрою фізики і був заступником фізичного семінару й фізичної бібліотеки при ньому. Помер у 1919 р.

О.П. Грузинцев опублікував чимало наукових праць, головним чином у галузі теоретичної оптики та електродинаміки, в яких послідовно розвинув математичну теорію «світлового ефіру». Еволюція фізичної концепції ефірного середовища в його працях від механічної до електромагнітної, тобто такої, що по суті є тотожною поняттю електромагнітного поля Фарадея – Максвелла, завершилася створенням праці «Електромагнітна теорія світла» (1893), яка стала основою його магістерської дисертації. На початку цієї праці сформульовано вихідні принципи теоретичного описання світлових явищ за допомогою



О.П. Грузинцев



О.М. Ляпунов

рівнянь електромагнітного поля та одержано загальні співвідношення, які в подальшому застосовувалися ним для аналізу поширення плоских світлових хвиль в однорідних та анізотропних середовищах і дослідження явищ подвійного променезаломлення, поляризації та дисперсії світла.

Основними перевагами праці О.П. Грузинцева порівняно з попередніми аналогічними теоріями були систематичний розгляд варіантів електромагнітної теорії світла, оригінальний розв'язок запропонованої Ф. Нейманом 1835 р. системи рівнянь теорії кристалічної поляризації, а також побудова електромагнітної теорії дисперсії світла. В цілому електромагнітну теорію світла Грузинцева можна вважати подальшим розвитком та узагальненням електродинаміки Герца для випадку світлових коливань, поширюваних у непровідних середовищах. Логічним продовженням досліджень, розпочатих у цій фундаментальній праці, стала «Електромагнітна теорія провідників» (1899), що ввійшла як складова частина до його докторської дисертації і була присвячена доповненню й розвитку електромагнітної теорії світла Максвелла та електромагнітної теорії дисперсії Гельмгольца для окремого випадку провідних середовищ. Основний її

зміст становить виведення й подальший аналіз двох основних співвідношень теорії Максвелла – дисперсійного та поляризаційного рівнянь, що встановлюють зв'язок між оптичними та електричними сталими речовини.

О.П. Грузинцев уважно стежив за новими напрямками в науці, з зацікавленням сприйняв теорію відносності та квантову теорію, не втрачаючи при цьому зв'язку з основною галуззю своїх теоретичних досліджень – електродинамікою. Так, у роботі «Перетворення Лоренца та принцип відносності» (1911) він визначив певні умови для сталих, що характеризують середовище, за яких інваріантність рівнянь електродинаміки зберігається при наявності дисперсії та поглинання. У праці «Теорія руху електронів у середовищах з дисперсією» (1914), виходячи з електронної теорії Лоренца, одержав дисперсійне співвідношення для металів, розглянувши при цьому вимушені коливання осцилятора з загасанням.

Важливою галуззю наукових досліджень О.П. Грузинцева в останній період його життя стала термодинаміка. Опублікований протягом 1912–1915 рр. цикл праць у цій галузі завершився монографією «Застосування термодинаміки до хімічних реакцій з твердими фазами», в якій він запропонував теорію хімічних реакцій, що базувалася на методі термодинамічного потенціалу. При розрахунках внутрішньої енергії О.П. Грузинцев використовував квантову теорію твердого тіла, яка саме тоді створювалася П. Дебаєм і М. Борном.

Єдина експериментальна робота О.П. Грузинцева (1902) стала важливим етапом у встановленні закономірностей явища іскрового розряду, яке почали інтенсивно вивчати після

відкриття Г. Герцем іскрового методу генерації електромагнітних хвиль (1887–1889). У цій роботі О.П. Грузинцев запропонував точний метод визначення зв'язку між значеннями розрядного потенціалу та довжиною іскрового проміжку, тобто перевірки закону Пашена. Саме О.П. Грузинцеву належить пріоритет дослідження іскрового розряду при високих потенціалах (від 1500 до 30 000 в), тому що всі попередні дослідники цього явища, зокрема Е. Резерфорд, користувалися низькими потенціалами (як правило, до 800 В).

У 1885–1902 рр. у Харківському університеті працював математик і механік **Ляпунов Олександр Михайлович** (1857–1918), з 1893 р. – його професор [1]. Він створив тут строгу теорію стійкості рівноваги й руху механічних систем із скінченною кількістю параметрів, вперше довів існування фігур рівноваги однорідної і слабко неоднорідної рідини, близьких до сфери, та фігур рівноваги повільно обертальної неоднорідної рідини при дуже загальних припущеннях про зміну густини з глибиною, дослідив властивості потенціалу та його залежність від зарядів і диполів, неперервно розподілених по поверхні. Його учень Стеглов Володимир Андрійович (1864–1926), який 1887 р. закінчив Харківський університет і працював у ньому в 1889–1906 рр. та 1893–1905 рр. – також у Харківському технологічному інституті. Тут він розвинув математичну теорію руху твердого тіла в рідині, рівновагу пружних циліндричних тіл, пружних коливань струни та стержня, поширення тепла в неоднорідному стержні тощо.

В 1911–1921 рр. професором Харківського університету був Рожан-

ський Дмитро Аполлінарійович (1882–1936) [10]. Він багато зробив для започаткування тут радіофізичних досліджень та виховання перших кадрів-радіофізиків, які в подальшому стали широко відомими (А.О. Слущкін, Д.С. Штейнберг, Ю.Б. Кобзарев). Саме тут він висунув ідею магнетронного генератора, який згодом реалізували його учні. В 1914–1919 рр. професором університету був Т.П. Кравець (1876–1955), праці якого стосувалися оптики та історії фізики.

В 1855–1888 рр. завідувачем кафедри хімії і професором університету був Бекетов Микола Миколайович (1826–1911) [11], який організував тут лекційні демонстрації, облаштував хімічну лабораторію, зробивши її основною в діяльності кафедри, керував роботою семінару, залучаючи до наукової праці здібних студентів, 1864–1884 рр. очолював фізико-хімічне відділення в рамках фізико-математичного факультету і з 1865 р. читав курс фізичної хімії на 20 років раніше за В. Оствальда, організував практикум, створив тут першу в Росії фізико-хімічну школу.

Київський університет [4]. Відкритий 1834 р. До 40-х рр. в ньому не було спеціалізації наук, невід'ємною складовою університетського курсу вважалася літературно-філософська освіта. Впродовж перших 30 років існування університету в ньому поліпшувалася навчальна робота з фізики, проте наукові дослідження не проводилися. Першим професором фізики і завідувачем фізичної кафедри був **Абламович Ігнатій Карлович** (1787–1848) – магістр філософії (1806). Перед цим він працював у Віденському університеті, Віденській гімназії, Волинському ліцеї, а в 1834 р. був

переведений професором фізики до Київського університету, хоч не мав спеціальної фізичної освіти. Лекції читав протягом 1834–1837 рр., фізико цікавився мало.

Після нього кафедру фізики очолював **Чехович Венедикт Павлович** (1804–1862), який закінчив 1827 р. Київську духовну академію, де працював (з 1834 р. – професор). Ставши в 1837 р. професором Київського університету, читав фізику так, як вона викладалася в духовній академії. Отже, до 1846 р. методологічний рівень викладання фізики залишався низьким, її курс в університеті не набагато відрізнявся від гімназійного, лекційні унаочнення не практикувалися, фізичний кабінет поповнювався приладами нерегулярно. В 1846–1858 рр. курс фізики читав переведений з Казанського університету професор Е.А. Кнорр, який викладав експериментальну фізику й фізичну географію.

КНОРР Ернест Августович. Народився у 1805 р. в Герцберзі (Німеччина), закінчив 1830 р. Берлінський університет. У 1832–1846 рр. – професор Казанського університету, 1846–1858 рр. – Київського. Помер Займався науковими дослідженнями в галузі метеорології та земного магнетизму. При ньому було розширено та упорядковано фізичний кабінет, організовано метеорологічну обсерваторію (1856). Його наступником на кафедрі став М.І. Тализін.

ТАЛИЗІН Матвій Іванович – перший фізик у Київському університеті, учень відомого російського фізика Е.Х. Ленца. Народився 1819 р. в Петербурзі, де закінчив 1840 р. університет, в 1847 р. після захисту дисертації «Про припливи і відливи» одержав ступінь магістра, з 1853 р. викладав фізику в Александрівському ліцеї, в 1858–1865 рр. – професор Київського університету. Помер після 1865 р. При ньому дещо поліпшилося викладання фізики, він читав курс загальної фізики і спеціальні курси з оптики, магнетизму та електрики, механічної теорії теплоти. Але його наукові інтереси стосувалися головним чином фізичної

географії. Помітно поліпшився стан викладання фізики в університеті після приходу М.П. Авенаріуса.

АВЕНАРИУС Михайло Петрович народився 7.09.1835 р. у Царському Селі (тепер м. Пушкін, Росія). Закінчив 1858 р. Петербурзький університет, в 1865 р. захистив там магістерську дисертацію «Про термоелектрику», 1866 р. – докторську «Про електричні різниці металів за різних температур». У 1865–1890 рр. був професором Київського університету і завідувачем кафедри фізики. Помер 4.09.1895 р. [10].

Започаткував тут наукову роботу, створивши 1874 р. першу в Україні науково-дослідну лабораторію експериментальної фізики. Саме з приходом до університету М.П. Авенаріуса та в 1875 р. М.М. Шіллера розпочався новий етап розвитку фізики в Київському університеті – етап проведення справжніх фізичних досліджень.

Лекціям Авенаріуса були притаманні високий науковий рівень і виняткова ясність. В 1875 р. він уперше в університеті запровадив для студентів лабораторний практикум з фізики, а найбільш здібних з них залучав до дослідницької діяльності в створеній фізичній лабораторії. Наукові праці М.П. Авенаріуса присвячено термоелектричним явищам і молекулярній фізиці, зокрема критичному стану речовини. Досліджував залежність термоелектрорушійної сили від температури спаїв, подав і обґрунтував формулу цієї залежності. З 1873 р. його наукові інтереси зосередилися на вивченні рідкого стану і пари при зміні температур і тисків, зокрема на визначенні критичних температур. Він перший з'ясував, що у критичній точці прихована теплота випаровування дорівнює нулю, і запропонував новий метод визначення критичної температури для деяких рідин. Протягом 1875–1889 рр. М.П. Аве-

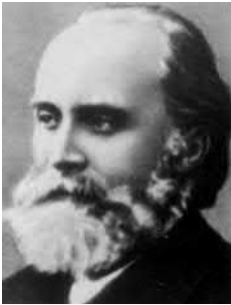
наріус зі своїми учнями В.І. Зайончевським, О.Е. Страусом, К.М. Жук, О.І. Надеждіним та ін. виконав цикл досліджень критичних значень для багатьох речовин, які ввійшли до основного фонду фізичних величин і надовго залишалися незмінними.

В.І. Зайончевський опублікував 1878 р. працю «Визначення пружності насиченої пари деяких рідин за високих температур». Він виміряв пружності насиченої пари до критичної температури і знайшов критичні температури й тиски сірчаного ефіру, сірчастого ангідриду, сірчастого вуглецю, бензолу, ацетону, хлористого етилу, чотирихлористого вуглецю та інших речовин. Особливий інтерес становило тоді визначення критичних величин для води. Зарубіжні фізики Й. Ван дер Ваальс, Ш. Каньяр де Латур та ін. намагалися різними способами визначити критичну температуру води. В результаті було одержано величини, які істотно різнилися між собою, наприклад $323\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $410\text{ }^{\circ}\text{C}$. На основі спостережень за критичними температурами двох рідин О.Е. Страус вивів емпіричну формулу для визначення критичної температури суміші за критичними температурами її компонент. Користуючись нею, він розробив 1882 р. метод експериментального визначення критичної температури води, за яким ця температура становила $370\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (сучасне значення $374,15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Він же встановив величину критичного тиску для води, що тоді було ще недоступно для безпосереднього визначення, $-195,5\text{ атм}$ (сучасне значення $-225,65\text{ атм}$). Вперше пряме визначення критичної температури води виконав 1885 р. О.І. Надеждін.

НАДЕЖДІН Олександр Іванович. Народився в 1858 р. Закінчив Київський університет 1882 р. і був залишений при ньому для

підготовки до професорського звання. Вже на третьому курсі за працю «Про зміни, помітні у властивостях тіл поблизу так званої температури абсолютного кипіння» одержав золоту медаль і премію ім. М.І. Пирогова. В 1886 р. захистив магістерську дисертацію «Етюди з порівняльної фізики». Є автором близько десяти наукових праць. Розробив новий метод визначення критичної температури води (метод Надеждіна), який дав $t_{\text{кр.води}} = 365^{\circ}\text{C}$ і $p_{\text{кр.води}} = 200,5\text{ атм}$, що добре узгоджувалося з даними О.Е. Страуса. Також встановив зв'язок між точкою кипіння і критичною температурою рідини. Помер 1886 р.

Розквіт фізичної лабораторії припав на 1877–1886 рр. Ще в 1874 р. університет виділив 2 тис. крб. на обладнання фізичної лабораторії, проте умови, в яких доводилося проводити дослідження, були надто важкими. Талант керівника в поєднанні зі здібностями та ентузіазмом молодих дослідників забезпечив науковий успіх, але «вогнище науки», яке виникло, не підтримувалося. Через різні обставини М.П. Авенаріус як керівник лабораторії не мав можливості зберегти навколо себе своїх учнів і тим самим утворити міцне ядро для розвитку створеного ним наукового напрямку, інакше кажучи, сформувати наукову школу з певними традиціями, перспективою, науковим авторитетом тощо. В результаті В.І. Зайончевський перейшов працювати доцентом в Інститут сільського господарства і лісівництва в Новій Олександрії, О.Е. Страус переїхав 1881 р. до Петербурга, де зайнявся електротехнікою, К.М. Жук майже залишив наукову діяльність, віддавшись навчальній роботі в Київському політехнічному інституті. Сам М.П. Авенаріус у 1890 р. за станом здоров'я залишив роботу. І хоч О.Г. Гольдман кваліфікував групу дослідників па чолі з М.П. Авенаріусом «київською школою експериментальної фізики» [12], проте з цим



М.П. Авенаріус



М.М. Шіллер

важко погодитися. М.П. Авенаріус був також ініціатором створення при університеті Товариства дослідників природи. Після М.П. Авенаріуса кафедрою фізики протягом 1890–1903 рр. завідував М.М. Шіллер.

ШІЛЛЕР Микола Миколайович – український фізик широкого профілю. Народився 13.03.1848 р. в Москві, де закінчив 1868 р. університет і був залишений у фізичній лабораторії Столетова. В 1875–1903 рр. викладав у Київському університеті (з 1876 р. – професор, з 1890 р. завідував фізичним кабінетом і лабораторією), в 1903–1905 рр. був ректором Харківського технологічного інституту. Помер 23.11.1910 р.

М.М. Шіллер – автор близько 90 наукових праць, у тому числі трьох курсів теоретичної фізики. Його наукові дослідження стосувалися теоретичної механіки, термодинаміки, математичної фізики, електродинаміки, оптики, молекулярної фізики та інших галузей [1, 10].

У 1874 р. розробив ефективний метод вивчення електричних коливань (з періодами 10^{-5} – 10^{-6} с) за допомогою маятника або переривника Гельмгольца. Застосування цього методу дало йому змогу одержати перше кількісне підтвердження формули Томсона для періоду власних коливань коливального контура, виведеної 1853 р. з теоретичних міркувань, а також дослідити деякі інші властивості електричних коливань – залежність діелектричної проникності від частоти коливань та напруженості електричного поля, виникнення

складних коливань у зв'язаних індуктивних котушках, вплив діелектричного середовища на електромагнітну індукцію тощо. Цей же метод він використав для визначення діелектричної проникності речовини у змінних полях за експериментально встановленими значеннями періодів коливань. Метод Шіллера наприкінці XIX ст. визнано класичним, він дав можливість уже в 1874 р. перевірити справедливість максвеллівського співвідношення $\epsilon = n^2$ і одержати одне з перших підтверджень його теорії електромагнітного поля.

Протягом 1875–1876 рр. М.М. Шіллер здійснив низку експериментів з індуктивними струмами в розіркнених провідниках, які підтвердили реальність існування струмів зміщення, запроваджених Дж. Максвеллом під час створення теорії електромагнітного поля. Непрямі докази гіпотези Максвелла про існування таких струмів М.М. Шіллер одержав шляхом експериментального спростування альтернативних теорій Ампера і Гельмгольца, а прямі – шляхом безпосереднього порівняння впливу на магнітну стрілку, які справляють струми зміщення в рідкому діелектрику і провідності в металевому провіднику [188]. Однак ці його результати залишилися практично невідомими, внаслідок чого пріоритет експериментального відкриття магнітної дії струму зміщення, як правило, приписувався російському фізику О.О. Ейхенвальду, який здійснив аналогічні досліди на тридцять років пізніше.

М.М. Шіллер був одним з перших, хто застосував закони термодинаміки до вивчення стану пружного тіла (1879). Вивчаючи пружність насичених газів, він теоретично довів, що кривина поверхні рідини відіграє

роль додаткової сили, і пружність насиченої рідини змінюється в той чи інший бік залежно від характеру дії, додатково прикладеної до поверхні рідини, над якою досліджується пружність насиченої пари (закон Томсона–Шіллера), підтвердивши його власними дослідженнями.

М.М. Шіллер чимало праць присвятив аналізу основних понять і законів фізики, здебільшого термодинаміки. Він докладно проаналізував основні термодинамічні поняття і закони – температури, кількості теплоти, термічної рівноваги, перший і другий початки термодинаміки. Доповнивши та уточнивши поняття адиабатичного процесу, показав, що диференціальне рівняння другого початку термодинаміки повинно мати інтегруючий дільник, який є універсальною функцією температури. Однак при аналізі основ термодинаміки М.М. Шіллер часом припускався методологічних помилок, а його спроби механічної інтерпретації електромагнітних явищ і розрахунку сил електрострикції були типовими для теоретиків XIX ст., які намагалися примирити складний математичний апарат теорії Максвелла з наочними уявленнями механічної теорії ефіру. В 1890 р. він виступив ініціатором створення при університеті Фізико-математичного товариства і був його головою протягом 14 років. Проте, незважаючи на високу наукову активність, він не зміг об'єднати навколо себе талановиту і здібну молодь. Після переїзду М.М. Шіллера до Харкова завідування фізичною лабораторією перейшло до Й.Й. Косоногова, а фізичним кабінетом – до Г.Г. Де-Метца.

КОСОНОГОВ Йосип Йосипович – український фізик. Народився 31.03.1866 р. в селищі Каменській (тепер м. Каменськ-Шахтинський Ростовської області, Росія).



Й.Й. Косоногов

Закінчив 1889 р. Київський університет і був залишений в ньому асистентом кафедри фізики, працював спочатку під керівництвом М.П. Авенаріуса, потім – М.М. Шіллера. З 1903 р. – професор фізики і завідувач кафедри фізики університету. Помер 22.03.1922 р. [14].

Після того, як 4 березня 1891 р. М.М. Шіллер здійснив першу в Україні публічну демонстрацію дослідів Герца з одержання електромагнітних хвиль, Й.Й. Косоногов виступив з великою доповіддю на цю тему, зачитаною на шести засіданнях Фізико-математичного товариства і опублікованою у вигляді чотирьох статей у тому ж році «Досліди Герца» в часописі «Вісник дослідної фізики». Повне описання та аналіз Й.Й. Косоноговим дослідів Герца вперше дав змогу відтворити всю послідовність його експериментальних досліджень і значно сприяв їх популяризації. Крім історико-критичного аналізу методів визначення діелектричних сталих, праця містила докладне викладення вчення про електромагнітні коливання та хвилі (теорії Фарадея, Гельмгольца і Максвелла, теорему Пойнтінга та ін.), а також описання оригінального методу, розробленого для вивчення електричної дисперсії.

В 1903 р. Й.Й. Косоногов відкрив явище оптичного резонансу, аналогічного резонансу електромагнітних коливань, майже одночасно з американським фізиком Р. Вудом (1902) і незалежно від нього, досліджуючи явища вибіркового відбиття та поглинання світла. Порівняльний аналіз трьох невеличких за обсягом публікацій американця та семи ґрунтовних праць українського вченого, присвя-

чених одному й тому ж питанню, показує, що на відміну від Р. Вуда, який тільки спостерігав дане явище і висловив припущення щодо його суті, Й.Й. Косоногов розробив всеохоплюючу експериментальну методику дослідження оптичного резонансу, встановив його основні закономірності і дав пояснення, виходячи з теорії Максвелла. В узагальнюючій праці «Оптичний резонанс як причина вибіркового відбиття і поглинання світла» (1904), яка лягла в основу його докторської дисертації, Й.Й. Косоногов виклав теорію оптичного резонансу, що стала одним з перших варіантів класичного описання явища вибіркового відбиття світла на основі електромагнітної теорії світла. Деякі положення її збереглися до наших днів, зокрема висновки про колір фізичних тіл.

Більшість праць Й.Й. Косоногова стосувалася дослідження електромагнітних коливань і змінних струмів, електричних явищ, оптики, решта – фізичної географії, метеорології та методики викладання фізики. В 1909 р. він вперше використав ультрамікроскоп для вивчення мікроскопічних явищ поблизу електродів при електролізі. У наступні роки Й.Й. Косоногов вивчав фізичні явища, що виникають при проходженні потоку газу крізь пористі тіла, використовуючи при цьому аналогію цих явищ з електричними. В останні роки життя до кола наукових інтересів Й.Й. Косоногова ввійшла також радіотехніка.

Й.Й. Косоногов є автором низки популярних у той час навчальних посібників, таких як «Основи фізики», «Перші бесіди з фізики», «Концентрований підручник з фізики», «Теорія світла». Вони витримали кілька перевидань. Завдяки його зусиллям

значно поліпшилося викладання теоретичної фізики в Київському університеті. Він запровадив спеціальні курси з нових дисциплін (теорія електронів, теорія випромінювання, кінетична теорія газів тощо), а також курс вчення про електричні коливання, в якому теорія світлових явищ викладалася на основі електромагнітної теорії Максвелла (1904). Й.Й. Косоногов був першим фізиком – академіком ВУАН (1922), брав участь в заходах по її створенню, зокрема відома його доповідна записка щодо необхідності організації в ній фізичного інституту.

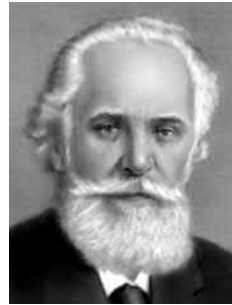
Новоросійський університет [5]. Відкритий 1865 р. в Одесі у складі трьох факультетів – історико-філософського, фізико-математичного та юридичного. Першим професором кафедри фізики та керівником фізичного кабінету в 1865–1870 рр. був В.І. Лапшин. Однак при ньому рівень викладання фізики залишався невисоким, а наукова робота пов'язувалася переважно з продовженням розпочатих ним у Харкові метеорологічних спостережень. Безпосередньо наукова діяльність у Новоросійському університеті пов'язана з іменами М.О. Умова, М.Д. Пильчикова і Ф.Н. Шведова.

УМОВ Микола Олексійович. Народився 4.12.1846 р. в Симбірську (Росія), закінчив 1867 р. Московський університет, де 1871 р. захистив магістерську дисертацію «Теорія термомеханічних явищ у твердих пружних тілах». Протягом 1871–1893 рр. працював у Новоросійському університеті (з 1871 р. – доцент, з 1875 р. – професор). У 1893–1911 рр. професор Московського університету, в якому з 1896 р. після смерті О.Г. Столетова очолював кафедру фізики. Помер 28.01.1915 р. [15, 16].

В теоретичних працях 1873–1874 рр. М.О. Умов математично обґрунтував принцип близькодії і сформулював основні положення вчення про локалізацію та рух енергії в середовищі.

Найважливішою з праць цього періоду є його докторська дисертація «Рівняння руху енергії в тілах», в який запроваджено поняття про густину енергії та швидкість її руху, про потік енергії, подано нове формулювання закону збереження енергії у вигляді рівняння неперервності і наведено диференціальні рівняння руху енергії для окремих випадків твердого пружного тіла, стисливої та нестисливої рідини, а також для загального випадку взаємодії тіл на відстані. Аналіз одержаних рівнянь привів М.О. Умова до важливих висновків. Так, з формул для густини потоку енергії у твердих тілах він вивів співвідношення, що пов'язує потік механічної енергії крізь довільну площадку всередині пружного тіла, тиск, якого вона зазнає, і швидкість її руху (теорема Умова). Він перший застосував закон збереження енергії до вивчення хвильових процесів, показавши, що поширення хвиль пов'язано з переносом енергії, і дав визначення променя як лінії, вздовж якої поширюється енергія.

Ці ідеї Умова випереджали рівень науки того часу і здавалися його сучасникам не тільки новими, а й спірними, навіть фантастичними. Особливо важкою для сприйняття була його ідея руху енергії. Це спричинилося до того, що праці М.О. Умова, в яких уперше висунуто саму ідею руху енергії, створено теорію руху енергії у найзагальнішому вигляді і застосовано її до конкретних випадків (у тому числі до електромагнітного поля), тривалий час залишалися невідомими або ігнорувалися. Вперше привернула увагу фізиків до проблеми локалізації та руху енергії в середовищі опублікована 1884 р. праця англійського фізика Дж. Пойнтінга, якого найчастіше називають автором



М.О. Умов



Ф.Н. Шведов

ідеї про рух енергії і творцем теорії руху енергії в електромагнітному полі. Однак аналіз цієї роботи, а також праць О. Хевісайда, Г. Герца, В. Віна, Г. Мі та інших вчених, які вивчали дане питання наприкінці XIX століття, засвідчує, що всі вони фактично тільки розвивали теоретичний метод Умова, доповнюючи його основні результати (на жаль, без посилання на автора). Нині пріоритет М.О. Умова як основоположника вчення про рух енергії фактично обмежується рамками вітчизняної історико-наукової та фізичної літератури.

Теоретичні дослідження М.О. Умова, виконані в університеті, стосувалися також теорії коливань, термодинаміки, термопружності, земного магнетизму, електродинаміки. Він запровадив поняття теплової напруги (1871), розв'язав задачу про розподіл електричних струмів на поверхні будь-якого вигляду, звівши її до розподілу струмів у плоскій пластинці, що є конформним відображенням даної довільної поверхні на площину (до цього задача розв'язувалася тільки для окремих випадків (Г. Кірхгофом – для плоскої поверхні, Л. Больцманом – для сфери і круглого циліндра).

Крім теоретичних робіт, М.О. Умов виконав низку експериментальних – дослідження дифузії водневих розчи-

нів (1888), явища поляризації світла в каламутних середовищах (1905) тощо. Для теоретичних розвідок М.О. Умова характерним було філософське тлумачення проблеми, він був не тільки фізиком, а й філософом.

У 1892–1902 рр. в університеті працював М.Д. Пильчиков, який брав активну участь у переобладнанні фізичного кабінету і спорудженні спеціальної вимірювальної лабораторії [9]. Тут він продовжив свої харківські дослідження з земного магнетизму та метеорології і розпочав нові – вивчення шойно відкритих рентгенівських променів, радіоактивності та способів бездротової передачі сигналів. Для одержання рентгенівських променів він сконструював 1896 р. так звану фокус-трубку, за допомогою якої одержав пучок цих променів, потужніший за пучок у круксовій трубці, і найкоротшу на той час експозицію під час рентгенографування (2с). Одночасно з першими дослідниками рентгенівських променів і незалежно від них М.Д. Пильчиков провів низку дослідів з цими променями, зокрема довів, що вони не відхиляються в електричному й магнітному полях, вивчав їх поглинання і спричинювану ними іонізацію, робив рентгенівські знімки з метою рентгенодіагностики.

В роботі «Радій та його промені», яка стала одним з перших у Росії узагальненням досліджень у даній галузі, М.Д. Пильчиков виклав історію відкриття рентгенівських променів та радіоактивності, докладно описав перші експерименти з катодними і рентгенівськими променями, які привели до відкриття електрона, а також свої власні досліди з радіоактивними речовинами. Він не тільки виявив здатність променів радію пронизувати різні предмети, а й встановив, що

радієве випромінювання зумовлює флюоресценцію і розкладає сполуки срібла, іонізує повітря та розряджає електрично заряджені тіла. Якісне пояснення М.Д. Пильчиковим останнього явища стало поштовхом для його подальшого докладного вивчення О.П. Грузинцевим (1902).

В одеський період М.Д. Пильчиков висунув низку плідних ідей в галузі бездротової телеграфії та радіозв'язку, серед яких першорядне значення мав запропонований ним принцип використання радіо для керування на відстані різними механізмами. Перші радіокеровані прилади (моделі гармати, міни, маяка, семафора тощо) М.Д. Пильчиков публічно оприлюднив 25 березня 1898 р., раніше за Н.Теслу, який продемонстрував своє радіокероване судно в Нью-Йорку у вересні того ж року. Методи радіокерування та радіозв'язку розроблялися М.Д. Пильчиковим незалежно від винахідників радіо, тому створені ним радіоприлади істотно відрізнялися від перших приладів О.С. Попова та Г. Марконі. Так, випробування радіоприладів М.Д. Пильчикова на кораблях Чорноморського флоту (1903) показало, що вони придатніші для телеграфування на великі відстані, ніж аналогічні прилади Попова.

Одним з найоригінальніших винаходів М.Д. Пильчикова слід вважати протектор для захисту радіоприймача від зовнішніх завад (1898), аналогів якому на ранніх етапах історії радіотехніки не було. Цей прилад учений сконструював у кількох варіантах: протектор «для бездротового телеграфування»; для залізничних і портових семафорів та маяків; для мін, що підриваються дистанційно; для «бездротового керма» тощо. За допомогою останнього передбачалося керувати по радіо рухомими об'єктами – човнами

та міноносцями як при роздільному переміщенні телеоб'єкта або пункту керування, так і при їх одночасному переміщенні. «Бездротове кермо» було оснащено двома механізмами для повертання його ліворуч і праворуч, які приводилися в дію двома різними системами електромагнітних хвиль. Це була перша спроба застосування методу радіотелекерування.

З 1903 р. М.Д. Пильчиков продовжив свої дослідження в галузі радіотелеграфії в Харківському технологічному інституті, де на власні кошти збудував при метеорологічній обсерваторії павільйон для дослідів з бездротового телеграфування та автоматичної реєстрації гроз, обладнавши його стаціонарною радіостанцією. Крім того, він встановив пересувну радіостанцію на придбаному на власні кошти автомобілі і вже 1903 р. розпочав дослідження з передавання та приймання радіосигналів між рухомим і нерухомим об'єктами. У цей період він виготовив новий протимінний захист для крейсерів і кілька електричних приладів – для спостереження явища індукції (1903), реле, іонометр, рефрактоскоп та однопелюстковий електрометр (1904), фототелескоп (1905), спектрополяриметр та автореєструючий відмітник атмосферних електричних розрядів (1906). З 1868 р. в університеті працював Ф.Н. Шведов.

ШВЕДОВ Федір Никифорович – український фізик. Народився 22.02.1840 р. у м. Кілія (тепер Одеської обл.). Закінчив 1863 р. Петербурзький університет (в 1865–1867 рр. працював у лабораторії Г. Магнуса в Берліні), з 1870 р. – професор Новоросійського університету, в 1895–1903 рр. – його ректор. У 1870 р. удостоєний ступеня доктора фізики після захисту дисертації «Про закони перетворення електрики в теплоту». Він створив в університеті фізичну лабораторію, поповнив фізичний кабінет новими приладами, будучи ректором, до-

мігся створення 1902 р. при університеті Фізико-хімічного інституту, який очолив. Помер 25.12.1905 р. [17].

Наукові праці стосувалися молекулярної фізики, кінетичної теорії газів, електрики, електричних коливальних, астрофізики та метеорології (походження граду, теорія циклонів, утворення кометних форм, метеоритів, північного сьйива тощо). Він перший спостерігав (1889) пружність форми та аномалію в'язкості колоїдних розчинів, вивчав процес релаксації напруг у колоїдах, вивів рівняння в'язкопластичної течії речовини (рівняння Шведова), є засновником реології дисперсних систем.

Важливе значення мали дослідження Ф.Н. Шведова в галузі електрики. Він побудував одну з перших електрофорних машин (1868) і один з перших двигунів, що використовував властивість заліза втрачати здатність намагнічуватися при підвищенні температури; запропонував оригінальну конструкцію абсолютно електрометра (1892), математичні довів теорему про розподіл електрики на еліпсоїді обертання (1895). Маловідомі роботи Ф.Н. Шведова, присвячені вивченню електромагнітних хвиль, іскрового розряду та «електричних променів» [18]. Вони містять значну кількість нових ідей, які за своєю простотою, оригінальністю та актуальністю не мали аналогів серед тогочасних праць вітчизняних та зарубіжних вчених. Так, у циклі праць 1873–1877 рр. Ф.Н. Шведов всебічно обґрунтував фізичну аналогію між електричними і світловими явищами, запровадивши для цього поняття про електричний промінь. Цей принцип використовується нині в електронній оптиці, тому є підстави вважати Ф.Н. Шведова одним з її піонерів.

Теоретична інтерпретація Ф.Н. Шведовим дослідів з електромагнітними хвилями (1890), одержаних ним відразу після опублікування відповідної статті Г. Герца, також сприяла доведенню тотожності між електрикою та світлом і розумінню фізичної суті процесу генерації та поширення електромагнітних хвиль. Саме під час відтворення дослідів Герца Ф.Н. Шведов вперше зацікавився вивченням іскрового розряду, що привело його до створення в 1903–1905 рр. першої кількісної теорії явища, основним фізичним принципом якої стало використання так званої «балістичної аналогії», тобто аналогії між рухом електронів та іонів в електричному полі й польотом снарядів (твердих куль) у полі тяжіння. Застосування відомих формул балістики до руху заряджених частинок газу дало змогу Ф.Н. Шведову одержати математичні співвідношення, які досить просто пояснили всі відомі на той час закономірності іскрового розряду, зокрема лінійну залежність між розрядним потенціалом та довжиною іскри (закон Пашена).

Безперечний інтерес для історії фізики становить передостанній параграф роботи «Застосування теорії іскри до світу електронів». У ньому Ф.Н. Шведов показав чотири кількісні наслідки своєї теорії: визначив максимально можливий розмір газової молекули та роботу, необхідну для її розщеплення силами електричного поля; розрахував швидкість вільного електрона в момент розряду і періоди власних коливань електронів та іонів у молекулі газу. Він запропонував власну модель молекули речовини у вигляді планетарної системи, в якій негативний електрон обертається навколо позитивного іона. На жаль, ця плідна ідея не набула подальшо-

го розвитку в зв'язку з передчасною смертю автора. Щоправда, вона була опублікована в дуже стислому викладі в його «Балістичній теорії», однак залишилася непоміченою фізиками того часу.

В Новоросійському університеті в 1897–1898 рр. навчався, а в 1915 р. був доцентом Л.І. Мандельштам. У 1896 р. цей навчальний заклад закінчив Л.В. Писаржевський, який працював у ньому до 1904 р. Вихованцем університету був і Г.Г. Де-Метц, який закінчив фізико-математичний факультет (1885) і одержав звання магістра фізики (1889) [10].

Як вже зазначалося, 1902 р. при Новоросійському університеті засновано Фізико-хімічний інститут, який складався з двох Відділень – фізичних наук і природничих. У Відділенні фізичних наук мали проводитися дослідження з фізики, теоретичної і прикладної механіки, астрономії, геодезії та фізичної географії. При інституті була низка кабінетів і лабораторій, зокрема прикладної механіки та фізичної географії. Невдовзі стало зрозумілою необхідність створення окремого фізичного інституту, який би виділився зі складу Фізико-хімічного. Це і було зроблено 1906 р. Того ж року професором кафедри фізики Новоросійського університету обрано М.П. Кастеріна, він став і директором Фізичного інституту [19].

КАСТЕРІН Микола Петрович – російський фізик, доктор фізики (1905), професор (1906). Народився 12 грудня 1869 р. в Калузькій губернії. Закінчив Московський університет (1892), в якому залишився для підготовки до професорського звання, працював лаборантом. У 1897–1898 рр. стажувався у Німеччині у Е. Варбурга, М. Планка, Я. Вант-Гоффа та в Лейдені у Г. Камерлінг-Оннеса. В 1898–1906 рр. працював у Московському університеті, 1906–1922 рр. – професор Новоросійського університету в Одесі та керівник Фізичного інституту при

університеті, з 1922 р. працював у Москві в різних наукових закладах, з 1941 – професор Московського університету. Помер 10 березня 1947 р.

Наукові праці стосуються акустики, молекулярної фізики, електродинаміки, аеродинаміки, прикладної фізики. Досліджував поширення звукових хвиль в неоднорідних середовищах, дисперсію та відбиття звуку, вихровий рух, донний лід. Відкрив аномальну дисперсію звуку. Винайшов (1925) пневматичний абсолютний електрометр, пояснив (1925) походження донного льоду та розробив його теорію, дав і теорію гідравлічного насосу. Чимало зробив для облаштування Фізичного інституту при Одеському університеті. Ще наприкінці Одеського періоду, а потім у Москві М.П. Кастерін вдався до критики засад сучасної фізики – теорії відносності, квантової механіки, що дістала негативну оцінку провідних фізиків і була визнана помилковою, а його діяльність лежанауковою.

В Одесі під його керівництвом розпочато дослідження світлочутливих матеріалів, зокрема фотоелектричних властивостей галогенідів срібла, та наукової фотографії. Інститут встановив тісний зв'язок з навчальним процесом, в його кабінетах і лабораторіях студенти університету приходили фізичний практикум і робили перші кроки в науці. Фізичний інститут в Одесі був одним із перших у Росії.

Інші вищі навчальні заклади України. Певна наукова робота з фізики проводилася також в інших вищих навчальних закладах України, зокрема в Київському політехнічному інституті (заснований 1898 р.), Харківському технологічному інституті (1885), Катеринославському вищому гірничому училищі (1899 р., згодом Дніпропетровський гірничий інститут), Львівському університеті (1661), Львівському політехнічному інституті (1844) та Чернівецькому університеті (1875).

Львівський університет – найстаріший на території України [20]. Заснований 1661 р., мав філософський,

юридичний, медичний і теологічний факультети. Про фізику в університеті в перше століття його існування нічого не відомо. Після відновлення в 1784 р. роботи в університеті в ньому організується кафедра фізики, першим професором якої стає Франц Гюссман (1741–1806). Він відомий низкою праць, зокрема двотомним описанням Землі з точки зору фізики. Після нього фізику викладали Гнат Мартинович, Антон Гільденбрандт (1721–1798), Іван Земанчик. Останній приділяв значну увагу розширенню фізичного кабінету, написав підручник з фізики. В 1824–1849 рр. професором фізики був Август Кунцек (1795–1863) – чудовий лектор, автор кількох наукових праць і підручників. Серед наступних викладачів фізики університету слід відзначити В. Урбанського.

УРБАНСЬКИЙ Войцек. Народився в 1820 р. у Ходорові (тепер Львівської обл.), 1847 р. здобув ступінь доктора філософії у Відні, з 1850 р. – доцент Львівського університету, з 1859 р. – директор його бібліотеки. Помер у 1908 р. Читав курси експериментальної фізики, земного магнетизму, оптики, електродинаміки, проводив практичні заняття, написав низку наукових статей і навчальних посібників, зокрема двотомник з фізики.

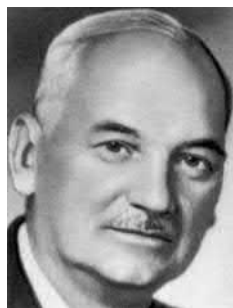
В 1868 р. при університеті організовано метеорологічну станцію, 1869 р. на філософському факультеті створено кафедру математичної фізики, а 1897 р. організовано Фізичний інститут, першим директором якого став І. Закржевський.

ЗАКРЖЕВСЬКИЙ Ігнатій. Народився у Тернополі, закінчив 1882 р. Львівський університет, де працював до 1887 р. та з 1892 р. (з 1899 р. – професор). У новому фізичному корпусі обладнав фізичну лабораторію. Помер у 1932 р.

Але справжню наукову діяльність у Львівському університеті започаткував М. Смолуховський.



М. Смолуховський



В. Рубінович

СМОЛУХОВСЬКИЙ Маріан – відомий польський фізик-теоретик. Народився 28.05.1872 р. у Фордербрюлі поблизу Відня (Австрія). Закінчив Віденський університет (1895). вдосконалював знання в лабораторіях у Г. Ліппмана, У. Томсона та Е. Варбурга. В 1899–1913 рр. працював у Львівському університеті (з 1900 р. – професор), з 1913 р. – професор Краківського університету (з 1917 р. – ректор). Помер 5.09.1917 р. Наукові праці стосуються молекулярної фізики, термодинаміки, статистичної механіки [10].

Саме тут він виконав свої основоположні класичні праці з статистичної фізики. Його дослідження броунівського руху та межі застосування другого початку термодинаміки обґрунтовували й розвивали ідеї Л. Больцмана. Виходячи з кінетичного закону розподілу енергії, М. Смолуховський створив 1906 р. (незалежно від А. Ейнштейна, 1905 р.) теорію броунівського руху, яка довела справедливості кінетичної теорії теплоти та її висновків і сприяла її остаточному утвердженню. Він встановив закони флуктуацій рівноважних станів у молекулярних системах, які використав для обґрунтування обмеженості трактування Р. Клаузіусом другого початку термодинаміки. Його теорія дала можливість визначити час, через який настає новий аномальний стан системи, отже, завдала серйозного удару гіпотезі «теплової смерті» Всесвіту. В 1908 р. на основі теорії флуктуацій М. Смолуховський

побудував теорію критичної опалесценції. Ще в 1898 р. він теоретично обґрунтував явище температурного стрибка на межі «газ – тверде тіло», відкритого експериментально в 70-х рр. XX ст., що було досить сильним аргументом на користь молекулярної кінетики.

В 1855–1863 рр. професором Львівського університету був Ю. Планер.

ПЛАНЕР Юліуш – австрійський фізіолог. Народився 13.08.1827 р. у Відні. Закінчив медичний факультет Віденського університету (1849). В 1850–1854 рр. працював у Відні, 1855–1863 – професор Львівського університету, з 1863 р. – Грацького (Австрія), також з 1872 р. – директор його Інституту анатомії. Помер 23.07.1881 р. [21].

В 1861 р. він фактично одержав рідкі кристали, але не зрозумів явище, яке спостерігав, і подальших досліджень не проводив. Відкриття рідких кристалів (1888) пов'язують з ім'ям австрійського ботаніка Ф. Рейніцера.

В 1922–1937 рр. у Львівському політехнічному інституті, а 1937–1945 рр. Львівському університеті викладав В. Рубінович.

РУБІНОВИЧ Войцек – польський фізик-теоретик. Народився 22.02.1889 у Садгорі (Польща). Закінчив Чернівецький університет (1914), в якому працював. У 1920–1922 рр. – професор Люблянського університету, 1922–1937 рр. – Львівського політехнічного інституту, 1937–1945 рр. – Львівського університету, 1946–1960 рр. – Варшавського. Помер 13.10.1974 р. Наукові праці в галузі квантової теорії, атомної та ядерної фізики. Побудував теорію мультипольного випромінювання, встановив для нього правила відбору [10].

В 1917–1941 рр. у Львівському університеті працював С. Лорія.

ЛОРИА Станіслав – польський фізик-теоретик. Н. 18.01.1883 р. у Варшаві. В 1917–1941 рр. – професор Львівського університету та в 1928–1941 рр. – директор його Фізичного інституту; в 1946–1951 рр. – професор Вроцлавського, з 1951 р. – Познанського університетів. Помер 8.08.1958 р.

Наукові праці стосуються фізичної оптики та атомної фізики [10].

Київський політехнічний інститут [9]. З часу його створення в ньому викладав Г.Г. Де-Метц.

ДЕ-МЕТЦ **Георгій Георгійович** – український фізик. Народився в 1861 р. в Одесі, де закінчив університет. В інституті завідував кафедрою фізики з лабораторією і фізичним кабінетом, який був одним з найкращих у вищій школі. В 1934–1947 рр. – завідувач кафедри Київського педагогічного інституту. Помер в 1947 р. Наукові праці стосувалися оптики, радіоактивності, метрології, фотографії та методики викладання фізики. Він дослідив явище подвійного променезаломлення в багатьох рідинах та ефект Керра.

На кафедрі фізики Політехнічного інституту працювали К.М. Жук (з 1899 р.), Л.Й. Кордиш (з 1901 р.) та ін. Для кафедри фізики і лабораторії плідними в науковому відношенні були 1901–1913 рр.

Харківський технологічний інститут [6]. Тут кафедрою фізики у 1885–1900 рр. завідував О.К. Погорелко, вихованець Харківського університету. Його наукові праці присвячено електриці, оптиці, електротехніці, біографістиці. Він ініціював створення в Інституті фізичного кабінету та майстерні для виготовлення фізичного обладнання, а також спільно з ректором В.Л. Кирпичовим метеорологічної обсерваторії, дані спостережень якої регулярно передавалися до Петербурга та Парижа. Ще до відкриття в 1895 р. рентгенівських променів О.К. Погорелко фактично експериментував з ними, правда, не знаючи, з чим має справу, показав їх застосування для діагностики захворювань, робив рентгенівські знімки. Але більше він відомий як один з активних діячів технічної освіти та Миської думи. В 1900–1912 рр. був Харківським міським головою. За його участю в Харкові (з 1895 р.), за-



Г.Г. Де-Метц



О.К. Погорелко

проваджено електричне освітлення вулиць, 1897 р. почала працювати міська електростанція, 1906 р. відкрито трамвайний рух [22].

В 1902–1908 рр. професором інституту був М.Д. Пильчиков, який продовжував тут свої дослідження з радіозв'язку й бездротової телеграфії, а також атмосферної оптики.

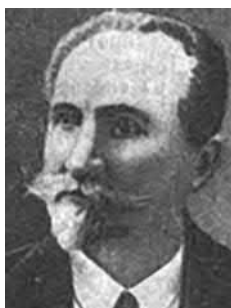
Катеринославське вище гірниче училище [8]. З 1912 р. тут професором був фізико-хімік Л.В. Писаржевський (1874–1938), який з 1914 р. розгорнув роботу за побудову нової, електронної, хімії, за введення в хімію поняття електрона, розглядаючи хімічні процеси на основі будови електронних оболонок атомів і молекул та їх взаємодій, сформулював загальноприйняті нині уявлення про роль електронів у хімічних реакціях [23].

В 1910–1912 рр. тут Я.І. Грдина сформулював основні теореми динаміки живих організмів, ставши засновником цього розділу теоретичної механіки, і перший звернув увагу на аналогію між технічними і біологічними системами [24].

Відразу після відкриття в 1895 р. рентгенівських променів їх почали використовувати в Україні в медицині для діагностики. Так, в лікарні Покровського жіночого монастиря

в Києві почав діяти рентгенівський кабінет, який 1898 р. відвідали учасники 3'їзду природодослідників і лікарів, що проходив у місті. В 1909 р. рентгенівські апарати встановлено в клініці Стражеска. Невдовзі рентгенівські кабінети створено на медичному факультеті Київського університету та у військовому шпиталі. Поряд із рентгенологією започатковується також радіологія (після відкриття 1896р. радіоактивності). Медична рада Київського університету розглянула в 1916 р. питання про створення курсів і шкіл для «приготування фахівців з рентгенології», а також викладання її у вигляді курсу. В 1920 р. у Київському медичному інституті створено кафедру рентгенології на чолі з професором Є.Ф.Вебером (1875–1947), він же читав і перший курс з рентгенології, в якому розглядалися поряд з медичними також фізико-технічні питання (наприкінці 1921 р. Є.Ф.Вебер емігрував на захід) [25].

В 1910 р. в Одесі Є.С. Бурксер створив першу в Росії радіологічну лабораторію і розпочав дослідження радіоактивності мінеральних вод і гірських порід.



Я.І. Грдина



Є.С. Бурксер

Наведений короткий огляд історії фізики в Україні в XIX ст. – на початку XX ст. свідчить, що чимало українських учених в багатьох питаннях були на рівні сучасних їм досягнень фізичної науки, виявляли глибоку ерудицію, володіння математичним апаратом, технікою експерименту та зробили помітний внесок у розвиток вітчизняної фізики. А піонерські дослідження М.П.Авенаріуса, М.М. Шіллера, Й.Й.Косогова, М.О.Умова, Ф.Н. Шведова, М.Д. Пильчикова, О.П. Грузинцева, О.М. Ляпунова, Л.В.Писаржевського та М. Смолуховського принесли їм світове визнання, їх наукова і викладацька діяльність підготувала ґрунт для подальшого розвитку фізики в Україні.

1. Павленко Ю.В., Руда С.П., Хорошева С.А., Храмов Ю.О. Природознавство в Україні до початку XX ст. в історичному, культурному та освітньому контекстах. – К.: Академперіодика, 2001.

2. Храмов Ю.О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій і відкриттів. – К.: Фенікс, 2015. – 2-е вид.

3. Багалеї Д.И. Краткий очерк истории Харьковского университета за первые 100 лет его существования (1805–1905). – Харьков: Харьков. ун-т, 1906.

4. Історія Київського університету. – К.: Вид-во Київ. ун-ту, 1959.

5. Маркевич А.И. Двадцатипятилетие имп. Новороссийского университета. – Одесса, 1890.

6. Харьковский политехнический институт. 1885–1985. История развития. – Харьков: Вища школа 1985.

7. Київський політехнічний інститут. Нарис історії. – К.: Наук. думка, 1995.

8. Рубин П.Г. Исторический очерк возникновения Екатеринославского высшего горного училища и его деятельность за первое десятилетие. 1899–1919. – Екатеринослав, 1909.

9. Микола Дмитрович Пильчиков. – К.: Наук. думка, 1970.

10. Храмов Ю.А. История физики. – К.: Фенікс, 2006.

11. Бекетов Н.И. Избранные труды по физической химии. – Харьков: Изд-во Харьков. ун-та, 1955.

12. *Гольдман А.Г.* Михаил Петрович Авенариус и киевская школа экспериментальной физики // УФН, 1951, т. 44, вып. 4.
13. *Косоногов И.И.* Николай Николаевич Шиллер // Журнал Рос. физ.-хим. общества, ч. физ., т. 43, №9, с. 445–483.
14. *Глебова А., Храмов Ю.* Перший український академік-фізик // Вісник НАН України, 1999, №1, с. 59–66 (Й.Й. Косоногов).
15. *Умов Н.А.* Избранные сочинения. – М.; Л.: Гостехиздат, 1950.
16. *Гуло Д.Д.* Николай Алексеевич Умов. – М.: Наука, 1971.
17. *Де-Метц Г.Г.* Памяти Федора Никифоровича Шведова // Физ. обозрение, 1906, т. 7, №1, с. 1–9.
18. *Глебова А.М.* Теорія електричних променів. Ф.Н. Шведова (Нариси з історії природознавства і науки, 2000, №43, с. 65–81.
19. *Тепляков Л.М.* / История и методология естественных наук. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, – с. 150–163 (М.П. Кастерін).
20. Львівський університет. – Львів: Вища школа, 1986.
21. Планер
22. *Тверитникова О.Є.* Науковий доробок і громадська діяльність професора О.К. Погорелка // Наука і наукознавство, 2006, №2, с. 99–104.
23. *Писаржевський Л.В.* Избранные труды. – К.: Изд-во АН УССР, 1956.
24. *Путята Т.В., Фрадлин Б.Н.* Ярослав Иванович Грдина. – М.: Наука, 1970.
25. Зарубіжні вчені – вихідці з України в галузі фундаментальних і технічних наук. – К.: Фенікс, 2017.

ФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В УКРАЇНІ В 20-Х РОКАХ ХХ СТ.

Суспільно-політичний контекст

Перша світова війна (1914–1918), Револуції (1917), Громадянська війна (1919–1920) і як наслідок цих подій – розруха господарства України, спад її економіки та згорання наукових досліджень [1, 2]. Наприкінці 1920 р. внаслідок поразки національно-патріотичних сил закінчилася Громадянська війна на території України. Не маючи жодної підтримки ззовні і опинившись в оточенні ворожих, більшовицьких сил, друга Українська Народна Республіка (Директорія) не мала змоги вистояти в цій жорстокій боротьбі, до того ж в самому її проводі не було єдності. В Україні утвердилася більшовицька влада [1].

Стратегічною метою більшовицької партії було утримання та зміцнення своєї диктатури, заради чого застосовувалися будь-які засоби. Вже на кінець 1919 р. Радянська Росія одержала вирішальні перемоги над силами білих і місцевих національно-регіональних політичних структур, зокрема над українською Директорією. Восени 1920 р. завершилася війна з Польщею, більшовикам вдалося заволодіти Кримом.

Але після цього більшовицька влада опинилася віч-на-віч з не менш складними проблемами, які вимагали термінового розв'язання [3, с. 7–65]. Передусім це стосувалося ставлення до селянства. Вже на початку Громадянської війни, за умов військового комунізму, в Росії було запроваджено продрозкладку, за якою у селян вилу-

чалися «надлишки» харчових продуктів. Такі акції викликали їх обурення, зокрема в Україні, сприяючи поширенню антибільшовицьких повстань. Після перемоги над білими арміями збереження системи військового комунізму вже нічим не можна було виправдати. В країні загострювався антагонізм між правлячим більшовицьким режимом та селянською масою. Повсталі селяни у 1920–1921 рр. утворювали цілі армії, що брали під свій контроль значні території. Селянські повстання були тим небезпечнішими, що незадоволення посилювалося також серед робітничого класу, в армії та на флоті. Зростало безробіття, продовольчі пайки урізалися. Робітники, що жили, як ніколи погано, все більше розчаровувалися у диктатурі більшовиків, обурюючись пільгами, які вже встигла призначити собі номенклатура, яка саме в ті роки формувалася як новий пануючий клас радянського суспільства.

Поширення селянських повстань та акцій протесту робітників і військових примусили Леніна піти на кардинальний перегляд політики, яка проводилася в роки Громадянської війни. Всупереч численним запереченням йому вдалося на Х з'їзді РКП(б), що розпочав роботу 8 березня 1921 р., провести рішення про заміну продрозкладки продовольчим податком, з введенням якого навесні 1921 р. розпочалася доба нової економічної політики (непу). Незабаром

було прийнято резолюції, які легітимізували свободу внутрішньої торгівлі, дрібне приватне підприємництво тощо. Попри те, що в країні починав лютувати голод, це сприяло оздоровленню економіки.

Х з'їзд РКП (б), що дав старт непу, також прийняв низку рішень, за якими значно зростала роль організаційних структур партії, зокрема Оргбюро і Секретаріату ЦК, підконтрольних Сталіну. Поєднання цих посад дозволяло йому від початку 20-х рр. тримати під безпосереднім особистим контролем усі вагомні партійні, адміністративні, господарчі та військові посади і забезпечувати собі на партійних конференціях і з'їздах більшість при голосуванні. Це, а також його особисті якості, хвороба Леніна і неспроможність тодішніх його конкурентів грати за визначеними ним правилами, забезпечили йому шлях до вершини самовладдя в партії та державі.

В 1922 р. на перший план висунуто питання про юридичне оформлення взаємовідносин між Радянською Росією та іншими радянськими республіками – Україною, Білорусією, Азербайджаном, Грузією та Вірменією, а також Хорезмською та Бухарською народними республіками. Сталін як нарком з національних питань розробив план їх включення до складу Радянської Росії на правах автономій. Але проти сталінського проекту з ідеєю «автономізації» рішуче виступив Ленін. В результаті 30 грудня 1922 р. було проголошено утворення СРСР у складі Російської СФРР, Української СРР, Білоруської СРР та Закавказької СФРР, яка на той час об'єднувала Азербайджан, Вірменію та Грузію. При цьому залишався диктат РКП(б) на всіх їх територіях, оскільки партія

залишалася єдиною, і комуністи національних республік, які займали керівні пости в них, були змушені проводити партійний курс, прийнятий у Москві.

21 січня 1924 р. помер Ленін, і реальна влада зосередилася в руках Сталіна, який заповнював своїми прихильниками вищі управлінські ланки. Так утворювався новий, пануючий, клас – номенклатура. Крилата сталінська фраза «кадри вирішують все» була для її автора керівною у практичній діяльності. Ці кадри він старанно вивчав, просіював крізь сито власних інтересів і розміщував на відповідальних посадах. Цим він формував нову для країни систему підбору керівних кадрів – тих, які одноставно підтримували його на партійних з'їздах і на місцях у роки стрімкого сходження до висот одноосібної влади. Про те, що керівна роль партії полягає не тільки в директивах, а й в тому, що вона ставить на керівні посади своїх людей, Сталін відверто сказав на XII з'їзді РКП(б) у квітні 1923 р. Там він також заявив, що в національному питанні у партії існують два ухили – великодержавний шовінізм і місцевий націоналізм, з якими необхідно боротися.

Ще за життя Леніна в партії розгорнулася запекла боротьба за спадкоємництво влади, в якій переможцем вийшов Сталін. Напередодні XIV з'їзду РКП(б), яку на ньому було перейменовано на ВКП(б), у парторганізаціях проведено чистку, спрямовану на виключення з партійних лав усіх опозиційних до Сталіна елементів. Це, як і відповідний підбір делегатів, забезпечило йому повну перемогу на XIV партійному з'їзді у грудні 1925 р. XV з'їзд ВКП(б) у грудні 1927 р. прийняв по звіту ЦК і по господарських питаннях резолюцію, за якою було ліквідо-

вано неп та взято курс на суцільну колективізацію, що передбачав рішучий наступ на міцні, «куркульські», господарства. Добивши «об'єднану опозицію», Сталін розпочав реалізовувати антиринкову програму.

Таким чином, з початку 1928 р., коли в країні все виразніше почала розгортатися економічна криза, в руках Сталіна зосередилася майже необмежена влада. Він взяв курс на згортання непу, широку індустріалізацію та суцільну колективізацію селян [4, 5].

На цьому тлі загальносоюзних подій відповідні процеси розгорталися і в Україні, яку більшовики міцно утримували принаймні з середини 1920 р. Враховуючи настрої більшості населення ледве приборканої країни, її більшовицьке керівництво, яке обрало своєю столицею Харків, зовнішньо зберігало атрибути суверенної держави. Так, за договором з Радянською Росією до компетенції її центральних органів передавалися сфери оборони, зовнішньої торгівлі, фінансів, зв'язку, але за Україною залишався контроль над охороною здоров'я, освітою та культурою. Вона зберігала навіть власний наркомат закордонних справ, який вступав у дипломатичні зв'язки з іншими країнами.

Зацікавлені в поширенні свого впливу на україномовні маси більшовики активно залучали до своєї партії вихідців з цього середовища, які, в свою чергу, завдяки партквитку та зв'язкам з новими володарями країни, забезпечували собі кар'єру та добробут. Так, якщо в 1923р. українці складали тільки 35% серед державних службовців і 23% серед членів партії, то в 1927 р. їх кількість зросла відповідно до 54% та 52%. Паралельно розширювалася сфера використання української мови в партійно-державних установах. У

1922 р. українською велося 20% державної документації. У серпні 1923р. працівники партійних і державних органів отримали наказ пройти спеціальні курси української мови. А в 1927 р. Л.М. Каганович, призначений 1925 р. першим секретарем ЦК КП(б)У, заявив, що все партійне діловодство має вестися українською. Ця політика проводилася значною мірою під впливом авторитетного тоді М.О. Скрипника, який 1927 р. очолив Наркомат освіти України. Але не варто забувати, що КП(б)У залишалась як до, так і після утворення СРСР, тільки територіальною філією РКП(б) / ВКП(б). Тому ні про яку реальну самостійність українського уряду в принципі не йшлося. Інша річ, що до кінця 20-х років центральне керівництво партії було змушено через тактичні міркування миритися з деякою самостійністю України і проведенням в ній, як і в інших радянських республіках, політики «коренізації» (українізації).

Проте впродовж усіх 20-х років репресії проти інтелігенції в Україні не припинялися, однак, їх масштаби не йшли ні в яке порівняння з тим, що почалося трохи пізніше. Із закінченням Громадянської війни розстріли та катування дещо вщухли, але комуністи взяли за систематичну роботу по встановленню ідеологічного контролю над культурним життям України при усуненні з нього та залякуванні тієї частини інтелігенції, яка була пов'язана з політичними партіями, що діяли у попередні роки. Було прийнято постанову стосовно підпорядкування національно орієнтованих просвітницьких установ (просвіт) державним органам. Невдовзі у складі Наркомпросу України створено Головліт, з боку якого цензурі підлягала вся друкована продукція в Україні.

Ще в жовтні 1922 р. при ЦК РКП(б) У створено комісію по антирелігійній пропаганді та боротьбі з дрібнобуржуазною ідеологією, яка незабаром була поставлена під контроль Головного політичного управління (ГПУ). В грудні 1923 р., згідно з інструкцією Наркомпросу України, на місцях створюються комісії у справах «політпросвіти», до складу яких входять представники місцевих органів ГПУ.

Паралельно розгорталася і пряма політична репресія та політичні процеси. Зокрема, в березні–квітні 1924 р. відбувся голосний процес над кількома десятками людей, яких звинувачували у приналежності до підпільної шпигунської організації «Центр дії». Під час слухань деяких з них було звільнено, наприклад, В. Базилевича – секретаря Історичного товариства Нестора літописця та В. Романовського – директора Архіву давніх актів. Врешті-решт, перед судом постало 18 осіб, зокрема академік М.П.Василенко – один із її засновників УАН, і її президент у 1921–1922 рр. та міністр освіти і мистецтва України в 1918 р., його брат К.П. Василенко (один з перших київських марксистів соціал-демократичного спрямування), а також П. Смірнов, П.С.Тартаковський та ін. Перед будинком суду інспірувалися демонстрації «обурених трудящих», організовувалися наклепницькі публікації в пресі. Процес набув міжнародного резонансу. З проханням не виносити смертного вироку підсудним до українського керівництва звернувся французький прем'єр-міністр Р.Пуанкаре. Врешті-решт, вироки було винесено найсуворіші, але смертну кару замінено на тривалі строки ув'язнення, а М.П.Василенка наприкінці 1924 р. звільнено.

У першій половині 20-х років репресії зачепили також інженерно-технічну інтелігенцію України. В 1924–1925 рр. в Харкові та Катеринославі (нині Дніпро) проходили процеси над «спецами». В атмосфері роздмухування підозрілості, за умов періодичних провалів в економіці фахівців старої школи було зручно звинувачувати у «шкідництві» та «саботажі», що ширше почало практикуватися з кінця 20-х років. Більшовики жорстоко переслідували всіх, кого підозрювали у нелояльності, навіть коли жодних конкретних провин, доведених фактами, інкримінувати їм не могли [6].

Водночас процес зростання національної самосвідомості змушував більшовиків робити наголос на соціально-економічних питаннях, декларативно визнавати право української нації на власну державність, водночас протиставляючи їй свій варіант української державності – УСРР, яка після 1922 р. перетворилася хоч і на залежну від Москви, але все ж, особливо до кінця 20-х рр., відносно автономну адміністративно-політичну систему з власним культурним і науковим життям.

Необхідно зазначити, що в 20-і роки відбулося становлення організаційної структури радянської науки [7, 8]. Ще у 1918 р. створено науковий відділ Народного комісаріату освіти (з 1922 р. Головна наука) та науково-технічний відділ Вищої ради народного господарства (ВРНГ), на які покладено наукове забезпечення роботи промисловості та координація науково-технічних розробок. В 1918–1920 рр. організується низка наукових інститутів, зокрема фізичних – Державний оптичний інститут (науковий керівник Д.С. Рожественський), Інститут біологічної

фізики (з 1927 р. – Інститут фізики і біофізики) (П.П.Лазарєв), Ленінградський фізико-технічний інститут (ЛФТІ) (А.Ф.Йоффе) та Радієвий інститут (В.І. Вернадський). Поряд з цим при наркоматах і відомствах створюються свої науково-технічні підрозділи. До 1925 р. в промисловості налічувалося близько 30 науково-дослідних інститутів. В 1922–1924 рр. при Раднаркомі РР-СФР діяв Особливий тимчасовий комітет по науці для забезпечення єдиної наукової політики в країні, в тому числі в ідеологічному сенсі.

Тривав розвиток Російської академії наук, в якій створено Інститут фізико-хімічного аналізу (М.С. Курнаков, 1918 р.), Фізико-математич-

ний інститут (В.А.Стеклов, 1921 р.), Фізіологічний інститут (І.П. Павлов, 1925 р.) та ін. Вона стала координуючим органом діяльності цих наукових структур (з 1925 р. – АН СРСР).

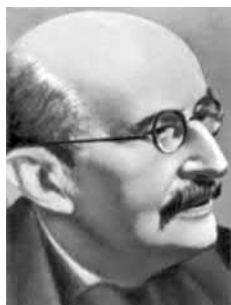
Важливу роль для діяльності науково-дослідних установ Радянського Союзу відіграла постанова Раднаркому СРСР від 7 серпня 1928 р., в якій визначено принципи організації наукових робіт, систему науково-дослідних установ, завдання щодо перебудови наукової діяльності, наголошено на необхідності ліквідації нерівномірного розміщення науково-дослідних інститутів, недостатньої плановості в дослідницьких роботах, відірваності деяких тем від потреб народного господарства.

Світова фізика в першій чверті ХХ ст.

В світовій фізиці це був етап переходу до нової, неklasичної, фізики, який започаткували експериментальні відкриття на рубежі століть, що не знаходили пояснення в класичній науці, а також квантова теорія (М. Планк, 1900 р.) і спеціальна теорія відносності (А. Ейнштейна, 1905р.). На цьому етапі було висунуто чимало ідей, теорій і понять, не сумісних з класичними, а також нові способи мислення, які докорінно

змінити її обличчя та дух у цілому. Становлення нової фізики проходило від знаком ідей квантів, релятивізму, ядерної фізики та фізики низьких температур і конденсованого стану [9, 10].

Так, спеціальна теорія відносності (СТВ) переглянула низку основних положень і понять механіки Ньютона, передусім абсолютного простору і часу, запровадила нові просторово-часові уявлення (відносність дов-



М. Планк



А. Ейнштейн



А. Пуанкаре



Г. Мінковський

жини, часу та одночасності А. Пуанкаре), замінила перетворення Галілея преретвореннями Лоренца, ставши новою фізичною теорією простору – часу. СТВ просто пояснила результати експериментів Фізо, Майкельсона–Морлі, низку інших ефектів, дала нові вирази для імпульсу та енергії (М. Планк, 1906 р.) і встановила закон взаємозв'язку маси з енергією (А. Ейнштейн, 1905 р.), за яким маса тіла постала як міра його енергоємності (атомної енергії). В СТВ простір і час виявилися органічно взаємопов'язаними між собою, що впливало з перетворень Лоренца. Щоб відобразити математично цей внутрішній взаємозв'язок, Г. Мінковський в 1908 р. висунув ідею об'єднання трьох вимірів простору і час в один чотиривимірний «простір-час», інакше кажучи запровадив абстрактний чотиривимірний просторово-часовий континуум, у якому справедлива псевдоевклідова геометрія. В результаті він надав СТВ завершеної логічної і математичної форми, розвинувши її чотиривимірний апарат і показавши, що СТВ можна розглядати як геометрію простору-часу. Однак СТВ не відкинула закономірностей, встановлених класичною механікою, а тільки уточнила їх на випадок руху з швидкостями, порівняними з швидкістю світла. На її основі було створено нову механіку – релятивістську, яка при малих швидкостях переходить у ньютонівську.

Ревізію понять простору й часу А. Ейнштейн продовжив у наступні роки, поширивши СТВ на неінерціальні системи шляхом узагальнення принципу відносності. Ще в ньютонівській теорії тяжіння вважалося, що гравітаційна маса тіла дорівнює його інертній масі (підтверджено в 1889 р.

експериментально Р. Етвешом), з чого, як показав А. Ейнштейн, впливала глибока аналогія між рухом тіл у гравітаційному полі та їх рухом у прискореній системі відліку. В статті «Про принцип відносності та його наслідки» (1907) він припустив «повну фізичну рівноцінність гравітаційного поля і відповідного прискорення системи відліку», вважаючи однорідне поле тяжіння ідентичним рівномірно прискореній системі відліку, що означало еквівалентність сил інерції в ній силам гравітаційного поля (еквівалентність гравітації та інерції).

В статті 1913 р. «Проект узагальненої теорії відносності та теорії тяжіння (спільно з М. Гроссманом) він прямо стверджував, «що пропорційність інертної і важкої мас є точним законом природи (принцип еквівалентності Ейнштейна) і поклав його в основу своєї загальної теорії відносності (ЗТВ) – нової теорії гравітації. Розробку її він завершив 1915 р., а наступного року виклав докладніше, до того ж показавши, як з неї можна одержати теорію гравітації Ньютона, та передбачив гравітаційні хвилі.

ЗТВ встановила зв'язок між простором-часом і матерією, за яким остання визначає геометрію простору-часу, та показала, що сила тяжіння є наслідком викривлення простору-часу розподіленими в ньому масою та енергією. Інакше кажучи, ЗТВ об'єднала теорію простору і часу з теорією тяжіння. Для перевірки своєї теорії А. Ейнштейн запропонував три ефекти: викривлення світлового променя в гравітаційному полі Сонця, зміщення перигелію Меркурія та гравітаційне червоне зміщення. Експерименти показали, що ці ефекти справді існують і кількісно правильно передбачені теорією. На базі ідей, ре-



О.О. Фридман



Ж. Леметр



Е. Хаббл



А. Зоммерфельд

зультатів і висновків СТВ і ЗТВ виникла нова, релятивістська, картина світу, яка замінила механічну та електродинамічну картини.

В 1917 р. А. Ейнштейн, виходячи з ЗТВ, побудував першу релятивістську модель Всесвіту, започаткувавши тим самим релятивістську космологію. Згідно з його моделлю, Всесвіт стаціонарний, незмінний і нескінченний в часі, подібну модель статичного Всесвіту незмінного об'єму з додатною кривиною того ж року висунув В. де Сіттер. В 1922–1924рр. О.О. Фридман знайшов нестационарні розв'язки рівнянь ЗТВ, з яких випливало розширення Всесвіту, тобто існування нестационарних космологічних моделей. В 1927–1931рр. Ж. Леметр побудував космологічну модель нестационарного типу (модель Леметра з зупинкою), в якій припустив (1931), що кілька мільярдів років тому вся речовина Всесвіту була сконцентрована в щільному згустку, який згодом вибухнув, давши початок нинішньому Всесвіту (модель Великого вибуху). Розширення Всесвіту підтверджено в 1925 р. (К. Віртц, К. Лунамарк) та 1929 р. (Е. Хаббл) явищем розбігання галактик, яке Ж. Леметр ідентифікував саме з розширенням Всесвіту. В результаті створення ЗТВ, відкриття розширення Всесвіту та розробка перших космо-

логічних моделей започаткували релятивістську космологію як сучасну науку про Всесвіт у цілому.

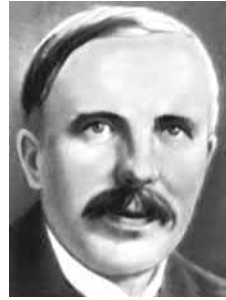
Перехід до нової фізики ще в більшій мірі зумовлювався ідеєю квантів, згідно з якою енергія випромінювання квантується, тобто енергія, як і матерія, має атомістичну, дискретну структуру. Її висунув 1900 р. М. Планк, запровадивши поняття кванта енергії E та фундаментальної сталої h , а також 1901 р. співвідношення $E=h\nu$ (тут ν – частота випромінювання), започаткувавши тим самим квантову теорію (Нобелівська премія з фізики 1918 р.). В 1905 р. А. Ейнштейн поширив ідею квантів енергії на сам процес випромінювання, ввівши уявлення про квантову структуру світла, розглядаючи його як потік нових частинок, згодом названих фотонами. Того ж року, виходячи з своєї концепції, він пояснив фотоефект, правило Стокса для флюоресценції та ін., чого не можна було зробити на основі класичної фізики (Нобелівська премія з фізики 1921 р.).

Квантова гіпотеза світла Ейнштейна водночас визнавала у нього і хвильові властивості, які проявлялися в нього в явищах інтерференції та дифракції, що дістало відображення в його ідеї 1909 р. про двоїсту природу світла. Тобто корпускулярні і хвильові

властивості світла — антиподи в класичній фізиці — виявилися сумісними в квантовій, притаманними світлу в однаковій мірі (дуалізм світла). В подальшому концепцію корпускулярно-хвильового дуалізму світла було поширено і на інші частинки — атоми, електрони, нейтрони та ін. Таким чином, квантова теорія ще яскравіше засвідчила розрив з класикою та внесла глибокі зміни в наше уявлення про навколишній світ.

Проникнення наукової думки в мікроструктуру матерії (мікросвіт) відбувалося в ядерній фізиці. Використовуючи α -частинки радіоактивного випромінювання як своєрідні атомні снаряди, Е. Резерфорд з учнями досліджував їх розсіяння атомами речовини. Грунтуючись на результатах експериментів Гейгера—Марсдена і намагаючись з'ясувати розсіяння α -частинок на значні кути (навіть на 180° , тобто назад при проходженні крізь тонкі шари речовин), Е. Резерфорд дійшов 1911 р. уявлення про ядерну модель атома. Згідно з нею, той складається з масивного ядра, в якому зосереджено майже всю його масу, оточеного електронами, сумарний негативний заряд яких компенсує позитивний заряд ядра, що робить атом електронейтральним (модель атома Резерфорда). Ядерна модель атома сприяла бурхливому розвитку ядерної фізики. Після цього і розвиток квантової теорії пішов у новому напрямку.

В 1913 р. Н. Бор включив у резерфордівську модель квантові ідеї, припустивши квантування рухів електронів в атомі, тобто ввів в атом дискретні рівні енергії (експериментально підтвержені в 1913—1914 рр. Дж. Франком і Г. Герцем). Він сформулював два квантові постулати, що



Е. Резерфорд



Н. Бор

характеризують особливості руху електронів в атомі (постулати Бора): 1) в атомі існують стани з дискретним набором енергій (стаціонарні стани), в яких він не випромінює; 2) випромінювання або поглинання енергії відбувається при переході з одного стаціонарного стану в інший у вигляді кванта енергії $h\nu$, яка дорівнює різниці енергій атома в стаціонарних станах E_1 і E_2 : $h\nu = E_1 - E_2$. Застосувавши свої квантові постулати до ядерної моделі атома Резерфорда, Н. Бор того ж року побудував першу квантову теорію атома водню (теорія атома Бора), яку 1916 р. удосконалив А. Зоммерфельд, ввівши у розгляд еліптичні орбіти (теорія Бора—Зоммерфельда). В результаті правила добору дозволених орбіт в атомі А. Зоммерфельд сформулював у загальнішій формі. Теорія Бора пояснила структуру атома та його стійкість, чимало закономірностей в атомних і молекулярних спектрах, властивості хімічних елементів.

В 1913 р. Е. Резерфорд і Дж. Неттол, досліджуючи розсіяння α -частинок у водні та гелії, дійшли висновку, що ядро атома водню має одиничний позитивний заряд $+1$, а наступного року Е. Резерфорд зазначив, що воно є тим «елементом, з якого складаються всі атоми», він також вперше обчислив і розміри ядра, наприклад, для радіуса ядра золота



Е. Лоуренс



Р. Ван де Граф

одержав значення $3 \cdot 10^{-12}$ см. Дослідження Е. Марседена 1914р. прямого зіткнення α -частинок з атомами водню привели його до відкриття нової частинки – протона, що є ядром атома водню.

В 1919 р. в експериментах з бомбардування α -частинками легких ядер Е. Резерфорд здійснив першу штучну ядерну реакцію: ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_7\text{O} + {}^1_1\text{H}$ та висловив ідею штучного прискорення заряджених частинок. З експериментів Резерфорда 1919–1925 рр. та їх фізичної інтерпретації бере початок концепція ядерних сил і сильної взаємодії. В 1924р. Е. Резерфорд і Дж. Чедвік дійшли висновку, що ядерні сили – короткодійчі і запропонували модель ядра та процесу його розпаду, в 1920р. він передбачив нейтрон та його значення в ядерній структурі.

Наприкінці 20-х років у рамках ядерної фізики зародилася прискорювальна техніка. Так, у 1927–1928 рр. в лабораторії Резерфорда Т. Аллібон виконав перші експерименти з одержання високошвидкісних електронів за допомогою електронних ламп високої напруги. Було запропоновано низку інших прискорювачів, зокрема в 1931 р. стали до ладу циклотрон, побудований Е. Лоуренсом і М. Лівінгстоном (Нобелівська

премія з фізики 1939 р. Е. Лоуренсу) та високовольтний електростатичний прискорювач, або генератор Ван де Графа (запропонований 1929 р. Р. Ван де Графом).

Тривав розвиток і квантової теорії. В 1916 р. А. Зоммерфельд, використовуючи свої правила квантування і релятивістську залежність маси електрона від швидкості, побудував теорію тонкої структури воднеподібних спектрів, у якій запровадив сталу тонкої структури (згодом одна з фундаментальних світових констант). Роботи Зоммерфельда 1915–1916 рр. сприяли створенню теорії багатократно періодичних систем, а 1919 р. вийшла в світ його основна праця «Будова атома і спектри», яка відіграла непересічну роль в розумінні й визнанні квантової теорії.

В 1918 р. Н. Бор сформулював важливий для квантової теорії принцип відповідності, за яким результати квантової і класичної теорій повинні збігатися, коли квантові ефекти малі. Цей принцип почали широко застосовувати при дослідженні будови багатоелектронних атомів та їх спектрів.

В 1921–1922 рр. Н. Бор, використовуючи свою модель атома та принцип відповідності, пояснив будову атомів і їх властивості та заклав основи фізичного тлумачення періодичного закону хімічних елементів і пояснив особливості періодичної системи.

Однак незважаючи на окремі здобутки квантової теорії, вона була внутрішньо суперечливою, оскільки їй був притаманний дуалізм ідейних основ. Адже вона штучно об'єднувала класичні поняття і закони з чужими їй квантовими положеннями, як правило, розрахунок складних атомних моделей методами старої механіки

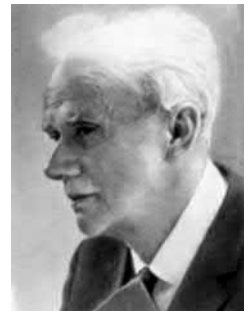
доповнювався квантовими умовами. Тому, зокрема, при розрахунку термів атома гелію фізиків спіткала невдача, і ще очевиднішою стала обмеженість існуючої теорії. На разі все необхіднішою ставала потреба в новій атомній теорії, для якої вже 1924 р. М. Борн запровадив термін «квантова механіка».

І таку теорію наступного року було створено, в якій фігурували тільки спостережувані величини, а не частоти та розміри електронних орбіт (В. Гейзенберг). Фізичні величини в ній було представлено набором комплексних чисел, залежних від часу з своєрідним правилом їх множення. Ця теорія Гейзенберга дістала назву квантової механіки в матричній формі (Нобелівська премія з фізики 1932 р.). В ній рівняння руху в атомних явищах зводилося до певних задач алгебри і математичного аналізу. Перше застосування матричної механіки Гейзенберга виконав В. Паулі, яке доводило правильність теорії. Відштовхуючись від ідей Гейзенберга, П. Дірак узагальнив його теорію, побудувавши так звану алгебру q -чисел (квантова механіка Дірака) (Нобелівська премія з фізики 1933 р.). Важливе місце в новій механіці зайняли поняття спіну електрона (С. Гаудсміт і Дж. Уленбек, 1925 р.) та принцип Паулі (1925) (Нобелівська премія з фізики 1945 р. В. Паулі). В 1926 р. М. Борн і Н. Вінер розробили операторне числення (замінили матриці операторами), узагальнивши матричну механіку на системи частинок з неперервним спектром, що уможливило описання також аперіодичних процесів.

Одночасно з розробкою квантової механіки в матричній формі проходив процес її створення в хвильовій. Відштовхуючись від ідеї А. Ейнштей-



В. Гейзенберг



П. Дірак

на 1909 р. про дуалізм світла, Л. де Бройль у 1923–1924 рр. припустив, що всі мікрочастинки, а не тільки світло (фотони) мають також хвильові властивості, співставши кожній мікрочастинці хвилю певної довжини: $\lambda = \frac{h}{mv}$ (тут λ – довжина хвилі де Бройля, m і v – відповідно маса і швидкість частинки, h – квант дії, $h = \frac{h}{2}$) (Нобелівська премія з фізики 1929 р.). В 1927 р. експериментально доведено існування таких хвиль одержанням інтерференції (дифракції) електронів.

Виходячи з концепції Л. де Бройля про хвилі матерії та аналогії між класичною механікою і геометричною оптикою, відкритою У. Гамільтоном ще 1834 р., Е. Шредінгер на початку 1926 р. вивів рівняння, що описувало поведінку хвиль де Бройля, пов'язаних з частинками, запровадивши при цьому хвильову, або Ψ -функцію (пси-функцію). Рівняння Шредінгера стало математичним вираженням фундаментальної властивості мікрочастинок – корпускулярно-хвильового дуалізму та основою нерелятивістської квантової механіки в хвильовій формі (хвильової квантової механіки), яка відразу здобула набагато більшу популярність, ніж дві інші форми квантової механіки, при розв'язанні значного кола



Л. де Бройля



Е. Шредингер



М. Борн



П. Йордан

квантово-механічних задач (Нобелівська премія з фізики 1933 р.). Того ж року доведено математичну еквівалентність матричної та хвильової механіки.

В 1926 р. М. Борн розкрив фізичний зміст Ψ -функції, давши їй статистичне тлумачення (Нобелівська премія з фізики 1954 р.), це було першим кроком на шляху імовірнісної інтерпретації квантової механіки в цілому, яке здійснив 1927 р. П. Дірак. Того ж року В. Гейзенберг сформулював фундаментальне положення квантової механіки – принцип невизначеності, давши співвідношення невизначеності: $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar / 2\pi$ (тут Δp і Δx – відповідно невизначеності в значеннях імпульсу та координатах частинки), який розкрив фізичний зміст рівнянь квантової механіки, її зв'язок з класичною та обмеженість застосування класичних понять і уявлень до мікрочастинок. В наступні роки було дано строге математичне формулювання принципів квантової механіки. В результаті розроблено завершено, логічно несуперечливу систему ідей, методів і принципів релятивістської квантової механіки, яка відразу дістала широке застосування для розв'язання багатьох задач атомних явищ та одержала важливі результати.

В 1927 Р.Оппенгеймер розробив теорію процесу проходження мікрочастинки крізь потенціальний бар'єр – ділянку простору, де потенціальна енергія частинки більша за її повну енергію. Це явище дістало назву тунельного ефекту, який має виключно квантову природу. Цим ефектом пояснили α -розпад ядер (Г.А. Гамов незалежно від Р. Гьорні і Е. Кондона, 1928 р.), автоелектронну емісію з металів (Р. Фаулер, Л. Нордгейм, 1928 р.) та ін.

Тоді ж незалежно А. Зоммерфельд (1927) і Я.І. Френкель (1928) розробили квантову теорію електропровідності металів, В. Гейзенберг і Я.І.Френкель – квантову теорію феромагнетизму (1928), Р. Пайерлс – теорію теплопровідності неметалічних кристалів (1931), Ф. Блох започаткував зонну теорію твердих тіл (1928–1930).

В 1927 р. П. Дірак, застосувавши квантову механіку до електромагнітного поля як до системи з нескінченною кількістю степенів вільності побудував квантову теорію випромінювання, запровадивши у розгляд новий фізичний об'єкт – квантоване поле та започаткувавши тим самим квантову теорію поля і квантову електродинаміку. В 1928–1932 рр. В. Гейзенберг, В. Паулі, П. Йордан,



П. Дебай



Ш. Бозе



Г. Камерлінг-Оннес



Г. Холст

Е. Фермі, В.О. Фок та ін. заклали їх основи. В своїй теорії випромінювання П. Дірак показав тотожність квантів первинного (збуджуючого) і вимушеного випромінювань, що в подальшому лягло в основу квантової електроніки. В 1928 р. він вивів рівняння, яке описувало рух релятивістського електрона в силовому полі (рівняння Дірака), яке започаткувало релятивістську квантову механіку та теорію елементарних частинок.

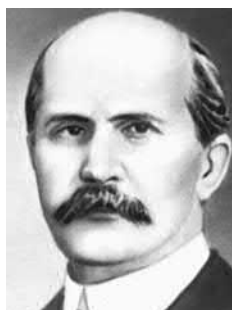
Використання квантових ідей в статистичній фізиці привело до формування квантової статистичної фізики, в рамках якої започатковано квантову теорію теплоємності твердих тіл (А. Ейнштейн, 1907 р., 1911р.); зокрема в цих працях містилися також модель кристалічної ґратки і в неявному вигляді – поняття фонона,

в явному вигляді уявлення про фонони запровадили 1912 р. П. Дебай і незалежно М. Борн і Т. Карман.

В 1924–1925 рр. А. Ейнштейн, використовуючи метод Бозе, побудував квантову теорію одноатомного ідеального газу, звідси і назва – статистика Бозе–Ейнштейна. В цих працях Ейнштейна містилися також важливі поняття – вироджений газ, конденсація Бозе–Ейнштейна та ін. В 1926 р. теорію ідеального одноатомного газу також побудували незалежно Е. Фермі та П. Дірак, у якій започаткували нову статистику (статистика Фермі–Дірака). З цієї статистики та принципу Паулі згодом виникли важливі для квантової теорії твердого тіла поняття – Фермі-газ, Фермі-енергія, Фермі-рівень, Фермі-частинка, або ферміон. В 1927–1932 рр. Дж. фон Нейман і



М. Лауе



Г. Брегг



Л. Брегг



В. Гесс



В. Кеезом



М. Вольфке



Ф. Астон



Г. Мозлі

в 1929–1930 рр. П. Дірак завершили формування основ квантової статистичної фізики. В результаті було створено квантово-релятивістську картину світу.

На цьому етапі було започатковано і фізику низьких температур та конденсованого стану речовини, одержанням в липні 1908 р. Г. Камерлінг–Оннесом рідкого гелію (Нобелівська премія з фізики 1913 р.). Опанувавши новий температурний інтервал – в 1908 р. він одержав температуру 1,72 К, у 1909 р. – 1,38 К, 1910 р. – 1,04, 1919 р. – 1,00 і 1922 р. – 0,83 К і приступив до досліджень властивостей речовин при гелієвих температурах – термодинамічних, електричних, магнітних та оптичних. Так, в 1928 р. В. Кеезом і М. Вольфке при температурі 2,19 К відкрили існування рідкого гелію в двох станах – в стані вище температури переходу гелій І, в стані нижче цієї температури гелій ІІ. В 1932 р. В. Кеезом і К. Клузіус виявили аномалії в температурній залежності питомої теплоємності рідкого гелію, встановивши точку (λ -точку), де відбувається її стрибок – λ -перехід (температура 2,19 К). Цей факт змусив П. Еренфеста розглянути тип переходу, в результаті було запроваджено поняття переходів І і ІІ роду, при цьому λ -перехід стали тлумачити як фазовий перехід ІІ роду в рідкому гелії.

В 1911 р. Г. Камерлінг–Оннес з Г. Холстом відкрив явище надпровідності – зникнення опору деяких металів при зниженні температури, зокрема ртуті при температурні 4,19 К. В подальшому він зі співробітниками відкрив це явище в інших металах і почав вивчати надпровідний стан при великих струмах і сильних магнітних полях, зокрема в 1913 р. відкрито руйнування надпровідності струмом, 1914 р. – магнітним полем, цього ж року створено перший надпровідний магніт на основі свинцевого дроту тощо. Було проведено калориметричні, спектроскопічні та магнітні дослідження при низьких температурах, які започаткували низькотемпературні калориметрію, спектроскопію та магнетизм. Зокрема, Г. Камерлінг–Оннес і Ж. Бекерель, вивчаючи спектри поглинання кристалів рідкісних земель в магнітних полях при низьких температурах, відкрили їх спрощення при зниженні температури (при 4,2 К вони виявилися дуже простими).

В 1912 р. відкрито дифракцію рентгенівських променів (М. Лауе, В. Фрідріх, П. Кніппінг) (Нобелівська премія з фізики 1914 р. М. Лауе), космічні промені (В. Гесс) (Нобелівська премія з фізики 1936 р.), 1912 р. Дж.Дж. Томсоном започатковано мас-спектроскопію, розви-

нату Ф. Астоном, 1913 р. – рентгеноструктурний аналіз (Г. Брегг, Л. Брегг) (Нобелівська премія з фізики 1915 р.), 1913–1914 рр. Г. Мозлі – рентгенівську спектроскопію.

Організаційні форми науки в Україні в 20-х роках

Нанесення значного матеріального збитку протягом попередніх років вищим навчальним закладам України, зокрема їх кабінетам, лабораторіям, бібліотекам, порушення їх наукових зв'язків з іншими закладами, інституціями та окремими вченими загальмувало на якийсь час в Україні розвиток науки й підготовку для неї кадрів. Не могла поживити наукову роботу, особливо в галузі природничих і технічних наук, і створена в листопаді 1918 р. *Українська академія наук*, яка сама в наступні роки ледве виживала [2, 11].

Як зазначалося вище на початку ХХ ст. в Україні існувала досить розгалужена система вищих навчальних закладів підготовки кадрів для господарства, освіти, науки і культури, де проводилася також певна наукова робота, і низка українських вчених зробила помітний внесок у розвиток світової науки. Інакше кажучи, на початку ХХ ст. в Україні в контексті зростання національної самосвідомості та боротьби за здобуття національної незалежності існували всі умови для створення власної найвищої наукової установи – Української академії наук, яка на якісно нових засадах, проте за допомогою держави, об'єднала би провідних учених країни, забезпечивши їм успішну наукову діяльність, та організувала широку мережу науково-дослідних інститутів і установ найрізноманітнішого профілю [11, 12].

Створення Української академії наук гаряче підтримував відомий український історик і громадський діяч

Таке коротке резюме основних результатів одержаних всесвітньою фізикою в першій чверті ХХ ст., напередодні створення в Україні сучасних фізичних інститутів.

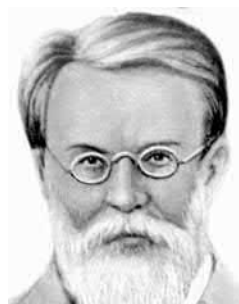
М.П. Василенко, який чимало зробив для її реалізації. Як міністр народної освіти і мистецтва в уряді гетьмана П.П. Скоропадського він відразу розпочав роботу по заснуванню Академії. З його ініціативи в Міністерстві 8 червня 1918 р. організовано Комісію для розробки законопроекту по створенню Української академії наук у Києві, яку очолив відомий російський вчений, член Петербурзької Академії наук В.І. Вернадський – палкий прихильник Академії як державної установи, де проводилися би дослідження в галузі соціогуманітарних, природничих і технічних наук. Ця концепція кардинально відрізнялася від поглядів М.С. Грушевського, який вважав, що Академія має бути громадською асоціацією вчених і в ній повинні переважно розвиватися гуманітарні науки. Відкриваючи 9 липня 1918 р. перше засідання Комісії, М.П. Василенко, зокрема, сказав:

«Утворення Української академії наук має і велике національне значення, бо ще й досі є багато людей, які скептично і з насмішкою відносяться до українського руху та відродження, не мають віри в життєві сили українського народу, не вважають можливим розвиток української мови і науки. Для тих же, хто вірить в життєздатність українського народу, ... утворення Академії наук має величезну вагу, являється національною потребою і черговим питанням» [12, с. 31].

На засіданні Комісії своє бачення завдань і структури УАН виклав В.І. Вернадський. Він зазначив, що академії наук ХХ ст. не можуть будуватися на зразок старих академій, які були тільки науковими товари-



М.П. Василенко



В.І. Вернадський

ствами або своєрідними гуртками вчених. УАН не може походити на них, вона повинна складатися з груп учених, діяльність яких фінансує держава, які займаються науковою працею як важливою державною справою, і в її структурі повинні бути численні установи дослідницького характеру.

За період роботи Комісії до неї було подано близько 30 доповідних записок з обґрунтуванням необхідності створення низки академічних установ. 17 вересня 1918 р. вона завершила роботу. Було підготовлено «Законопроект про заснування Української академії наук у Києві», проект Статуту і штатів Академії, розрахунок її витрат на жовтень – грудень 1918 р., а також пояснювальні записки для низки інститутів, лабораторій, комісій, музеїв тощо [12]. В «Пояснювальній записці до законопроектів про заснування Української академії наук у Києві», поданої до Ради Міністрів, підкреслювалось національне і державно-економічне значення для України створюваної Академії та розкривалися причини, які робили цей захід необхідним.

Підготовлений законопроект і супровідні матеріали було розглянуто в Раді Міністрів і схвалено, а 14 листопада 1918 р. гетьман П.П. Скоро-

падський затвердив «Закон про заснування Української академії наук у м. Києві» [12, с. 35–36], також Статут і штати УАН та її установ. У Статуті чітко визначався статус і завдання УАН.

«§1. Українська академія наук у Києві є найвища наукова державна установа на Україні, що перебуває в безпосередньому віданню верховної власті.

§2. Українська академія наук у Києві: а) намагається поширювати, поглиблювати і розповсюджувати наукові дисципліни, а разом і збагачувати їх новими відкриттями на користь людності; б) пособляє об'єднанню та організуванню наукової праці на Україні та допомагає витворенню дослідничих інститутів для всіх паростей людського знання; в) як найвища українська наукова національна установа Академія, визнаючи українську національну культуру з її оруддям – українською мовою, ставить собі на меті, окрім загально-наукових завдань, виучувати сучасне і минуле України, української землі та народу» [2, с. 96].

Також 14 листопада 1918 р. видано Указ гетьмана про призначення перших дійсних членів (академіків) УАН. Ними стали Д.І. Багалій, А.Ю. Кримський, М.І. Петров, С.Й. Смаль-Стоцький (по Відділу історично-філологічних наук); В.І. Вернадський, С.П. Тимошенко, М.Ф. Кашенко, П.А. Тутковський (по Відділу фізично-математичних наук); М.І. Туган-Барановський, Ф.В. Тарановський, В.А. Косинський, О.І. Левицький (по Відділу соціальних наук). Кандидатури академіків першого складу для затвердження було рекомендовано Комісією. 27 листопада 1918 р. відбулося перше Спільне зібрання УАН (8 академіків з 12), на якому головою-президентом Академії обрано В.І. Вернадського, неодмінним секретарем – А.Ю. Кримського. Цього ж дня відбулися засідання II та III Відділів УАН. Головою II Відділу обрано М.Ф. Кашенку, III – М.І. Тугана-Барановського. Перше засідання I Відділу відбулося 8 грудня 1918 р., на ньому головою обрано Д.І. Багалія. Всі

ці обрання невдовзі затверджено відповідними указами гетьмана. Так, у листопаді 1918 р. створено Українську академію наук у Києві, що, безумовно, стало винятковою і важливою подією в історії культури і науки України.

В структурі УАН на початку її діяльності була низка комісій, комітетів, три наукові інститути, в тому числі Інститут технічної механіки, низка інших структур. Проте соціально-політичні умови, що склалися в Україні, не сприяли її розвитку, зокрема постійне скорочення фінансування і штатів. Важкий стан, у якому перебувала Академія, визнавали і можновладці.

«Внаслідок відсутності живих сил, років голоду й повної відсутності бюджету, – писав у доповідній записці наркомові освіти УСРР В.П. Затонському завідувач Управлінням наукових установ Наркомосу Я.П. Ряппо, – у 1921–1923 рр. Академія перебувала у згорнутому стані (на консервації). Таку лінію було прийнято Наркомосом відповідно до вказівок директивних органів, і вона була єдино правильною. Радянська влада не мала ще ні відповідних матеріальних ресурсів, ні живих сил, щоб проводити активне будівництво Академії наук. У 1923–1924 рр. Академія одержує перший скромний бюджет і невелику друкарню (у Лаврі) для друкування наукових праць. Внаслідок мізерних коштів (академіки мали ставку в 55 крб.) про поживлення говорити ще не доводиться» [2, с. 158].

Проте в занедбаному стані наука України перебувала недовго. Перелом відбувся наприкінці 20-х років, коли українські можновладці зрозуміли, що сучасна наука вимагає належного фінансування і конче потрібна для розвитку промисловості, транспорту, сільського господарства, військової техніки. При цьому основною науковою структурою має стати науково-дослідний інститут як оптимальна форма організації досліджень, що давно зарекомендувала себе на заході, і широка мережа таких структур повинна забезпечити розвиток науки

в республіці. Про це свідчив і світовий досвід.

Так, ще другій половині XIX ст. в організації фізичних досліджень Західної Європи відбулися значні зміни. Поширення дістали фізичні лабораторії, які прийшли на зміну традиційним фізичним кабінетам, виникли фізичні інститути, призначені спеціально для проведення широких і систематичних фізичних робіт, а при них колоквиуми (семінари), з'явилися фізичні товариства і спеціалізовані фізичні журнали.

Перші фізичні лабораторії організовані в 30-і роки XIX ст. в Лейпцизькому та Геттінгенському університетах. На початку 40-х років Г. Магнус у Берліні, а Ф. Нейман у Кенігсберзі відкрили приватні лабораторії для проведення фізичних робіт студентів і практикантів.

В 1846 р. фізичні лабораторії створено У. Томсоном в університеті в Глазго і Ф. Жоллі в Гейдельберзькому університеті. В 1863 р. на базі Лабораторії Магнуса організовано фізичну лабораторію в Берлінському університеті, 1868 р. – лабораторію в Паризькому університеті під керівництвом Ж. Жамена, 1871 р. – Кавендишському лабораторію в Кембріджському університеті на чолі з Дж. Максвеллом, 1872 р. – Кларендонську в Оксфордському університеті та лабораторію, ініційовану О.Г. Столетовим у Московському університеті, 1874 р. – лабораторію в Київському університеті на чолі з М.П. Авенаріусом.

Перші фізичні інститути відкрито в 1835 р. при Лейпцизькому університеті та 1850 р. – при Віденському, 1875 р. засновано Фізичний інститут на чолі з А. Тьоплером при Грацькому університеті, 1877 р. збудовано Фізичний інститут при Страсбурзько-

му університеті на чолі з А. Кундтом, відкрито також інститути при Берлінському, Паризькому та ін. університетах. В 1888 р. засновано перший фізико-технічний інститут у Шарлоттенбурзі, очолюваний Г. Гельмгольцем. У Росії перші фізичні інститути організовано в 1901 р. при Петербурзькому університеті, в 1904 р. — при Московському і 1906 р. — Новоросійському університеті в Одесі.

Перші фізичні колоквиуми вини-

кли в лабораторіях Магнуса (1803) і Г. Кірхгофа, але широкий розвиток дістали у А. Кундта в Страсбурзі. В Росії перший колоквиум організовано 1901 р. П.М. Лебедевим у Московському університеті. В 1856 р. почало діяти Берлінське фізичне товариство, в 1872 р. — Російське. В другій половині ХІХ ст. спочатку в Німеччині, а потім у США почали виходити спеціалізовані фізичні журнали.

Реформа вищої школи і науки в Україні

Однак українська влада проігнорувала зарубіжний досвід ведення науково-дослідної роботи і вдалася до власної моделі вищої освіти і науки. 5 лютого 1921 р. Раднарком УСРР прийняв постанову «Про науку та вищу школу», в якій, зокрема, зазначалося:

«...Вища школа та наукові заклади України, які пережили разом з цілою державою часту зміну влади та ще не встигли остаточно злучитися з робітничою і селянською масами, відстали від цього загального поступу російської науки. Тепер, коли перед всією Радянською Республікою ставиться практичне завдання найскорішою ходою поставити господарство на раціональні господарчі підвалини, Українська вища школа і всі наукові установи повинні зайняти відповідаюче їм положення. Рада Народних Комісарів, беручи до уваги важливість цієї задачі, доручає Народному комісаріату освіти представити звіт про стан Вищої школи та взагалі наукової праці на Україні й про ті технічні засоби, яких треба вжити, щоб утворити їх раціональну організацію та поставити в умови, котрі повинні, і Вищу школу й всю наукову працю зробити посередником для визволення пролетарських та селянських мас від темноти і нужди» [13, с. 51].

На виконання цієї постанови в 1921–1922 рр. в Україні проведено реформу вищої школи — університети реорганізовано в інститути народної освіти, при яких створено самостійні наукові структури — науково-дослідні кафедри [14]. Завдання кафедр, їх від-

носини з іншими організаціями регламентувалися відповідним положенням. Для контролю за їх діяльністю у квітні 1921 р. на правах відділу Наркомпросу України створено Науковий комітет, у веденні якого повинні були перебувати Всеукраїнська академія наук (ВУАН), наукові інститути та науково-дослідні кафедри.

Першочерговими завданнями науково-дослідних кафедр були — концентрація наукових сил і ресурсів, створення початкової технічної бази для експериментальних досліджень, формування бібліотечних фондів, організаційні заходи щодо використання устаткування, що збереглося у фізичних лабораторіях вишів та ін. [15].

«В існуючій системі професійно-технічної та спеціальної наукової освіти науково-дослідні кафедри стали завершальною надбудовою над вузами, — писав професор С.Ю. Семковський у статті «Завдання науково-дослідних кафедр». — Відповідно до цієї системи, відокремлення власне дослідницької роботи від звичайного типу викладацької роботи не має на увазі відірвати викладання від наукової основи... Але над науково-навчальною роботою звичайного, так би мовити, середнього типу, ця система ставить концентровану науково-дослідну роботу у власному сенсі, вільну від турбот про викладання, спрямовану на вишукання й перевірку нових методів, прокладання нових шляхів у науці» [15, с. 12–13].

Було визначено 9 типів кафедр, у тому числі фізико-математичних. Першими такими кафедрами, організованими в 1921 р., стали Київська науково-дослідна кафедра фізики з експериментальною базою при Київському політехнічному інституті (керівник О.Г. Гольдман) та аналогічна кафедра при Харківському університеті (керівник Д.А. Рожанський). В 1922 р. створено кафедру математичної фізики ВУАН на чолі з академіком ВУАН М.М. Криловим. Протягом 1922р. Науковий комітет затвердив 32 науково-дослідні кафедри в Харкові, в 1923 р. ще 47 кафедр у різних містах України – Харкові (4), Києві (18), Одесі (15), Катеринославі (8), Ніжині (1), Кам'янці-Подільському (1) [16].

У листопаді 1924 р. здійснено реформу Наркомпросу України. Науковий комітет реорганізовано в Управління науковими установами (Укрнаука), до складу якого ввійшли секції науково-дослідних кафедр, наукових установ і наукових видань. Восени 1924 р. проведено переатестацію науково-дослідних кафедр, у ході якої аналізувалася тематика їх наукових праць та актуальність. В 1925–1926 рр. в Україні налічувалося 115 науково-дослідних установ, у тому числі 5 інститутів і 85 кафедр; в

1926–1927 р. – 140, у тому числі 10 інститутів і 90 кафедр.

До 1926 р. у систему науково-дослідних кафедр України в галузі фізико-математичних наук входили, крім Київської й Харківської науково-дослідних кафедр фізики, також Кафедра фізичної хімії при Харківському інституті народної освіти (ХІНО) (керівник Шукарев), Кафедра електронної хімії при Дніпропетровському гірничому інституті (керівник Л.В. Писаржевський), Кафедра електротехніки при Харківському технологічному інституті (керівник Копняєв) і Кафедра електротехніки при Київському політехнічному інституті (керівник А.К. Котельников).

В 20-ті роки науково-дослідні кафедри відігравали роль наукових центрів, що гуртували навколо себе дослідників-професіоналів і створювали наукову атмосферу, залучали молодих людей у науку та сприяли їх творчому зростанню. На цих кафедрах виконано дослідження, що згодом започаткували низку наукових напрямів, а деякі з них стали базою при організації науково-дослідних інститутів [17, 18]. Проте наприкінці 20-х років вже стало ясно, що вони вичерпали себе і необхідно переходити до нової форми організації науки – науково-дослідних інститутів.

Фізичні дослідження в Україні на науково-дослідних кафедрах фізики

Харківська науково-дослідна кафедра фізики [3, с. 97–106]. Як вже зазначалося, одну з перших в Україні науково-дослідних кафедр фізики організовано в грудні 1921 р. у Харкові при Харківському інституті народної освіти (ХІНО) під керівництвом Д.А. Рожанського. Заступником керівника кафедри був А.В. Желехівський,

дійсним членом – Д.С. Штейнберг, співробітниками – А.О. Слущкін, Р.Д. Пономарьов, Н.Ю. Помазанов і М.І. Сахаров. Роботи проводилися в частині невеликого приміщення фізичної лабораторії ХІНО, а деякі – в лабораторії Харківського технологічного інституту. Після від'їзду Д.А. Рожанського до Нижнього Новгороду

для роботи в радіолабораторії, а потім до Ленінграда Харківська науково-дослідна кафедра фізики була прикріплена як секція до науково-дослідної кафедри електротехніки при цьому інституті й фактично припинила свою роботу. В 1924 р. її офіційно закрито, а в січні 1926 р. відновлено за клопотанням Д.А. Рожанського як філію Київської науково-дослідної кафедри фізики. В 1924–1926 рр. центром фізичної науки Харкова був «гурток фізики» – колишній фізичний семінар, організований при кафедрі фізики Харківського університету ще 1910 р. О.П. Грузинцевим.

Незважаючи на організаційні труднощі співробітниками Харківської науково-дослідної кафедри фізики проведено кілька важливих досліджень. Після відновлення в складі її було 8 наукових співробітників і 9 аспірантів. Керував кафедрою, як і раніше, Д.А. Рожанський. З його допомогою кафедра встановила контакти з науковими та виробничими установами Ленінграда (Оптичним і Фізико-технічним інститутами, Трестом заводів слабкого струму), що дозволило проводити спільні дослідження, одержувати консультації кваліфікованих фахівців, користуватися добре обладнаними ленінградськими лабораторіями. Цим обставинам багато в чому зобов'язаний успіх експериментальних досліджень, що проводилися тоді на кафедрі. З організацією в Харкові в 1928 р. Українського фізико-технічного інституту (УФТІ) значна частина співробітників кафедри ввійшла до його складу і в середині 1930 р. кафедра припинила своє існування.

За час роботи кафедри її співробітники виконали та опублікували, головним чином у журналі «Українські фізичні записки» і «Журналі

російського фізико-хімічного товариства», 16 статей, присвячених електромагнітним коливанням, магнітним властивостям речовини й фізиці газового розряду. Особливе значення мали роботи з генерування електромагнітних коливань високої частоти, одержання та поширення радіохвиль у короткохвильовому діапазоні. Ініціатива цих досліджень, а також наукове керівництво ними повністю належать Д.А. Рожанському, який зробив значний внесок у розвиток вітчизняної радіофізики та радіотехніки [10].

РОЖАНСЬКИЙ Дмитро Аполлінарійович (1882–1936) – російський радіофізик. Народився в Києві в родині інженера-технолога. В 1899 р. вступив на фізико-математичний факультет Петербурзького університету, по закінченні якого 1904 р. був залишений при університеті для підготовки до професорського звання та працював також лаборантом на кафедрі фізики Електротехнічного інституту, якою завідував О.С. Попов. В 1906 р. Д.А. Рожанський продовжив навчання в Геттінгені, де працював у Н. Симона, 1908 р. повернувся до Петербурга в Електротехнічний інститут. Дослідження, виконані ним у ці роки, лягли в основу його дисертації, захищеної 1911 р. Після одержання ступеня магістра Д.А. Рожанський був затверджений приват-доцентом Харківського університету по кафедрі фізики. Крім курсу фізики, він читав тут курс метеорології та фізичної географії, а також був керівником фізичного семінару, завідував магніто-метеорологічним кабінетом і метеорологічною станцією. В 1912 р. був призначений екстраординарним професором по магніто-метеорологічному відділенню кафедри фізики, залишаючись завідувачем цим відділенням до осені 1914 р. З цього часу він завідував кафедрою фізики до 1921 р.

Вкрай обмежені можливості фізичної лабораторії Харківського університету гальмували розгортання наукової діяльності Д.А. Рожанського. У квітні 1919 р. він одним з перших взяв участь у роботі Нижньогородської радіолабораторії, а в 1923 р. за запрошенням А.Ф. Йоффе перей-

шов на роботу до Центральної радіотехнічної лабораторії в Ленінграді. З 1925 р. Д.А. Рожанський працював у Ленінградському фізико-технічному інституті, де очолював відділ коротких хвиль, та був професором Політехнічного інституту.

У наукових працях Д.А. Рожанського успішно поєднувалися теорія та експеримент, чиста наука й розв'язання практичних завдань, аж до їхнього технічного завершення. Багато в чому його роботи випередили закордонні дослідження й стали значним внеском у розвиток радіофізики та радіотехніки. Він зробив істотні удосконалення в конструкцію трубки Брауна, розробив методику фокусування електронного пучка, одержання швидкої розгортки, а також синхронізації її з досліджуванним коливальним процесом. Це дозволило йому вивчати коливання з частотою до $3,10^6$ Гц, що було значним тоді досягненням. Дисертація Д.А. Рожанського «Вплив іскри на коливальний розряд конденсатора» привернула увагу фізиків новизною своїх ідей. У ній він докладно вивчив процеси, що відбуваються в іскрі при високочастотному коливальному розряді, та показав визначальну ефективність іскрових передавачів. В 1910 р. йому за цю роботу присуджено премію імені О.С. Попова.

У роботі Д.А. Рожанського «Вплив іскри на коливання індуктивно зв'язаних вібраторів» (1912) дано елементарну теорію явища, відкритого М. Віном в 1906 р., і спосіб «ударного порушення коливань». Висновки теорії було експериментально підтверджено для коливань з довжиною хвилі близько 140 м. В 1913 р. вийшла його книга «Електричні промені», в якій викладено фізичні основи тогочасної радіотехніки.

У роботі «До теорії резонансних явищ» (1917) містився основний результат дослідження Д.А. Рожанського, присвяченого вивченню резонансних явищ при різних типах загасання коливань, підтверджений дослідними даними. В подальшому він узагальнив метод обчислення резонансних явищ на різні типи загасання. Ці результати він оприлюднив 1920 р. на I з'їзді Російської асоціації фізиків і опублікував 1922 р.

У Харківському університеті Д.А. Рожанський продовжував вивчення іскрового розряду, розпочате ще в Геттінгені, і провів низку інших досліджень, залучаючи до наукової праці не тільки співробітників кафедри, але й студентів. З 1913 по 1916 рік на кафедрі фізики під керівництвом Д.А. Рожанського вивчалися коливання у зв'язаних колах, властивості електричної дуги, вплив іскри на резонансні криві, розряд у розріджених газах, поглинання катодних променів речовиною, магнітна сприйнятливість деяких парамагнітних тіл та ін.. І після свого переїзду до Нижнього Новгорода в 1922 р., а потім до Ленінграда (1923) він продовжував підтримувати зв'язки зі своїми співробітниками та учнями в Харківському університеті, систематично приїжджав у Харків і всіляко допомагав їм у роботі. Кожний його приїзд вносив поживлення в роботу кафедри.

Д.А. Рожанський один з перших оцінив значення високих частот для подальшого розвитку радіотехніки. За його пропозицією в тематику Харківської кафедри фізики було включено роботи з методів генерування дециметрових і сантиметрових хвиль. Ці дослідження привели до створення в 1926 р. А.О. Слущкіним і Д.С. Штейнбергом магнетронного генератора [19].

Слід зазначити, що ідею магнетрона – керування інтенсивністю коливань в діоді змінним магнітним полем – висунув 1916 р. американський фізик А.Халл, а 1921 р. побудував теорію магнетрона, показавши його використання як генератора високо-частотних коливань (до подібної ідеї дійшов і Д.А. Рожанський). Вперше магнетронний генератор створив 1924р. чеський фізик А. Жачек, а 1926 р. – українські вчені [20].

В 1928–1929 рр. продовжуючи керівництво роботами з дослідження магнетронних схем генерування коротких хвиль, Д.А. Рожанський вивчав також генерування цих хвиль методом Баркгаузена–Куртца. Експериментально спостерігаючи короткохвильові коливання в режимі гальмуючого поля, він дав правильне теоретичне пояснення їх походження як коливань, що виникають у контурах, утворених конструктивними елементами лампи. В 1927 р. у праці «Виникнення короткохвильових незагасаючих коливань всередині катодної лампи» Д.А. Рожанський описав досліди з одержання коливань довжиною хвилі 10 см і менше за допомогою методу гальмівного поля. Ці коливання, що одержали згодом назву «сіткових», були відкриті й вивчені Д.А. Рожанським значно раніше французького вченого П'єрре, якому однак приписується пріоритет у їхньому відкритті.

У середині 20-х років Д.А. Рожанський розпочав вивчати поширення коротких радіохвиль. Влітку 1925 р. він приїхав у Харків, щоб організувати прийом експериментальних передач із Ленінграда для з'ясування впливу атмосферних завад на дальність і якість радіозв'язку в діапазоні коротких хвиль. Помічником йому був рекомендований найактивніший

учасник студентського радіотехнічного гуртка Харківського університету студент Ю.Б. Кобзарев, який згодом став його учнем і співробітником. Після повернення Д.А.Рожанського в Ленінград роботи з приймання передач очолив аспірант Харківської науково-дослідної кафедри фізики А.А. Бризгалін. В 1926 р. за вказівкою Д.А. Рожанського створено контрольний приймальний пункт із устаткуванням для запису сигналів на магнітну стрічку. Одержані матеріали пересилалися для обробки в лабораторію Тресту заводів слабких струмів у Ленінграді, де визначалися умови переваги різних способів передачі короткохвильових повідомлень. Восени 1926 р. А.А.Бризгалін сконструював потужний короткохвильовий передавач поліпшеної конструкції, що також використовувався в цих експериментах. Це був один з перших у країні дослідів по встановленню радіозв'язку на значних відстаннях у діапазоні коротких хвиль.

З ініціативи Д.А. Рожанського на кафедрі також розпочато роботу з вивчення електромеханічних коливань. У результаті Е.А. Копилович майже одночасно з Пірсом і незалежно від нього відкрив магніострикційні коливання. Він досліджував також загасання магніострикційних коливань і розглянув можливості використання цього явища для стабілізації частоти лампових генераторів, градування коливальних контурів, одержання ультразвукових коливань. Пізніше під його керівництвом проведено цикл робіт із застосування магніострикційних коливань у медицині.

У другій половині 20-х років ефект магніострикції в мідно-нікелієвих сплавах спостерігав М.І. Дорогий, а Д.С. Штейнберг здійснив серію екс-

периментів з вивчення магнітострикції в пружно-деформованих магнетиті й нікелі. З кінця 1927 р. у цих роботах брав участь аспірант кафедри В.І. Баранов. Було встановлено, що при прямокутній петлі гістерезису процес намагнічення в нікелі відбувається двома шляхами: миттєва зміна (стрибком) знаку намагнічення, що не супроводжується зміною геометричних розмірів зразка, і плавне намагнічення, що викликає зміну геометричних розмірів [79]. Слід зазначити, що в той час у фізиків ще не було чітких уявлень про природу намагнічення, тому результати, одержані співробітниками Харківської науково-дослідної кафедри фізики, становили неабиякий інтерес.

В 1925–1927 рр. студенти ХІНО Е.А. Копилович і А.С. Мільнер за завданням кафедри вивчали умови роботи й властивості елементів короткохвильової радіостанції, в першу чергу, стабілізатора частоти з п'єзоелектричним кварцом. Одержані результати Е.А. Копилович доповів в 1927 р. на конференції з п'єзоелектричних коливань у Ленінграді. Для з'ясування умов найстійкішої роботи катодних ламп у короткохвильовому режимі він досліджував також вплив величини струму розжарення та анодної напруги на довжину хвилі, генеруючих лампою коливань.

А.В. Желехівський із групою студентів ХІНО (М. Борисов, Е. Антропова) в 1927 р. провів цикл експериментів з вивчення впливу заземленого провідника на режим розряду в катодній трубці й висунув низку практичних рекомендацій для досягнення її усталеної роботи. Працюючи з трубкою, він звернув увагу на різке збільшення напруги на ній при наближенні заземленого провідника до закатої частини.

У статті «Вплив зовнішніх умов на режим виснаження в розрідженому газі» він запропонував своє пояснення цього явища, вважаючи його спорідненим явищу так званого псевдовакууму, що виникає внаслідок тривалого розряду або значного нагрівання трубки [80]. Причиною даного явища А.В. Желехівський вважав перерозподіл заряду на стінках трубки й потенціалу всередині неї. Він працював також з низьковольтною дугою у вакуумі, парі металів та інертних газів, вивчаючи можливості її використання у випрямляючих і підсилювальних схемах, а також для генерування електромагнітних коливань. В 1925–1926 рр. Н.Ю. Помазанов у лабораторії Харківського технологічного інституту вивчав іонізаційні потенціали пар металів (срібло, кадмій) методом свічення у вакуумі; при цьому для іонізації використовувався пучок електронів, сфокусований магнітним полем. Ця робота також була запропонована Д.А. Рожанським, який звернув увагу дослідника на те, що в магнітному полі можна візуально визначити початок іонізації. У Харкові одним з яскравих і найближчих учнів Д.А. Рожанського і його послідовником був А.О. Слуцкін [10].

СЛУЦКІН **Абрам Олександрович** (1891–1950) – український радіофізик. Народився в Борисоглебську (Росія). В 1910 р. вступив на фізико-математичний факультет Харківського університету, яким закінчив 1916 р. і був залишений у ньому для підготовки до професорського звання. До 1928 р. працював на посадах асистента, професора кафедри фізики.

Початок навчання А.О. Слуцкіна в університеті збігся з приїздом Д.А. Рожанського, який вніс значне пожвавлення, зокрема в роботу фізичного семінару. Програму семінару



А.О. Слуцкін



Д.С. Штейнберг

було доповнено низкою тем, призначених спеціально для студентів. У розробці однієї з них взяв участь і А.О. Слуцкін, який у грудні 1911р. виступив на засіданні семінару з своєю першою оглядовою доповіддю «Про катодні промені». Згодом він згадував, що робота над літературою з цього питання, поради й вказівки Д.А. Рожанського назавжди визначили його інтерес до електроніки.

На початку 20-х років він повернувся до вивчення питань, пов'язаних з генеруванням високочастотних коливань. У фізичній лабораторії університету А.О.Слуцкін повторив експерименти з одержання електромагнітних коливань за схемою Баркгаузена—Куртца, ретельно вивчаючи фактори, що впливають на їх частоту й потужність. Експериментальне й теоретичне вивчення процесів в електронних лампах, що працюють у схемі гальмівного поля, привело А.А. Слуцкіна до думки про можливість заміни позитивної сітки зовнішнім магнітним полем, спрямованим паралельно катоду. Основна мета цієї заміни полягала в створенні режимів роботи, при яких електронна лампа може давати найкоротші хвилі. Ця думка знайшла своє вираження в експериментальному дослідженні, розпочатому А.О. Слуцкіним разом

з Д.С. Штейнбергом, що привело до відкриття магнетронного методу генерування високочастотних коливань трохи пізніше за А.Жачека, який подав заявку на свій винахід 31 травня 1924 р. У цьому ж році Д.А. Рожанський на IV з'їзді Російської асоціації фізиків, що проходив у Ленінграді 15–20 вересня, зробив повідомлення про експерименти, проведені ним у Ленінградському політехнічному інституті [19, 20]. Вміщуючи між полюсами електромагніта триелектродну підсилювальну лампу, включену «способом Баркгаузена для одержання коротких хвиль», він спостерігав виникнення струму в зовнішньому колі в тих випадках, «коли ці короткі хвилі не збуджуються». Це явище можна було пояснити тільки присутністю коливань, довжина хвилі яких повинна була бути значно менше, ніж одержана методом Баркгаузена.

У перших експериментах А.О.Слуцкіна та Д.С. Штейнберга, розпочатих за пропозицією Д.А. Рожанського, вдалося одержати коливання з довжиною хвилі від 40 см до 3 м. Подальші дослідження проводилися в напрямку пошуку оптимальної конструкції лампи, що дозволило б одержати коливання з найменшою довжиною хвилі й найбільшою інтенсивністю. Результати цих досліджень опубліковано в 1926–1927 рр. у статтях «Одержання коливань у катодних лампах за допомогою магнітного поля» та «Електронні коливання у двохелектродних лампах», а також повідомлено на V і VI з'їздах російських фізиків в 1926 і 1928 роках. Працюючи з лампами, виготовленими спеціально для них Ленінградським трестом заводів слабого струму, А.О. Слуцкін і Д.С. Штейнберг з'ясували, коли в суцільному магнетроні виникають

найінтенсивніші коливання, і вивчили залежність одержуваних коливань від геометричних розмірів лампи, режиму її роботи й напруженості магнітного поля. Було виявлено, що в лампах з діаметром анода більше 5 мм коливання виникають у дуже вузькому інтервалі значень магнітного поля. У роботі [84] вперше запропоновано формулу для обчислення періоду магнетронних коливань та показано, що частота коливань у суцільному магнетроні не залежить від параметрів зовнішнього контуру й визначається, головним чином, напруженістю магнітного поля та анодною напругою. Одержані результати вказували на неможливість пояснення механізму виникнення коливань наявністю негативного опору й вимагали подальших досліджень фізичних процесів у магнетроні.

В 1926 р. А.А. Слуцкін був призначений керівником сектору електромагнітних коливань Харківської науково-дослідної кафедри фізики, що дало йому можливість розширити дослідження умов і механізму виникнення магнетронних коливань. Для продовження їх у кращих технічних умовах А.О. Слуцкіна і Д.С. Штейнберга влітку 1926 р. відряджено в Ленінградський фізико-технічний інститут, а в 1928 р. А.О. Слуцкін одержав можливість якийсь час працювати в лабораторії Г. Баркгаузена в Дрездені (Німеччина).

Наприкінці 20-х років у Харкові почалося формування колективу радіофізиків, основною метою якого стало всебічне дослідження процесів генерації височастотних коливань за допомогою магнетронів. Формування цього колективу збіглося з організацією Українського фізико-технічного інституту, в складі якого було

створено лабораторію, а потім сектор електромагнітних коливань, очолюваний А.О. Слуцкіним. Одночасно з 1931 р. А.О. Слуцкін керував кафедрою електромагнітних коливань у Харківському університеті. В 1929 р., випередивши аналогічні дослідження за кордоном, українські вчені створили магнетронний генератор з довжиною хвилі 7,3 см.

Найближчим співробітником А.О. Слуцкіна в роботі зі створення магнетронного генератора був **Штейнберг Дмитро Самойлович** (1888–1934), наукові праці якого, крім радіофізики, присвячено оптиці, фізиці магнітних явищ і фізиці твердого тіла [21]. Він працював асистентом на кафедрі фізики Харківського університету, в 20-х роках викладав фізику в ХІНО, в 1931 р. очолив тут кафедру магнітних вимірювань.

Д.С. Штейнберг провів значну роботу з виявлення фотоелектричної провідності в кристалах молібденіту. В результаті дослідження оптичних явищ у Mo_2 , розпочатого в 1921–1922 рр., Д.С. Штейнберг виявив, що під дією світла збільшується електропровідність кристалів цієї речовини, а при освітленні інфрачервоним виникає ерс. Дослідження, виконані разом з асистентом Української рентгенологічної академії К.В. Бутковим, дозволили одержати емпіричну формулу для фотоерс, близьку до теоретичної. Повідомлення про ці дослідження зроблено в 1922 р. на засіданні Харківського товариства фізико-хімічних наук і на III з'їзді Російської асоціації фізиків. В 1924 р. за кордоном з'явилася перша публікація В. Кобленца по цій проблемі, в якій наводилися результати, аналогічні харківським.

Для подальшого вивчення спостережуваних явищ необхідно було складне встаткування, якого не мали українські фізики. У зв'язку з цим Д.С. Штейнберг був відряджений у Ленінград, де в Державному оптич-

ному інституті під керівництвом М.М. Глаголева провів додаткові дослідження, зокрема спектрального розподілу фотоерс і вивчення ефекту в поляризованому світлі. В результаті Д.С. Штейнберг дійшов висновку, що в основі всіх фотоелектричних явищ у молібденіті лежить його світлочутливість, яка проявляється в тому, що світло викидає електрони, які зв'язують іони Мо та S. При цьому, якщо фотоэффект відбувається всередині кристала, то він викликає збільшення електропровідності, якщо всередині борозни – появу фотоерс. Про цю роботу Д.С. Штейнберг доповів на IV з'їзді російських фізиків 1924 р. і опублікував статті в наукових журналах.

Продовжуючи вивчення властивостей Мо₂, Д.С. Штейнберг і Г.Я. Богомолів виявили в його спектрі три смуги поглинання. Подальші їхні роботи розвивалися в напрямку використання фотоелектричних властивостей молібденіту для вдосконалення технічних фотометрів і спроб передачі інформації в інфрачервоній ділянці спектра.

В 1927–1928 рр. Д.С. Штейнберг досліджував також пружні коливання кварцової пластинки та встановив, що причиною їхнього загасання є виникнення електричного струму й теплообмін між розтягнутою й стисненою поверхнями пластинки. Тут же він запропонував наближений спосіб розрахунку загасання пружних коливань у результаті теплообміну. Ця робота частково проводилася Д.С. Штейнбергом у лабораторії Л.І. Мандельштама Московського університету.

Крім згаданих, на Харківській науково-дослідній кафедрі фізики в 20-ті роки проводилися інші дослідження. Так, роботи А.В. Желехівського було присвячено теорії відносності й

квантовій механіці, М.І. Сахаров досліджував стрибок теплоємності ферромагнітних матеріалів у точці Кюрі, студенти П.П. Леяков та О.Я. Усиков вивчали умови кристалізації тіл, досліджуючи явище переохолодження води, студент Папков розробляв метод одержання гальмінового випромінювання в м'якій рентгенівській ділянці тощо.

У секції технічної фізики Харківської кафедри фізики під керівництвом Ч.В. Речинського в 1921 р. розроблено установку для ремонту й відкачування рентгенівських трубок. Було проведено дослідження явищ самоевакуації рентгенівської трубки, а також абсорбції й дифузії газів при проходженні електричного струму в розрідженому просторі працюючої трубки.

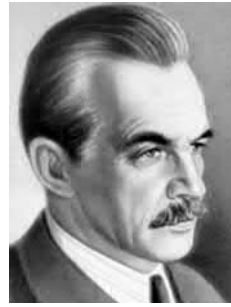
Важливу роль у створенні наукового клімату в Харкові відігравали також фізичні семінари. Перший фізичний семінар засновано 1910 р. О.П. Грузинцевим на фізико-математичному факультеті університету. Засідання його проходили щотижня та були завжди багатолюдні й жваві. При семінарі створено бібліотеку, яка існує і нині (наукова бібліотека фізичного відділення). В 1911 р. наукове керівництво семінаром взяв на себе Д.А. Рожанський, розділяючи його до 1914 р. з О.П. Грузинцевим. Трохи пізніше діяльну участь у роботі семінару брали професор Т.П. Кравець і приват-доцент В.Г. Фесенков. У тематиці семінару представлено основні напрямки роботи кафедри: радіофізика, магнітні властивості тіл, властивості катодних променів, поглинання електромагнітних хвиль у різних середовищах та ін. Починаючи з 1912 р. завдяки доповідям Д.А. Рожанського все більше місце в тематиці семінару

починають займати питання радіофізики. Так, в 1912 р. Д.А. Рожанський зробив дві великі доповіді про власні роботи з ударного збудження електричних коливань.

Поряд з доповідями про наукові дослідження співробітників кафедри важливе місце в роботі семінару займали оглядові доповіді й реферати, присвячені новим досягненням фізики. До роботи семінару широко залучалися студенти, для яких семінар був першим ступенем у їхній науковій діяльності, а для деяких визначив подальший напрямок досліджень. В 1917–1919 рр. фізичний семінар не працював, в 1919 р. засідання на короткий час відновилися, але потім знову припинилися у зв'язку з від'їздом Д.А. Рожанського до Нижнього Новгороду. В 1921 р. при Харківській кафедрі фізики був організований семінар підвищеного типу під керівництвом А.В. Желехівського.

ЖЕЛЕХІВСЬКИЙ Андрій Володимирович – український фізик. Народився в 1882 р. у с. Лукашево Київської губернії. Навчався в Київському політехнічному інституті, але 1905 р. був відрахований за участь у студентському русі. Закінчив Харківський університет (1911), в якому викладав з перервою (з 1921 р. – завідувач кафедри, в 1933–1944 рр. – декан фізико-математичного факультету), також з 1929 р. короткий час працював в Українському фізико-технічному інституті, а також на Харківській науково-дослідній кафедрі фізики як заступник Д.А. Рожанського. В 1926–1928 рр. був головою Української асоціації фізиків. Під час окупації Харкова німецько-фашистськими військами залишився на кілька місяців у місті, потім переїхав у Грайворон, де працював у сільсько-господарській школі. В лютому 1943 р., вже після звільнення міста радянськими військами, був заарештований нібито за пронімецьку агітацію. Помер 9.05.1943 р. у в'язниці Старого Оскола від висипного тифу.

Наукові праці А.В. Желехівського стосувалися багатьох розділів фізики, в основному електромагнетизму. Ав-



Д.А. Рожанський



А.В. Желехівський

тор тритомного підручника фізики та об'ємного підручника з електрики. В 1921–1929 рр. керував семінаром підвищеного типу («гурток фізиків»). До участі в семінарі залучалися студенти й науковці інших навчальних закладів міста, він об'єднав понад 20 чоловік і відіграв помітну роль не тільки в підготовці аспірантів, але й у формуванні групи молодих учених, які за завданням кафедри вели науково-дослідну роботу. Спочатку наукові доповіді на засіданнях гуртка були досить рідкісними і являли собою в основному огляди. Єдиною оригінальною роботою була доповідь Д.С. Штейнберга «Фотоелектрична провідність у кристалах молібденіту», яку той зробив у 1922 р. Поступово, з налагодженням експериментальної роботи на кафедрі фізики, на засіданнях гуртка збільшилася кількість доповідей про наукові дослідження. Серед перших слід зазначити повідомлення про результати теоретичного дослідження незагасаючих коливань в індуктивно-зв'язаних вібраторах. В 1930 р. гурток фізиків об'єднався з фізичним семінаром Українського фізико-технічного інституту, якого відкрито в 1930 р. (заснований 1928 р.).

Київська науково-дослідна кафедра фізики [3, с. 106–118]. Другим центром фізичної науки в Україні в 20-ті

роки був Київ. Першою спробою відновити тут наукову діяльність після Громадянської війни було скликання в 1921 р. з'їзду Російської асоціації фізиків. З'їзд проходив у фізичній лабораторії Київського університету й тільки частково виправдав очікування його організаторів. Серед 52 учасників, які приїхали на з'їзд, не було ні лєнінградських, ні московських фізиків. З 66 заявлених доповідей прочитано тільки 17, з них 11 – киянами. Організація 1921 р. на базі університету Київського інституту народної освіти (КІНО) також не сприяла підйому фізичної науки в Києві. Наукова робота в плани КІНО не входила. У фізичній лабораторії інституту вона в цей період майже не проводилася, оскільки лабораторія була постійно завантажена значною кількістю навчальних груп, що проходили тут фізичний практикум.

Підготовка наукових кадрів, які згодом склали ядро фізичного факультету Київського університету, велася на створеній 1921 р. Київській науково-дослідній кафедрі фізики в складі двох секцій. Очолював її професор О.Г. Гольдман, дійсними членами кафедри були доценти Н.А. Лінниченко та О.Є. Любанський, аспірантом – Л.Я. Штрум. Базою для створення експериментальної секції Київської науково-дослідної кафедри фізики слугувала фізична лабораторія КПІ, організована в січні 1921 р. з ініціативи також О.Г. Гольдмана. Іншою секцією кафедри стала секція метеорології та фізичної географії на чолі з академіком ВУАН Б.І. Срезневським. Незважаючи на те, що фізична лабораторія КПІ вважалася в той час однією з найпридатніших для проведення наукових досліджень, робота її, як і всієї кафедри, часто стикалася зі зна-

чними труднощами, особливо в галузі експерименту. У перші півтора–два роки засоби для ремонту обладнання та матеріали не відпускалися, часто припинялася подача електроенергії. Становище трохи покращилося, коли в 1923 р. кафедра одержала можливість користуватися приміщеннями та устаткуванням кафедри фізики Київського медичного інституту, де було зібрано прилади фізичного кабінету колишніх Жіночих медичних курсів і фізичної дослідної лабораторії. Наприкінці 1925 р. з Київської науково-дослідної кафедри фізики виділилася секція метеорології й фізичний географії, замість якої в лютому 1926 р. відкрилася секція теоретичної фізики під керівництвом професора Л.Й. Кордиша.

Київська кафедра фізики значно вплинула на розвиток фізичних досліджень в Києві та в цілому в Україні. На ній почали свій творчий шлях чимало вчених, які згодом стали відомими, – В.П. Линник, В.Є. Лашкар'єв, Л.Я. Штрум, С.Д. Герцрікен, Н.Д. Моргуліс, Д.М. Наследов та ін. [10]. У складній обстановці 20-х років київська кафедра стала тим центром, що згуртував навколо себе значну частину київських фізиків. Почалося створення експериментальної бази, наукової бібліотеки, підготовка аспірантів. За перші п'ять років існування кафедри її співробітниками та аспірантами опубліковано понад 30 праць, у тому числі в закордонних наукових журналах. З 1926 р. Київська кафедра почала видавати журнал «Українські фізичні записки», завдяки якому встановлено обмін науковою інформацією з фізичними інститутами Лейпцизького й Геттінгенського університетів, Інститутом Б. Франкліна в США, Італійським

фізичним товариством у Болонї та інших фізичних центрах. Київська науково-дослідна кафедра фізики проводила значну організаційну роботу з придбання закордонних фізичних журналів за 1915–1923 рр. та пошуку можливостей публікації праць українських фізиків за кордоном.

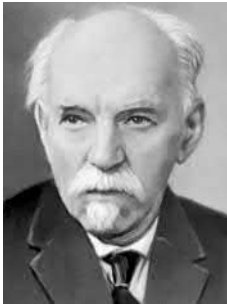
Перші роботи, виконані на Київській кафедрі, продовжували тематику фізичної лабораторії КПІ, де з лютого 1922 р. під керівництвом О.Г. Гольдмана велися дослідження явищ на контакті «напівпровідник – розчин» (фотогальванічний ефект Беккереля) і «метал–напівпровідник», вентильного фото ефекту, а також електронних та іонних процесів у розріджених газах. Він став засновником напівпровідникового напрямку в Україні, а також багато зробив для організації фізичних досліджень в Україні в цілому [22].

ГОЛЬДМАН Олександр Генріхович – український фізик та організатор науки, академік ВУАН (1929). Народився 1884 р. у Варшаві. Закінчив Лейпцизький (1908) та Київський (1909) університети. В 1909–1911 рр. – лаборант фізичної лабораторії Київського університету, 1911–1914 – асистент Фізичного інституту Лейпцизького університету, 1915–1918 рр. викладав фізику в Петербурзькому політехнічному інституті, з 1918 р. – Київському. В 1921–1929 рр. – професор, завідувач кафедри фізики Київського політехнічного і Київського медичного інститутів, 1929–1938 рр. – професор Київського інституту народної освіти (університету) та директор Інституту фізики; в 1938 р. був безпідставно репресований і перебував на засланні (1944–1958 рр. – професор педагогічних інститутів у Росії), з 1959 р. – завідувач лабораторії Інституту фізики АН УРСР у Києві. Помер у 1971 р. [10].

У перший період своєї діяльності О.Г. Гольдман вивчав взаємодію світла з речовиною та спричинені явища. Результатом цих досліджень, започаткованих дисертацією «Фотоелектричні дослідження елементів з розчина-

ми фарб», стало створення нового погляду на природу цих явищ, зокрема на пояснення фотохімічних процесів. В 1914 р. опубліковано дві статті О.Г. Гольдмана, у яких побудовано теорію та встановлено основні закономірності ефекту Беккереля, а також розроблено новий метод дослідження фотогальванічних явищ (метод фотоелектричної характеристики). Подальший розвиток одержали висунута раніше О.Г. Гольдманом гіпотеза про суть первинного процесу фотогальванічних явищ і помічена ним аналогія між фотогальванічним ефектом Беккереля та зовнішнім фото ефектом.

В 1909 р. у фізичній лабораторії Київського університету О.Г. Гольдман разом із С.І. Каляндиком започаткував фотоелектричні дослідження твердих діелектриків. В результаті було розроблено методику, що дозволяла розділяти ефекти, які виникали при взаємодії світла з діелектриком: зовнішній фото ефект, фотопровідність, зарядження поверхні, об'ємна поляризація. Явище фотопровідності було вивчено цілої низки діелектриків, при цьому особлива увага зверталася на сірку, в якій спостерігалися сильний зовнішній фото ефект і значна фотопровідність при опроміненні ультрафіолетовим світлом. Вивчаючи електричний розряд на поверхні діелектриків, О.Г. Гольдман розробив новий метод дослідження електричних і фотоелектричних властивостей твердих діелектриків за допомогою іонізованих газів, що дозволяв швидко й точно визначати діелектричну проникність, темнову провідність, фотопровідність і фотоелектронну емісію. За допомогою цього методу він виявив ефект проникнення збуджених фотонів під дією електричного поля в неосвітлений шар діелектри-



О.Г. Гольдман



Л.Й. Кордиш

ка. Коротку доповідь про результати цих досліджень О.Г. Гольдман зробив 1921 р. на ІІ з'їзді російських фізиків.

«Чистим» теоретиком і найвідомішим з київських фізиків у той час був **Леон Йосипович Кордиш**. Він народився 22.07.1878 р. у Києві, де закінчив 1900 р. університет і був залишений у ньому для підготовки до професорського звання. В 1909 р. — приват-доцент університету, з 1901 р. викладав також у КПІ. В 1903 р. Л.Й. Кордиш працював у М.Планка в Берлінському університеті, 1909 р. — Сорбоні у А. Пуанкаре та П. Апеля, в 1913–1914 рр. вивчав радіотехніку в Мюнхенському університеті. Після захисту докторської дисертації 1916 р. обраний 1917 р. професором фізики Київського університету, а 1920 р. — професором кафедри теоретичної електротехніки КПІ. В 1923 р. був запрошений на Київську науково-дослідну кафедру фізики для керівництва секцією теоретичної фізики, а після реорганізації кафедри в Інститут фізики був керівником відділу теоретичної фізики Інституту. Помер 11.07.1932 р. [10].

Праці Л.Й. Кордиша присвячено механіці, акустиці, спектроскопії, термодинаміці, рентгенофізиці, фото-ефекту та електропровідності, теорії відносності, теорії будови атома, квантовій механіці. На початку своєї наукової діяльності він розробив теорію вторинних коливань (1908), висловив припущення про походження смугастих і лінійчастих спектрів, вважаючи, що перші пов'язані з молекулами речовини, а другі — з атомами. В монографії «Аномальні явища Зеємана»

(1915) вивів низку співвідношень, які ввійшли у квантову теорію атома. Згодом, розвиваючи основні положення своєї дисертації, присвяченої дослідженню ефекту Зеємана, Л.Й. Кордиш в 1924 р. вивчав тонку структуру спектральних ліній у цьому ефекті та розрахував поляризацію спектральних складових, застосувавши до них квантову теорію. Не знаючи про роботи А. Зоммерфельда, А.Ланде та ін., він незалежно почав розробляти теорію аномального ефекту Зеємана з засад нової фізики, припускаючи, що всередині атома існують силові поля, у яких простір перестає бути евклідовим. Аналіз фізичних процесів у таких умовах він вважав можливим тільки при використанні теорії відносності й квантової теорії.

В 1910 р. з'явилася стаття Л.Й. Кордиша зі спеціальної теорії відносності, одна з перших у вітчизняній науковій літературі, в якій дано чітке виведення основних формул теорії. У роботах «Загальна теорія відносності» (1917) і «Гравітація та інерція» (1918) Л.Й. Кордиш виклав ЗТВ, проаналізував основні вимоги, яких необхідно дотримуватися при побудові теорії гравітації, та з цих засад розглянув теорію гравітації Абрагама, Мі, Нордстрема та Ейнштейна—Гроссмана. В 1924 р. досліджував гравітаційні та електромагнітні поля у внутрішньо-молекулярному просторі, показавши, що до них застосовна спеціальна теорія відносності. У невеликій нотатці, опублікованій 1926 р., Л.Й. Кордиш, виходячи з принципів класичної механіки, одержав основні положення загальної теорії відносності — формули для гравітаційного червоного зміщення, швидкості світла при наявності поля гравітації, просторово-часового інтервала.

Цикл робіт Л.Й. Кордиша з квантової механіки припадає на кінець 20-х років. У праці «Про деякі особливості хвильової Бройля—Шредінгерової теорії» він запропонував оптичну аналогію руху квантово-механічної частинки та на її основі одержав властивості ортогональності й нормованості характеристичних хвильових функцій. У статтях «До зв'язку хвильової теорії з матричною» та «Характерні риси матричної теорії» розкрив математичний зміст рівнянь хвильової механіки й показав, що він збігається з основними положеннями матричної механіки, тому розв'язки задач в обох теоріях повинні бути однаковими (двома роками раніше еквівалентність хвильової й матричної механіки довели Е. Шредінгер, К. Еккарт та В. Паулі).

В 1924–1925 рр. Л.Й. Кордиш розробив теорію суцільного рентгеновського спектра й взаємодії рентгеновського випромінювання з речовиною та одержав розподіл частот залежно від прискорювального потенціалу. У цей же період він успішно використовував гіроскопічну модель молекули для пояснення теплоємності газів, ефекту Ейнштейна – де Гааза, явищ пара- і діамagnetизму.

В середині 20-х років Л.Й. Кордиш запропонував феноменологічну теорію провідності металів, відповідно до якої, струм у провіднику являє собою сукупність послідовних процесів іонізації й відновлення атомів. У результаті цих процесів виникає електромагнітна хвиля, що викликає синхронні зсуви електронів і поширюється з швидкістю світла. Активний опір провідника зумовлено зв'язуванням упорядкованих вільних електронів іонами кристалічної ґратки, причому ймовірність зв'язування визначає величину

провідності. Знайшовши залежність імовірності зв'язування від температури, Л.Й. Кордиш одержав умови виникнення надпровідності. Становить інтерес також його спроба побудувати теорію феромагнетизму, яку він уперше поєднує з теорією електропровідності.

Л.Й. Кордиш був ініціатором і науковим консультантом робіт, що проводилися на Київській науково-дослідній кафедрі фізики, а також у лабораторії струмів високої частоти й радіотехніки, організованої 1921 р. у КПІ В.В. Огієвським. Із приходом Л.Й. Кордиша в цій лабораторії, крім навчальних занять, почалися наукові дослідження – вивчення п'єзоефекту у кварці, телефонно-телеграфному зв'язку в короткохвильовому діапазоні, методів вимірювання малих ємностей та індуктивностей. В 1924 р. тут створено перший радіомовний передавач у Києві. Сформувався і творчий колектив, що зробив помітний внесок у будівництво низки українських радіостанцій в 20–30-ті роки. В 1927–1928 рр. під керівництвом Л.Й. Кордиша та В.В. Огієвського в лабораторії КПІ побудовано першу в Україні короткохвильову радіостанцію для магістрального зв'язку Південно-Західної залізниці, яка експлуатувалася до 1941 р. При лабораторії створено невелику майстерню, де виготовлялася вимірювальна апаратура для власних потреб і на замовлення інших організацій – хвилеміри, випрямлячі, електронні вимірювальні прилади, потужні акумуляторні батареї тощо. З 1923 р. на Київській науково-дослідній кафедрі фізики Л.Й. Кордиш керував роботою перших аспірантів – Л.Я. Штрума та В.Є. Лашкарьова.

ШТРУМ Лев Якович – український фізик-теоретик. Народився в 1890 р. Закінчив Київський університет, в якому працював,

а також в Інституті фізики АН УРСР. Був репресований, загинув у 1937 р. Основні дослідження в галузі квантової механіки, теорії відносності та ядерної фізики [23].

В 1923–1926 рр. Л.Й. Кордиш і Л.Я. Штрум з позицій теорії Максвелла й теорії відносності проаналізували питання про існування швидкостей, більших за швидкість світла. Зокрема, у нотатці 1924 р. Л.Й. Кордиш спробував довести, що теорія Максвелла не накладає обмежень на швидкість поширення електромагнітних хвиль з боку швидкості світла.

В 20-ті роки Л.Я. Штрум розглянув низку питань квантової механіки. В 1921–1923 рр., виходячи з уявлень квантової теорії та моделі атома Бора, він одержав залежність між інтенсивністю спектральних ліній, головним квантовим числом і тиском газу. Дещо пізніше (1926–1928) вивів формулу Планка для процесу випромінювання та поглинання й показав, що це виведення має силу при допущеннях більш загальних, ніж ті, на яких базувалися виведення Паулі та Ейнштейна–Еренфеста. В 1926 р. Л.Я. Штрум опублікував узагальнюючу працю, присвячену ефекту Комптона.

Найважливіші роботи Л.Я. Штрума 1926–1928 рр. стосуються теорії будови атомного ядра. Тут він запропонував емпіричну залежність між атомною вагою та атомним числом, яку використовував для аналізу моделей атомного ядра; показав залежність між дефектом маси, масою атомного ядра й кількістю його компонентів; виходячи з величини дефекту маси, розрахував потенціальну енергію утворюючих ядро частинок; використовуючи модель Ленца ядра атома гелію, одержав значення діаметра ядра. Ці результати він доповів на V і VI з'їздах російських фізиків. Згодом на основі цих робіт, при аналізі кривої дефекту маси він близько підій-

шов до протонно-нейтронної моделі ядра. Виявивши закономірність послідовного ускладнення ядер, Л.Я. Штрум побудував систему ізотопів, що дозволила встановити умови стійкості атомного ядра. В 1934 р. незалежно від ін. запровадив уявлення про магічні числа протонів і нейтронів у ядрах.

Крім Л.Й. Кордиша та Л.Я. Штрума, питаннями квантової механіки в 20-ті роки займалися молоді київські фізики Ю.В. Юницький та М.П. Бронштейн. Наприкінці 20-х років Ю.В. Юницький провів дослідження комбінаційного розсіяння світла. У своїй аспірантській роботі, виконаній за результатами дослідів Девіссона–Джермера з дифракції електронів, він розглянув питання про характер хвиль де Бройля й показав, що експериментальній перевірці доступні хвильові властивості всього квантово-механічного ансамблю, а не окремої частинки. Як і Л.Й. Кордиш, Ю.В. Юницький вважав, що при описанні мікропроцесів хвильова і матрична механіки не виявляють переваг одна перед одною, тому з фізичної точки зору ці теорії еквівалентні.

У фізичній лабораторії Київського університету почалася наукова діяльність талановитого фізика-теоретика **Матвія Петровича Бронштейна** (1906–1938) [24, 25]. Народився він 2.12.1906 р. у Вінниці. У віці 17 років, маючи домашню освіту в обсязі середньої школи, почав відвідувати гурток фізики при КІНО, яким керував П.С. Тартаковський. В січні 1925 р. надіслав у «Журнал російського фізико-хімічного товариства» статтю «Про один наслідок гіпотези світлових квантів», в якій висловив припущення про існування нового квантового ефекту [103]. У тому ж 1925 р. у німецькому фізичному журналі опубліковано дві

статті М.П. Бронштейна з квантової теорії взаємодії рентгенівських променів з речовиною, в наступному році – ще три. В цих роботах уже проглядалася серйозна математична підготовка 18-літнього автора. В 1926 р. за порадою П.С. Тартаковського він вступив до Ленінградського університету, який закінчив 1930 р. і працював у ньому та Ленінградському фізико-технічному інституті. В серпні 1937 р. його несправедливо заарештовано і 18.02.1938 розстріляно. Наукові праці присвячено атомній і ядерній фізиці, теорії гравітації. Перший виконав квантування поля тяжіння та запровадив поняття про кванти гравітаційного поля – гравітони. Питаннями теоретичної фізики займалися в 20-ті роки також інші київські вчені, зокрема П.С. Тартаковський.

ТАРТАКОВСЬКИЙ Петро Савич – український та російський фізик. Народився 4.06.1895 р. у Києві, де закінчив 1918 р. університет, у якому 1920 р. став асистентом, 1923 р. – аспірантом Київської науково-додільної кафедри фізики. Наприкінці 1923 р. був заарештований по справі ніби контрреволюційної організації «Центр дій». В 1925–1929 рр. завідував лабораторією Ленінградського фізико-технічного інституту і був професором Політехнічного інституту, 1929–1937 рр. – завідувач лабораторії Томського університету, де створив кафедру теоретичної фізики і очолював її, 1937–1940 рр. завідував кафедрою фізики в Ленінградському педагогічному інституті та кафедрою технічної електроніки в Політехнічному. Помер 16.10.1940 р. [25].

Перші його роботи стосувалися квантової теорії. В 1921 р. він розв'язав задачу про квантування асиметричного вібратора, спектральні лінії якого мають тонку структуру. При цьому встановлено свого роду критерій добору для головного квантового числа.

Співробітником науково-дослідної Київської кафедри фізики також був Платон Григорович Лапинський. У

КІНО він вів практичні заняття з фізики, читав лекції з термодинаміки, кінетичної теорії газів та історії фізики. П.Г. Лапинський підготував огляди публікацій з електричної провідності металів за останні 10–15 років. У них, зокрема, було викладено теорії Томсона, Лоренца, Віна.

За порадою Л.Й. Кордиша питанням теоретичної фізики присвятив свою аспірантську роботу В.Є. Лашкар'єв, який закінчив КІНО в 1924 р. і працював на Київській науково-дослідній кафедрі фізики [10]. Деякі його результати з теорії відносності, одержані в 1924–1926 рр., опубліковано в українських і німецьких журналах, а також обговорювалися на V з'їзді російських фізиків. Заслуговує на увагу спроба В.Є. Лашкар'єва побудувати власну теорію гравітації та одержати наслідки загальної теорії відносності. Він також одержав формулу залежності маси тіла від швидкості й показав, що маса спокою фотона дорівнює нулю. Поряд з питаннями загальної теорії відносності В.Є. Лашкар'єв займався електродинамікою рухомих середовищ, використовуючи квантову теорію, вивів формулу Френеля для коефіцієнта захоплення.

Одним з небагатьох співробітників Київської науково-дослідної кафедри фізики, які займалися експериментом у перші роки її існування, був В.П. Линник.

ЛИННИК Володимир Павлович – український і російський фізик. Народився 6.07.1889 р. у Харкові. Закінчив 1914 р. Київський університет. В 1920–1921 рр. розробив новий метод дослідження оптичних систем, заснований на принципі компенсації сферичної аберації ахроматичної лінзи. Для одержання тіньової картини використовувався ніж Фуко, встановлений у центрі кривини оптичної системи. У наступні роки на Київській науково-дослідній кафедрі фізики



С.Д. Герцікен



П.С. Тартаковський

він розвивав свій метод, а також розробляв спосіб центрування лінз для масового виробництва. В 1923 р. у фізичній лабораторії КПІ організував майстерню точних приладів, яка тривалий час була основним постачальником вимірювальних приладів для київських фізиків. В 1924 р. В.П. Линника зараховано до аспірантуру кафедри, яку закінчив через два роки, з 1926 р. працював у Державному оптичному інституті в Ленінграді (з 1951 – начальник відділу). Помер 9.07.1984 р. [10, 25].

В 1924–1925 рр. В.П. Линник та В.Є.Лашкар'єв розглянули можливість фокусування рентгенівського випромінювання й показали, що збиральним дзеркалом у цьому випадку є поверхня обертання у вигляді логарифмічної спіралі з джерелом променів у фокусі. У цій же роботі описано метод часткового фокусування за допомогою слюдяної пластинки, згорнутої в циліндр, а також вказано на можливість створення спектроскопа з багатьма кристалами. Звіт про ці роботи зроблено в травні 1925 р. на Всеукраїнській конференції фізиків у Харкові.

В 1925 р. В.Є. Лашкар'єв і В.П. Линник почали експериментальне вивчення методів визначення показника заломлення рентгенівських променів. Зібрали рентгенівську установку, виготовили більшу частину деталей до неї та для рентгеноспектрального аналізу, побудували дифузійний насос

ленгмюрівського типу та насос попереднього відкачування. Після порівняльного вивчення основних методів рентгеноспектрографії (Лауе, Бреггів, Дебая–Шеррера) вони зупинилися на методі визначення показника заломлення, в якому використовувалося явище повного внутрішнього відбиття. Щоб знайти показник заломлення рентгенівських променів, необхідно було визначити кут Θ , додатковий до кута повного внутрішнього відбиття, для вимірювання якого В.П.Линник і В.Є.Лашкар'єв сконструювали 1926 р. новий прилад – рентгенівський тоталь-рефлектометр. Методика, розроблена ними, була оригінальною. Хоч вперше повне внутрішнє відбиття в рентгенівській області спостерігав 1922 р. А.Комптон, про його роботи українським ученим нічого не було відомо, тому що в ті роки в Києві його статтю дістати було неможливо. В.Є.Лашкар'єв та В.П. Линник змушені були самостійно вирішувати цю проблему, ґрунтуючись на даних, почутих під час обговорення новин науки в кулуарах IV з'їзду російських фізиків 1924 р. у Ленінграді. На відміну від установки Комптона вони використали у своєму приладі не паралельний пучок рентгенівських променів, а розбіжний, в якому завжди є промені, що падають на відбивальну поверхню під граничним кутом повного внутрішнього відбиття. З цього пучка за допомогою щілини «вирізався» також розбіжний пучок, обмежений з одного боку променем, відбитим від дзеркала з досліджуваної речовини під граничним кутом, і потрапляючий послідовно на дві фотопластинки. При точному повороті системи на 180° граничний промінь обмежував пучок уже з іншого боку. Таким чином, вимірявши ширину

смуг на фотопластинках, можна було розрахувати кут Θ .

В 1926 р. В.Є. Лашкар'єв і В.П. Линник проходили практику у Фізико-технічному інституті в Ленінграді, де вдосконалили свій метод, а в грудні того ж року їхнє повідомлення про новий прецизійний метод визначення показника заломлення рентгенівських променів вперше представлено на V з'їзді російських фізиків у Москві. Крім описання методу, доповідачі звернули увагу учасників з'їзду на існуюче в ряді випадків аномальне відбиття рентгенівських променів при кутах падіння, більших за кут повного внутрішнього відбиття. Метод тоталь-рефлектометра, розроблений В.П. Линником і В.Є. Лашкар'євим, мав значно вищу точність порівняно з іншими існуючими в той час методами й дозволяв визначати величину показника заломлення рентгенівських променів з точністю понад 1%. У наступні роки цей метод одержав подальший розвиток у роботах українських фізиків. В 1927–1928 рр. В.Є. Лашкар'єв і С.Д. Герцрікен [26] удосконалили прилад, виключивши вплив помилки, пов'язаної з недостатньою точністю повороту системи на 180° .

Однак у новій схемі тоталь-рефлектометра тонка гілка-ніж, вміщена між двома відбивальними поверхнями і утворююча з ними вузькі щілини, легко просвічувалася рентгенівським випромінюванням і не дозволяла працювати з жорсткими променями. Цей недолік було незабаром усунуто С.Д. Герцрікеном у новій конструкції приладу. Замість двох дзеркал використовувалося одне з двома оптично полірованими плоскопаралельними боками. Поблизу кожної з відбивальних поверхонь містився ніж, товщина якого була достатньої для абсорбції

стороннього випромінювання. Похибка нового тоталь-рефлектометра становила не більше 0,6%. За допомогою цього приладу С.Д. Герцрікен разом з К.Б. Котляревською в 30-х роках провели прецизійні вимірювання показника заломлення рентгенівських променів у різних речовинах, уточнили значення питомого заряду електрона, внесли виправлення в значення довжин хвиль рентгенівського випромінювання, а також здійснили спробу виявити подвійне променезаломлення в рентгенівській ділянці.

В 1925–1928 рр. В.Є. Лашкар'єв і С.Д. Герцрікен працювали також над методикою рентгенометалографічних досліджень з метою вивчення кристалічної структури металів і сплавів залежно від способу їхньої обробки. Вони сконструювали камеру для аналізу структури зразків металу за допомогою методу Дебая–Шеррера. Ці роботи в подальшому знайшли продовження в Інституті фізики АН УРСР та Інституті металофізики АН УРСР.

ГЕРЦРІКЕН Соломон Давидович – український фізик, доктор фізико-математичних наук (1939), професор. Народився 6 січня 1901 р. у с. Тернівка (нині Вінницька обл.). Закінчив Київський інститут народної освіти (1926). В 1930–1941 рр. – завідувач відділу Інституту фізики, 1941–1944 рр. – Свердловського університету (Росія), з 1945 р. – лабораторії Інституту металофізики АН УРСР та з 1941 р. – кафедри Київського університету. Помер 4 серпня 1961 р.

Наукові дослідження стосуються фізики рентгенівських променів, дифузії у металах і сплавах, будови металів і сплавів. Винайшов (1934) скло прозоре для м'якого рентгенівського випромінювання – «Гетан», що сприяло виробленню в СРСР рентгенівських трубок.

З 1926 р. на Київській науково-дослідній кафедрі фізики після закінчення КІНО працював **Наум Давидо-**



В.П. Линник



В.Є. Лашкаръов

вич Моргуліс (1904–1976) [10]. Велике значення мали його роботи з емісійної електроніки, виконані на кафедрі в 1927–1928 рр. Так, кількісне підтвердження теорії ефекту Шотткі було одержано Н.Д. Моргулісом в 1928 р. одночасно з В. Пфортте, але виявилось переконливішим. У цей же період Н.Д. Моргуліс вивчав залежність фотоефекту від температури, термоелектронну, а роком пізніше й термоіонну емісію, одержавши цікаві результати.

На початку 1928 р. Н.Д. Моргуліс розрахував емпіричну формулу для температури вольфрамової нитки за її опором і розробив метод визначення максимальної температури середньої частини вольфрамового катода, користуючись тільки параметрами ланцюга розжарення. Метод одержав поширення при дослідженні електровакуумних приладів.

Н.Д. Моргулісом було виявлено вплив електричного поля на процес поверхневої іонізації, обґрунтовано уявлення про катодне розпилення й вторинну іонно-електронну емісію як про нерівноважні процеси. Розпочато дослідження фізичних процесів в ефективних катодах різних типів. Роботи Н.Д. Моргуліса стали основою для створення в Києві наукового центру з фізичної електроніки. Пи-

таннями прикладної фізики в Києві займався М.А. Лінниченко.

ЛІННИЧЕНКО Микола Антонович – фізик. Народився 3.02.1876 р. у Пинчово (Рольша). Закінчив Варшавський університет (1899), в якому працював; 1905–1909 рр. – у Самарському комерційному училищі, 1909–1914 рр. – Варшавському політехнічному інституті. Учасник Першої світової війни (завідувач рентгенівським кабінетом на Західному фронті). З 1918 р. керував практичними заняттями з фізики, з жовтня 1920 р. читав курс фізики в Київському університеті. На кафедрі фізики М.А. Лінниченко в 1922 р. провів серію експериментів з вимірювання коротких електричних і стоячих звукових хвиль, в 1925–1928 рр. виконав цикл досліджень з метрології. Був дійсним членом Київської науково-дослідної кафедри фізики КПІ з моменту. В 1926 р. при Українській головній палаті мір і ваги організував вагову лабораторію, де під його керівництвом проводилася робота з вивчення причин похибок торговельних ваг, з удосконалення старих і розробки нових типів ваг. Тут він створив теорію регулювання десятих ваг, а також методику підбору частин ваги в масовому виробництві, при якій похибки складеної ваги не виходили за допустимі межі. Після створення в 1929 р. на базі Київської науково-дослідної кафедри фізики Інституту фізики М.А. Лінниченко працював тут у відділі експериментальної фізики, очолюючи секцію прикладної фізики. Був також професором сільсько-господарського інституту та Київського гідромеліоративного Київського інституту. Помер 7.08.1939 р.

Одним з найстаріших українських фізиків був О.Є. Любанський.

ЛЮБАНСЬКИЙ Олександр Єрофійович народився 1864 р. у с. Гребінки Київської губернії. Закінчив Київський університет (1890). В 1891–1896 рр. – викладач фізики Фундуклеївської жіночої гімназії, 1896–1898 рр. – директор Київського комерційного училища, 1898–1906 рр. – Паб'яницького чоловічого комерційного училища, 1906–1909 рр. та 1919–1927 рр. працював у Київському політехнічному інституті (в 1908–1920 рр. – викладач фізики і математики в 1-й Київській гімназії), з 1929 р. – в Інституті фізики. Помер Його основні наукові роботи стосуються спектрального аналізу та радіоактивності.

В 20-ті роки він продовжував свої багаторічні дослідження гірських порід і мінералів з різних областей України. Як дійсний член Київської науково-дослідної кафедри фізики та доцент Київського політехнічного інституту він читав курс спектроскопії й радіохімії для студентів хімічного факультету та керував практичними заняттями. Разом зі студентами він неодноразово проводив експедиції, присвячені методиці радіоактивної розвідки. В 1921 р. у Геофізичній комісії УАН О.Є. Любанський вперше підняв питання про необхідність радіологічної зйомки України. В 1922–1923 рр. він спростив і пристосував для геологічної зйомки відомі методи радіоактивної розвідки, в 1923–1924 рр. розвинув для застосування в польових умовах метод спектрального аналізу на уран і торій, в 1924–1925 рр. – на рубідій і цезій. Влітку 1925 р., відпрацьовуючи методику радіоактивних досліджень, О.Є. Любанський разом з В.П. Линником і В.Є. Лашкар'євим досліджував на радіоактивність басейн річки Рось та околиці Вінниці. В 1924–1926 рр. разом з В.А. Тороповим розробив метод спектрального аналізу за допомогою дугового спектра (раніше для цієї мети використовувалися спектри полум'я та іскри), застосування якого на практиці дозволило виявити в рудах України низку елементів, що залишалися непоміченими при хімічному аналізі.

Невдовзі після створення Київської науково-дослідної кафедри фізики на ній було організовано відкриті засідання – «фізичні бесіди», що проходили у вигляді семінарів з науковими доповідями й вільною дискусією. Перше засідання відбулося в січні 1923 р. В подальшому вони проводи-

лися регулярно, двічі на місяць, протягом усього періоду існування кафедри. Спочатку доповіді мали характер рефератів, що знайомили з новими досягненнями фізики за іноземними журналами. Поступово літературний матеріал з досліджуваної проблеми почав доповнюватися власними міркуваннями доповідача – теоретичними або на підставі експерименту, з квітня 1923 р. з'явилися також оригінальні повідомлення. Доповіді читалися не тільки з фізики, але й математики, метеорології, хімії, медицини. Фізичні бесіди збирали від 30 до 50 чоловік. Серед гостей семінару були професори й викладачі КПІ, КІНО, Медичного та Художнього інститутів, а також постійна група студентів КПІ та КІНО. Згодом серед учасників семінару виділилася група перспективних молодих учених – співробітників і аспірантів кафедри. Так, Л.Я. Штрум протягом 1923 р. виступив з п'ятьма доповідями, активно виявили себе на семінарах також П.С. Тартаковський, В.Є. Лашкар'єв, В.П. Линник, С.Д. Герцрікен, Ю.В. Юницький.

Для поглибленої підготовки найбільш здібних студентів, що виявили прагнення до наукової праці, в 20-ті роки у вузах при ряді кафедр організовувалися семінари підвищеного типу. В них спеціальні предмети вивчалися на рівні сучасного стану науки по оригінальних статтях і монографіях, у тому числі закордонних. Так, у КІНО, починаючи з 1923 р., Л.Й. Кордиш протягом багатьох років вів семінар з «нової фізики», що став, зокрема, одним з перших семінарів з квантової механіки. Поряд зі студентським семінаром підвищеного типу Л.Й. Кордиш в 1926–1927 рр. проводив на Київській науково-дослідній кафедрі фізики семінар з квантової механіки для аспі-

рантів і науковців, 1928–1929 рр. разом з Л.Я. Штрумом – семінар з теорії випромінювання. У КПІ О.Г. Гольдман вів семінар з теорії розряду в газах і фотоелектрики. В 1924 р. визначилося коло учасників цього семінару, що тоді називався «Електричний струм у рідинах і газах», і розроблено 10 його тем; однак тільки в 1925–1928 рр., після досить складної еволюції, цей семінар міцно утвердився. В 1928 р. О.Г. Гольдман організував у КПІ семінар з фізики твердого тіла.

Для всіх цих семінарів була характерна невимушена, творча атмосфера. Розглядалися та аналізувалися різні точки зору й підходи до проблеми, особливо цінувалося нестандартне мислення. Саме тому київські семінари стали гарною школою для багатьох учених. У семінарі Л.Й. Кордиша почалася наукова діяльність А.П. Александрова, В.М. Тучкевича, В.Є. Лашкарьова, Д.М. Наследова, Л.Я. Штрума та ін. [10]. Семінари О.Г. Гольдмана пройшли Б.М. Вул, В.Є. Лашкарьов, Н.Д. Моргуліс, С.Д. Герцрікен та ін.

В 1927 р. А.Г. Гольдман почав клопотати про організацію в Києві фізичного інституту. В результаті його зусиль постановою Раднаркому України від 7 січня 1929 р. на базі Київської науково-дослідної кафедри фізики створено Науково-дослідний інститут фізики, першим директором якого він став.

Дослідження з фізики в Одесі [3, с. 118–126]. В 1918–1922 рр. в Одесі працювали відомі вітчизняні фізики, професори Л.І. Мандельштам і М.Д. Папалексі, в подальшому їх наукова діяльність проходила в Москві та Петербурзі.

МАНДЕЛЬШТАМ Леонід Ісаакович (1879–1944) – російський фізик, академік АН СРСР (1929). Народився в Могилеві (те-

пер у Беларусі). В 1897 р. вступив на математичне відділення фізико-математичного факультету Новоросійського університету, з якого невдовзі був відрахований за участь у студентських заворушеннях. Продовжив навчання в Страсбурзькому університеті, де кафедру фізики й посаду директора Фізичного інституту при університеті обіймав К. Браун, відомий своїми працями в галузі радіотехніки та електроніки. По закінченні університету 1902 р. і захисту дисертації на тему «Визначення періоду коливального розряду конденсатора» Л.І. Мандельштам 1903 р. був зарахований до нього асистентом, а з 1907 р. одержав право читати лекції з фізики як приват-доцент, у 1913 р. став професором. Улітку 1914 р. повернувся до Росії та в 1915 р. був обраний приват-доцентом Новоросійського університету по кафедрі фізики. В 1918 р. брав участь в організації Одеського політехнічного інституту. Як завідувач кафедри фізики інституту створив тут фізичну лабораторію й поставив читання лекцій і практичні заняття з фізики на високий науковий рівень. Влітку 1922 р. Л.І. Мандельштам і Н.Д. Папалексі переїхали до Росії, де з 1925 р. Л.І. Мандельштам завідував кафедрою теоретичної фізики Московського університету, створивши тут всесвітньовідому теоретичну школу. Основні наукові праці Л.І. Мандельштама стосуються оптики, радіофізики, теорії нелінійних коливань і квантової механіки [10].

З його ім'ям пов'язані видатні відкриття у фізиці й виникнення нових галузей техніки. В Одесі Л.І. Мандельштам займався проблемами розсіяння світла та теорією нелінійних коливань. В 1918 р., вивчаючи процеси виникнення флуктуацій, він дійшов висновку про можливість ви-



Л.І. Мандельштам



М.Д. Папалексі

користання в оптиці ідеї модуляції. В 1920–1921 рр. в обговореннях з М.Д. Папалексі Л.І. Мандельштам зазначав, що у вільному від сторонніх домішок однорідному тілі внаслідок теплових флуктуацій повинне спостерігатися не тільки релеєвське розсіювання, а також зміна тонкої структури спектра розсіяного світла. Аналогічне припущення про розщеплення спектральних ліній під час розсіювання світла пружним середовищем висловив та опублікував 1922 р. французький фізик Л. Бріллюен (ефект Мандельштама – Бріллюена), а Л.І. Мандельштам через свою високу наукову сумлінність опублікував свої результати тільки в 1926 р.

Спроби експериментально виявити ефект Мандельштама – Бріллюена привели Л.І. Мандельштама та Г.С. Ландсберга восени 1927 р. до відкриття комбінаційного розсіювання світла. Однак перше повідомлення про своє відкриття вони зробили тільки влітку 1928 р., коли досягли високої точності вимірювань і побудували теорію ефекту, віддавши тим самим пріоритет відкриття індійським фізиком Ч. Раману та К. Крішнану, які виявили також цей ефект незалежно в січні 1928 р., але відразу що ж опублікували повідомлення про своє відкриття. В 1928 р. Л.І. Мандельштам і М.О. Леонтович незалежно від американського фізика Р.Оппенгеймера (1927) розробили теорію проходження частинки крізь потенціальний бар'єр (тунельного ефекту).

Наприкінці 20-х років у Москві завдяки зусиллям Л.І. Мандельштама, М.Д. Папалексі та їхніх учнів, у першу чергу О.О. Андронова та О.А. Вітта, теорія нелінійних коливань оформилася як самостійний науковий напрям і в середині 30-х років у школі Ман-

дельштама одержала бурхливого розвитку. Однак перші дослідження в цій галузі, що стосувалися самозбудження та автоколивань лампового генератора, Л.І. Мандельштам і М.Д. Папалексі провели в 1918–1920 рр. саме в Одесі.

ПАПАЛЕКСІ Микола Дмитрович (1880–1947) – російський фізик, академік АН СРСР (1939). Народився в Сімферополі. В 1899–1904 рр. навчався в Берлінському й Страсбурзькому університетах. Після захисту дисертації працював у Страсбурзькому університеті та його Фізичному інституті спочатку асистентом у К. Брауна, потім приват-доцентом. Улітку 1914 р. повернувся до Росії, де працював у Петербурзі консультантом і завідувачем дослідної лабораторії заводу «Російського товариства бездротових телеграфів і телефонів». Восени 1918 р. на запрошення Л.І. Мандельштама переїхав до Одеси, де став доцентом кафедри фізики й завідувачем фізичним практикумом Одеського політехнічного інституту, а з 1920 р. – професором теоретичної електротехніки, читав також лекції з радіовимірювань та теорії коливань. В 1922–1935 рр. працював у Центральній радіолабораторії (Москва, Ленінград), з 1935 р. – у Фізичному інституті АН СРСР. Наукові праці М.Д. Папалексі стосуються радіофізики, радіотехніки й теорії нелінійних коливань [10].

Відразу після повернення до Росії працював над створенням перших вітчизняних підсилювальних і генераторних електронних ламп (лампи Папалексі) і вперше застосував для їх накаливання високочастотне індукційне нагрівання, розробляв лампові приймачі для потреб армії, проводив експериментальні роботи з радіо-телефонного зв'язку та ін. У цей же період розпочав дослідження з теорії збудження лампових генераторів. В Одесі М.Д. Папалексі завершив та опублікував першу частину роботи з теорії лампового генератора, яка була першою спробою створення послідовної нелінійної теорії такого класу приладів. У ній було використано метод припасовування, який він уперше

застосував ще в дисертації 1911 р. в задачі про випрямляч. Подальше дослідження проблеми стійкості періодичних рухів за допомогою методу припасовування привело М.Д. Папалексі до роботи про граничні цикли.

Одеський політехнічний інститут невдовзі після відкриття став одним із провідних наукових центрів півдня Росії. Очоливши кафедру фізики, Л.І.Мандельштам залучив до викладацької роботи, крім М.Д. Папалексі, також М.А.Аганіна [27], Б.Ф.Цомакіона [28], І.Є.Тамма [10] та ін. Завдяки зусиллям Л.І.Мандельштама та М.Д. Папалексі в Інституті склався сильний колектив фізиків – професори Р.В.Львович і Б.Ф.Цомакіон, молоді вчені та студенти І.Є.Тамм, К.Б.Романюк, К.В.Стахорський, Є.Я.Щоголев, К.Е.Віл-лер, Я.М.Кравець, Г.К.Серапін, А.Я.Брейгбарт, Е.Д.Айсберг та ін. Деякі з них стали першими російськими учнями Л.І.Мандельштама (І.Є.Тамм, К.Б.Романюк, Є.Я.Щоголев та ін.). З устаткування колишнього Кадетського корпусу та Народної аудиторії, а також приладів з Новоросійського університету й приватних колекцій вони зібрали фізичну лабораторію, де проводилася наукова робота та прикладні дослідження.

В 1920 р. в ній з ініціативи М.Д. Папалексі І.Є.Тамм зі студентами Є.Я.Щоголевім і К.В.Стахорським почав вивчення конструкцій радіоламп і розробку нових методів відкачки. Їх успішна діяльність дозволила вже 1921 р. з фізичної лабораторії Політехнічного інституту виділити вакуумну лабораторію, де було налагоджено виробництво радіоламп, найпоширеніших у прийнятно-підсилювальних схемах (лампи типу Р-5). Кадри для цього виробництва склали

група – викладачів і студентів, які називали себе «вакуумною артілью». Для відкачки ламп застосовувалася каскадна схема вмикання вакуумного насоса Ленгмюра та ртутного обертального й масляного форвакуумного насосів Геде. Одночасній відкачці піддавалися не менш 10 радіоламп. За сировину працювало пляшкове скло та освітлювальні лампи розжарення. В 1922 р. розробки вакуумної лабораторії впроваджено на Одеському радіотелеграфному заводі, а також на ряді інших підприємств Тресту заводів слабого струму. Тоді ж вакуумна лабораторія почала відновлювати рентгенівські трубки.

В 1924 р. завідувач фізичною лабораторією Політехнічного інституту М.А.Аганін сконструював актинометр для магніто-метеорологічної обсерваторії, пізніше організував магнітну зйомку Одеського району.

АГАНІН Марк Абрамович (1876–1940) – український фізик. Народився в Одесі, де закінчив 1898 р. університет. З 1919 р. працював в Одеській геофізичній обсерваторії та в 1922–1931 рр. завідував кафедрою Одеського політехнічного інституту. В 1939 р. його обрано членом-кореспондентом Академії наук УРСР. Наукові дослідження стосувалися головним чином магнітометрії. Здійснив магнітну зйомку території України та склав її магнітну карту [27].

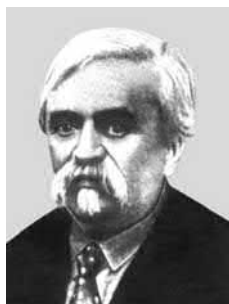
В цей же період С.В.Вольтер розробляв методику актинометричних досліджень у медицині, а М.А.Єгуннов вивчав можливість застосування результатів молекулярної фізики в харчовій промисловості.

В 20-ті роки під керівництвом Б.Ф.Цомакіона обстежено радіостанцію Чорноморського пароплавання та виконано її профілактичний ремонт, розроблялися та виготовлялися спеціальні радіолампи, що замовлялися Харківською науково-дослідною кафедрою фізики для робіт в УКХ-діапазоні та ін. Значною заслугою

Б.Ф. Цомакіона було впровадження в дію влітку 1923 р. Одеської радіостанції потужністю 2 квт.

ЦОМАКІОН Борис Федорович – український фізик, професор. Народився 22 жовтня 1879 р. в Одесі. В 1898 р. поступив у Новоросійський університет, з якого двічі відраховувався за участь у студентському русі (1899–1906 рр.). Брав участь у Російсько-японській війні. Після повернення з фронту 1906 р. закінчив університет і займався викладацькою діяльністю. Учасник Першої світової війни, двічі поранений, потрапив 1915 р. у полон і до осені 1918 р. перебував у таборах військовополонених у Німеччині. В 1919–1931 рр. працював в Одеському політехнічному інституті інших установах, зокрема з 1922 р. – технічний директор радіотелеграфного заводу, в 1931–1938 рр. – декан факультету, перший заступник директора Одеського інституту інженерів зв'язку. В квітні 1938 р. заарештований і 1940 р. засланий в Красноярський край, з 1943 р. – професор, з 1945 р. – завідувач кафедри фізики Красноярського педагогічного інституту. Помер 30 грудня 1955 р. Наукові дослідження стосуються радіотехніки, техніки вакууму, електров'язку, електродинаміки, магнетизму [28].

В 1919 р. в Одесі для ремонту радіостанцій організовано Радіотелеграфний завод, науковими консультантами якого протягом перших трьох років були Л.І. Мандельштам і М.Д. Папалексі. За їх пропозицією в заводській лабораторії струмів високої частоти проводилися дослідні роботи (їх вели в основному учені Політехнічного інституту). Зокрема, було вивчено можливості використання лампових і дугових передавачів у радіотелефонії, розроблено й впроваджено 1923 р. у виробництво теплові амперметри високої частоти, реалізовано під керівництвом Б.Ф.Цомакіона методику абсолютного градування хвилемірів, розроблену в 1916–1917 рр. Л.І. Мандельштамом. Після 1924 р. деякі з учнів Л.І. Мандельштама та М.Д. Папалексі переїхали за ними до Петрограда і Москви.



М.А. Аганін



Б.Ф. Цомакіон

В грудні 1921 р. Одеський губпрофобр приступив до організації в Одесі мережі наукових установ. Одеське бюро Наукового комітету клопотало про створення 36 дослідницьких кафедр, у тому числі кафедри фізики і технічної фізики. Через скорочення бюджету Наркомпрос України дозволив відкрити тільки 15 кафедр, а потім ще 4. Всі фізичні кафедри було об'єднано в одну кафедру фізики під керівництвом Л.І. Мандельштама, але її відкриття відклали після його від'їзду в 1922 р. з учнями з Одеси.

Єдиним центром фізичних досліджень в Одесі став Фізичний інститут колишнього Новоросійського університету, де на початку 20-х років діяли дві невеликі групи ентузіастів. Тут, у фотофізичній лабораторії інституту, почалися в 1922 р. дослідження Е.А. Кириллова з наукової фотографії, трохи пізніше професор П.А. Талько-Гринцевич тут зібрав групу рентгенофізиків. Однак в 1922–1925 рр. їх дослідження не було включено до плану наукових праць (Інститут юридичного статусу наукової установи не мав). При цьому Науковий комітет офіційне визнання Інституту пов'язував з неодмінною присутністю там Л.І. Мандельштама та М.Д. Папалексі. Протягом кількох років наукова праця в Одеському фізичному інституті трималася винятково на ентузіазмі його не-



Е.А. Кириллов

численних дослідників і працівників.

Питання про статус Одеського фізичного інституту, стан його кабінетів і лабораторій і наукової роботи неодноразово розглядалися на засіданнях керівників наукових

установ Одеси, зборах викладачів вузів, фізиків міста. При цьому йшлося про необхідність легалізації наукових досліджень, що велися в інституті. В 1923–1924 рр. Одесу відвідав академік П.П. Лазарев – директор Інституту біофізики АН СРСР у Москві. Він уважно оглянув Фізичний інститут, ознайомився з постановкою в ньому дослідницької роботи й висловив низку практичних порад. На зустрічах із ученими Одеси поділився досвідом організації фізичних досліджень в Росії. У вересні 1924 р. на IV з'їзді російських фізиків П.П. Лазарев зазначив, що в лабораторіях Одеського фізичного інституту проводяться багатообіцяючі дослідження з фізики твердого тіла.

Нарешті, 30 квітня 1926 р. Раднаркому України затвердив штати Науково-дослідного інституту фізики в Одесі, офіційно перевідкритого 1 червня 1926 р. [29]. Очолив Інститут професор Е.А. Кириллов, штатними науковими співробітниками (асистентами) стали П.А. Талько-Гринцевич і Г.Л. Міхневич, позаштатними – Д.Д. Хмиров і Б.Ф. Цомакіон, аспірантами зароховано С.І. Голуба, В.В. Кондогурі, Е.Я. Бардаха та І.І. Новицького.

КИРИЛЛОВ Елпідифор Анемподистович (1883–1964). Народився у с. Шабка (нині в Молдові). Закінчив Новоросійський університет в Одесі (1907), в якому працював (з

1921 р. – завідувач кафедри та з 1926 – директор Інституту фізики при університеті). Наукові дослідження присвячено оптиці, зокрема оптичним і фотоелектричним явищем у галогенідах срібла, внутрішньому фотоелектричному ефекту, фізичним основам фотографічного процесу. Створив наукову школу в науковій фотографії [30].

Одеський фізичний інститут було відтворено на базі фізичних кабінетів і лабораторій університету. Він мав у своєму складі 18 лабораторій (з них 5 – для оптичних і фотографічних робіт), велику аудиторію на 250 чоловік, бібліотеку, механічну й столярну майстерні, а також акумуляторну та інші допоміжні підрозділи. У перші роки його роботи можна виділити дві групи науковців, які працювали у двох основних напрямках – фотофізичному (лабораторія Е.А. Кириллова) і рентгенофізичному (лабораторії П.А. Талько-Гринцевича та Д.Д. Хмирова). Наукові дослідження в Інституті проводили штатні співробітники, а також студенти і викладачі одеських вузів, які були або тимчасово направлені до Інституту, або брали участь в його роботах як позаштатні наукові співробітники.

Після офіційного відкриття Інституту, завдяки виділенню на наукову роботу коштів, а також залученню нових кадрів до участі в його роботі, з'явилася можливість значно розширити дослідження. Основним напрямком роботи Інституту в 20-ті роки були дослідження електронних процесів в іонних кристалах (фотоелектричні явища, поглинання й люмінесценція в галоїдних солях срібла, фізичні основи фотографічного процесу), що проводилися під керівництвом Е.А. Кириллова. Починаючи ще з 1922 р. у фотофізичній лабораторії (тоді ще університету) вивчалася можливість відновлення властивостей використаних світлочутливих матеріалів і вели-

ся інші роботи з наукової фотографії. Наукові дослідження 1922–1923 рр. стосувалися питань режиму на межі двох діелектриків і діелектрика з металом. Ці проблеми вивчав А.М. Балл, який 1925 р. опублікував роботу про випрямляючу дію контакту «напівпровідник – метал».

Дослідженням фотоелектричних та оптичних властивостей галоїдних солей срібла з 1923 р. почав займатися Е.А. Кириллов. Виявлена вже в перших роботах схожість спектрального розподілу фотоелектричної та фотохімічної дій дозволила згодом встановити органічний зв'язок між цими явищами та вказало на спільність їхнього механізму. В ході подальших досліджень було вивчено спектральний розподіл внутрішнього фотоефекту в AgI і AgBr , встановлено вплив електролітичних домішок на механізм ефекту, знайдено й пояснено закономірності утворення схованого зображення у фотографічній плівці [115, 116]. Систематичні дослідження фотопровідності в тонких зернистих шарах галогенідів срібла, виконані Е.А. Кирилловим в 1926–1927 рр., привели його до відкриття в 1930 р. так званого негативного фотоефекту в броміді та хлориді срібла, що полягає в зменшенні сили струму під дією світла. Дослідження спектра негативного фотоефекту показали, що він пов'язаний з утворенням схованого зображення; це підтвердило існування зв'язку між фотоелектричними та фотохімічними процесами.

Починаючи з 1926 р. співробітниками фотофізичної лабораторії проводилося вивчення фотоефекту в сполуках галогенідів срібла з аніліновими барвниками-сенсibilізаторами (А.М. Балл, Г.А. Кулев), а також флюоресценції та абсорбції твердих роз-

чинів анілінових барвників (С.І. Голуб). У цій же лабораторії А.М. Балл провів низку експериментів з виявлення дії різних механічних факторів на внутрішній фотоефект і розглянув умови проходження світла крізь шар фотографічного зображення при проєктуванні та збільшенні.

М.М. Подашевський вивчав фотопровідність пластично деформованих кристалів кам'яної солі. Було встановлено, що в перший момент, при дії механічного навантаження, спостерігається різке падіння сили фотоструму, який зменшується згодом таким чином, що його крива асимптотично наближається до деякого залишкового значення. Одержані результати обговорювалися на IV з'їзді російських фізиків (1924) і на I з'їзді Української асоціації фізиків (1928).

В 1923 р. В.В. Кондогурі розпочав цикл робіт з молекулярної фізики, результатом якого було відкриття впливу електричного й магнітного полів на кристалізацію переохолоджених рідких діелектриків. У дослідженнях брали участь також М.А. Базилевич і Р.Я. Берлага. В 30-ті роки цей напрям очолив Г.Л. Михневич, під керівництвом якого вдосконалено методику досліджень та одержано фундаментальні результати з кінетики утворення центрів кристалізації в переохолоджених рідинах.

Таким чином, у другій половині 20-х років у фотофізичній лабораторії Одеського фізичного інституту почав складатися творчий колектив, на основі якого згодом виросла одеська школа наукової фотографії [30].

У групі рентгенофізики Одеського фізичного інституту Д.Д. Хмиров та П.А. Кир'яков вивчали вплив рентгєнівського випромінювання на електропровідність рідин, а П.А. Талько-

Гринцевич – на електропровідність органічних рідин і організм людини. Наприкінці 20-х років він опублікував статтю про результати експериментального дослідження проходження рентгенівських променів крізь одеський будівельний камінь у зв'язку з проблемою захисту людського організму від шкідливого впливу випромінювання. У лабораторії Талько-Гринцевича Л.Ф. Верещагін досліджував індукцію рентгенівських променів, а М.Д. Довгяло – застосування фізичних методів до анатомічних досліджень.

Слід зазначити, що тематика наукових праць, які проводилися в 20-ті роки в інституті, не обмежувалася фото- і рентгенофізичними дослідженнями. Так, Г.Л. Михневич в окремій лабораторії проводив експериментальне дослідження енергії вихрового руху, М.М. Подашевський у лабораторії Талько-Гринцевича працював над проблемою фарбування кристалів, а Д.Д. Хмиров у своїй лабораторії вивчав можливість застосування ультрафіолетових променів у криміналістиці. Окремі роботи присвячено також питанням електро- і радіотехніки. В 1922–1923 рр. Д.Д. Хмиров розробив метод виготовлення польових конденсаторів, 1926–1928 рр. Б.Ф. Цомакіон вивчав об'ємно- та індуктивно зв'язані контури, а також досліджував і вніс удосконалення в трансформатор рентгенівської установки. У цей же період він опублікував першу частину свого «Курсу радіотехніки та електромагнітних коливань і хвиль». В 1924 р. П.А. Талько-Гринцевич описав вентиль дугового типу для струму високої напруги.

Робота Одеського фізичного інституту, як і інших фізичних установ, у розглядуваний період гальмувалася

обмеженістю коштів, виділених на наукові дослідження, та відсутністю точних приладів. Фактично співробітникам Інституту доводилося користуватися приладами та устаткуванням, придбаними до 1905 р. Іншим фактором, що негативно впливав на проведення наукових досліджень в Інституті, була надмірна завантаженість співробітників педагогічною роботою, а лабораторій Інституту – практичними заняттями студентів. Через нестачу власних лабораторій майже всі вузи Одеси змушені були користуватися лабораторіями та аудиторією Фізичного інституту, а професори фізики цих вузів одночасно були його співробітниками.

У ці роки в Одесі проходила діяльність відомого українського радіолога Євгена Самійловича Бурксер (1887–1965) – учня М. Склодовскої-Кюрі та Н.М. Мелікішвілі. В 1921 р. з його ініціативи створюється Інститут прикладної хімії та радіології, перетворений 1926 р. в Одеський хіміко-радіологічний інститут, директором якого він став. Є.С. Бурксер визначав радіоактивність різних природних об'єктів, досліджував вплив радіоактивного випромінювання на рослинні організми, розробив методи виділення урану й полонію з ферганської руди, технології одержання солей літію, рубідію, цезію, торію, лантанідів з вітчизняної сировини, вивчав міграцію солей в атмосфері. Останнє започаткувало аерогеохімічні дослідження в Україні. Таким чином, в Одесі в 20-ті роки почав формуватися третій в Україні фізичний центр.

Фізичні дослідження в інших установах України [3, с. 126–128]. Наукова робота в галузі фізики велася не тільки в університетах і нечисленних науково-дослідних установах України,

але й в інших її вищих навчальних закладах, зокрема Львівському політехнічному інституті, Харківському технологічному інституті, Київському політехнічному інституті, Дніпропетровському гірничому інституті та ін.

При КПІ, як вже зазначалося, існувала Київська науково-дослідна кафедра фізики, огляд робіт який наводився вище. З часу заснування в КПІ викладав і завідував кафедрою фізики Г.Г. Де-Метц. Фізична лабораторія й кабінет Інституту були одними з кращих у вищій школі України. Наукові праці Г.Г. Де-Метца стосувалися оптики, радіоактивності, метрології, методиці викладання фізики. Він досліджував явище подвійного променезаломлення в багатьох рідинах, ефект Керра тощо.

Цікаві результати з рентгенофізики одержано в Київському рентгеновському інституті [31]. Його створено 7 липня 1920 р. на базі Центральної станції рентгенології. В 1925 р. перейменовано в Київський рентгено-радіологічний інститут, а 1934 р. — Київський науково-дослідний рентгено-радіологічний та онкологічний інститут (розміщувався по вул. Льва Толстого, 7; нині тут Республіканська наукова медична бібліотека). В 1920–1930 рр. директором Інституту був інженер-фізик Ю.П. Тесленко.

На початковому етапі в Інституті проводилися рентгенологічні дослідження, реставрація рентгеновських трубок, готувалися кадри лікарів рентгенологів, рентген-лаборанти і рентген-техніки для лікувальних закладів України тощо. В 1923 р. при Інституті створено онкологічну клініку. З роками інститут все більше стає установою медичного профілю (нині — Інститут онкології АМН України).

У фізико-технічному відділі Інституту (В.К. Роше — керівник, Д.М. На-

следов, П.В. Шаравський, В.М. Тучкевич, А.П. Александров, Т.М. Качура та ін.) вивчалася залежність інтенсивності рентгеновських спектральних ліній від напруги в рентгеновських трубках, показано можливість вимірювання високих напруг рентгеноспектрографічним методом, вивчено вплив рентгеновського випромінювання на проходження електричного струму через тверді діелектрики, проведено дослідження з рентгеновської дозиметрії, розроблено під керівництвом В.К. Роше еталон одиниці вимірювання іонізуючого випромінювання — рентген.

РОШЕ Всеволод Костянтинович — український фізик. Народився 1872 р. у Червоному Селі Петербурзької губернії в сім'ї інженера. В 1890 р. закінчив Житомирську гімназію, 1895 р. — фізико-математичний факультет Київського університету, в якому в 1895–1903 рр. працював асистентом кафедри фізики, в 1903–1908 рр. — доцентом Варшавського університету, 1908–1918 рр. викладав фізику на Київських вищих жіночих курсах і завідував лабораторією, 1918–1920 рр. — в Київському жіночому медичному інституті та Київському університеті, 1920–1921 рр. — професор Одеського політехнічного інституту та з 1921 р. — керівник відділення Київського рентгеновського інституту і з 1922 р. — професор Київського університету. Помер 25.09.1933 р.

Наведемо фрагмент спогадів академіка А.П. Александрова, тодішнього лаборанта Інституту, про ті часи.

«Володя (В.М. Тучкевич — *авт.*) розповів мені, що в Київському рентгеновському інституті (медичному) є група фізиків, в якій і він працює. Якщо мене цікавить фізика, то я можу попросити прийняти мене в цю групу, звичайно, без оплати. Цією групою керував професор Роше — завідувач кафедри фізики університету... Там було ще два університетських викладача фізики — Д.М. Наследов і П.В. Шаравський. Через кілька днів я вже почав працювати в рентгено-фізичному відділі Київського рентгеновського інституту... Там працював чудовий семінар, дуже цікаво організований. Ми призначали тему семінару і, зібравшись на нього, тягнули жребій, кому доповідати. Це примушувало всіх вивчати

матеріал по темі і творчо обговорювати його. Там же ми обговорювали власні експериментальні роботи...

Слід зазначити, що в ці роки наукове життя в країні (УСРР – *авт.*) інтенсивно розвивалося. Постійно читалися публічні лекції на різні наукові теми, відкривалися нові факультети в навчальних закладах, створювалися нові навчальні заклади та наукові інститути. Одного разу в Рентгенівський інститут приїхав професор (згодом академік) М.М. Семенов з Ленінградського фізико-технічного інституту (ЛФТІ), від академіка А.Ф. Йоффе. Він пробув у нас три дні, прочитав кілька лекцій, був присутнім на нашому семінарі..., залишився задоволеним. Виявилось, що напрями кількох наших і фізтехівських робіт збігаються. Він познайомив нас з загальними ідеями розвитку науки в країні, особливо фізики й хімії, розповів про передбачуване створення нових інститутів на основі деяких відділів ЛФТІ. Ми якось відчули і свою причетність до цих великих справ.

Настав 1930 рік. Йоффе надіслав до Рентгенівського інституту професора Я.І. Френкеля, чудового теоретика з Фізтеху, а слідом за ним – І.В. Курчатова. В цей час готувався Всесоюзний з'їзд фізиків в Одесі, що намічався на серпень 1930 р. Нашу групу з Київського рентгенівського інституту було запрошено на з'їзд за пропозицією Я.І. Френкеля. Всі ми вперше були на такому науковому форумі. За ініціативою Я.І. Френкеля і М.М. Семенова нас запросив до себе А.Ф. Йоффе, і ми розповіли йому про наші роботи в Київському рентгенівському інституті. Розповідь для А.Ф. Йоффе виявилася цікавою, і він запропонував Наследову перевести всю нашу групу в Ленінград, у Фізтех... Ми вирішили розпочати нове життя і восени вдвох з Наследовим, а потім Шаравський і Тучкевич переїхали до Ленінграда. В Києві, у професора Роше створили нову групу, в якій був мій брат Борис» [32, с. 278–279].

На 20-ті роки в Києві припадає становлення як ученого М.М. Боголюбова, згодом видатного вітчизняного математика та фізика-теоретика [33]. Разом зі своїм учителем академіком ВУАН М.М. Криловим він активно працював в галузі математичної фізики, варіаційного числення та інших напрямках сучасної математики. Наприкінці 20-х років вони на Кафедрі

математичної фізики ВУАН, створеної в 1922 р., розпочали дослідження, присвячені розробці нових методів наближеного інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь, що заклали основи нового наукового напрямку, названого ними нелінійною механікою. Вона була синтезом низки ідей і принципів математичної фізики, зокрема методу Рітца, символічного числення Хевісайда, різних інженерних задач теорії нелінійних коливань. Ними запропоновано нові асимптотичні методи, які були поширенням методу малого параметра Пуанкаре на неконсервативні динамічні системи, котрі одержали остаточне завершення на початку 30-х років. Тим самим було розроблено новий підхід до проблем нелінійних коливань, або асимптотична теорія нелінійних коливань (нелінійна механіка), яка одержала бурхливого розвитку в працях М.М. Крилова, М.М. Боголюбова та їхніх учнів і послідовників [34].

Що стосується Львівського університету, який перебував у ці роки на території Польщі, то єдиним відомим фізиком у ньому був **С. Лорія** (1883–1958), котрий працював до цього в лабораторіях Камерлінг-Оннеса, Лоренца, Зеємана та Резерфорда. В 1917 р. він став тут професором кафедри теоретичної фізики, а з 1928 р. очолив кафедру експериментальної фізики й Фізичний інститут при університеті. Його роботи стосувалися в основному фізичної оптики та атомної фізики, він автор книг «Відносність і гравітація» та «Ефір і матерія» (1921) [10].

У Львівському політехнічному інституті в 1922–1937 рр. професором фізики був **В. Рубінович** (1889–1974), роботи якого стосувалися квантової теорії та атомної фізики. Добре відомі його теорія мультипольного випромі-

нювання й правила відбору для квадрупольного випромінювання [10].

З 1912 р. професором Катеринославського вищого гірничого училища (згодом – Дніпропетровський гірничий інститут) був фізико-хімік **Писаржевський Лев Володимирович** (1874–1938), у 1922–1927 рр. – також керівник Науково-дослідної кафедри електронної хімії, на базі якої 1927 р. створено Інститут фізичної хімії, директором якого він став. Л.В.Писаржевський вперше ввів у хімію поняття електрона, сформулював загальноприйняті нині уявлення про роль електронів у хімічних реакціях, розробляв основи електронної хімії, розглядаючи хімічні процеси на основі будови електронних оболонок атомів і молекул і їхніх взаємодій [33].

В 20-х роках завідував секцією фізики Науково-дослідної кафедри електронної хімії А.Е. Малиновський.

МАЛИНОВСЬКИЙ Андрій Едуардович – український фізико-хімік. Народився в 1884 у Ржищеві (нині Київської області). Закінчив Київський університет (1909), в якому працював у 1909–1912 рр. і 1915–1918 рр. (в 1912–1914 рр. стажувався в Тюбінгенському університеті), 1919 р. – професор Кам'янець-Подільського університету; з 1922 р. працював на Науково-дослідній кафедрі електронної хімії та в 1929–1937 рр. був професором Дніпропетровського гірничого інституту і 1932–1937 – завідувачем відділу Дніпропетровського фізико-технічного інституту. 14.06.1937 необґрунтовано заарештований і невдовзі розстріляний. Основна його діяльність стосувалася фізики горіння й вибуху [35].

В 1924 р. він відкрив ефект впливу електричного поля на процес горіння. Особливо інтенсифікувалися його експериментальні дослідження в цьому напрямку, коли він очолив відділ фізичних вимірювань Інституту фізичної хімії, а потім



Л.В. Писаржевський

А.Е. Малиновський

у відділі фізики горіння та вибуху Дніпропетровського фізико-технічного інституту.

Історичний інтерес становить Фізичний інститут Таврійського університету в Сімферополі, створеного в 1918 р. З самого початку університету в його складі була кафедра загальної фізики (фізичний кабінет), очолювана А.Ф. Йоффе, який тоді влітку опинився в Криму і відразу активно включився в роботу по створенню університету і підготовці положення про нього та формуванню кабінету фізики, який 1924 р. перейменовано на Фізичний інститут. При ньому перебували метеорологічна та оптична станція, а з 1928 р. і сейсмічна. В 1924 р. кафедру фізики університету, отже, і Фізичний інститут очолив І.І. Тихановський (1893–1930) [36]. Основними науковими напрямками Інституту, важливими для Криму, були – актинометрія, оптика атмосфери, метеорологія. Тут проводилися вимірювання інтенсивності сонячної радіації, прозорості атмосфери, поляризації небесного світла, радіоактивності вод кримських джерел, аерологічні та сейсмологічні дослідження, вивчення фізичних властивостей кримських будівельних каменів, побудовано І.І. Тихановським

теорію розсіяння світла в земній атмосфері. Однак після смерті його в 1930 р. Фізичний інститут припинив

своє існування, до того ж університет було перетворено в педагогічний інститут [36].

1. Павленко Ю., Храмов Ю. Українська державність у 1917–1919 рр. – К.: Манускрипт, 1995.

2. Кульчицький С., Павленко Ю., Руда С., Храмов Ю. Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному контексті. 1918–1998. – К.: Фенікс, 2000.

3. Павленко Ю., Ранюк Ю., Храмов Ю. «Дело» УФТІ. 1935–1938. – К.: Фенікс, 1998.

4. Авторханов А. Происхождение партократии. – Франкфурт-на-Майне: Посев, 1983. – 2 т.

5. Восленский М. Номенклатура. – М.: Советская Россия – Октябрь, 1991.

6. Касьянов Г.В., Даниленко В.М. Сталінізм і українська інтелігенція. – К.: Наук. думка, 1991.

7. Организация науки в первые годы советской власти (1917–1925) – Л.: Наука, 1968.

8. Организация советской науки в 1926–1932 гг. – Л.: Наука, 1974.

9. Храмов Ю.О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій та відкриттів. – К.: Фенікс, 1915. – 2 вид.

10. Храмов Ю.А. История физики. – К.: Фенікс, 2006.

11. Храмов Ю., Руда С., Павленко Ю., Кучмаренко В. Рання історія Академії наук України (1918–1921). – К.: Манускрипт, 1993.

12. Національна академія наук України. 1918–2018. Хронологія. – К.: Фенікс, 2018.

13. Збірка законів і розпоряджень робітничо-селянського Уряду за 1921 р. – Харків, Наркомат юстиції, 1921. – ч. 2.

14. Об учреждении научно-исследовательских кафедр // СУ Украины, 1921, №25.

15. Наука на Украине // 1922, №1, с. 112–126.

16. Дальнейшее развитие сети научно-исследовательских кафедр на Украине // Наука на Украине, 1922, №2.

17. Науково-дослідні заклади української науки // Наука на Україні, 1926, №1.

18. Наукові установи та організації УСРР. – Харків: Державна планова комісія УСРР, 1930.

19. Слуцкий А.А., Штейнберг Д.С. Получение колебаний в катодных лампах при помощи магнитного поля // Журнал Рос. физ.-хим. общества, ч. физ., 1926, т. 58, вып. 2, с. 395–407.

20. Глебова А.Н., Храмов Ю.А. К вопросу о приоритете в создании магнетронного генератора // Нариси з історії природознавства і техніки, 2000, вип. 43, с. 3–15.

21. Костенко О.О. Штейнберг. Творчий портрет // Наука і наукознавство, 2010, №1, с. 64–73.

22. Глебова А.Н., Храмов Ю.А., А.Г. Гольдман – основоположник фізики і техніки полупроводников в Украине // Вестник Днепропетр. ун-та, 1994, вып. 1, с. 102–116.

23. Колтачихіна О.Ю. Лев Якович Штрум – забуте ім'я української науки // Наука і наукознавство, 2008. №4, с. 164–169.

24. Горелик Г.Е., Френкель В.Я. Матвей Петрович Бронштейн. – М.: Наука, 1990.

25. Зарубіжні вчені – вихідці з України в галузі фундаментальних і технічних наук. – К.: Фенікс, 2017.

26. Герцикан

27. Аганін

28. Цомакіон

29. Голуб С. И. 50 лет Научно-исследовательского института физики Одесского государственного университета / Вопросы физики твердого тела. – К., Вища школа, 1976.

30. Грушицька І.Б., Сухотеріна Л.І., Є.А. Кириллов – фундатор Одеської школи наукової фотографії // Наука і наукознавство, 2015, № 3, с. 129–137.

31. Рентген ін-т

32. Фізика о себе. – М.: Наука, 1990.

33. Палій В.М., Храмов Ю.О. Національна академія наук України. Персональний склад. 1918–2018. – К.: Фенікс, 2018.

34. Крылов Н.М., Боголюбов Н.Н. Введение в нелинейную механику. – К.: Изд-во АН УССР, 1937.

35. Савчук В.С. Андрей Эдуардович Малиновский // Очерки истории естествознания и техники, 1989, вып. 36, с. 124–128.

СТАНОВЛЕННЯ СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ В УКРАЇНІ В 30-Х РОКАХ ХХ СТ.

Суспільно-політичний контекст

Становлення і розвиток фундаментальних наук в Україні та складні взаємовідносини науки і влади в зазначений період необхідно розглядати в контексті суспільних і духовних змін, які відбувалися тоді в колишньому Радянському Союзі, зокрема Україні [1, с. 178–199; 2, с. 7–82].

На межі 20–30-х років у СРСР здійснено трансформацію соціально-економічної системи. Внаслідок проведеної індустріалізації та колективізації у правлячій номенклатурі зосередилася майже вся власність держави. Інакше кажучи, від політичної диктатури над суспільством вона перейшла до тоталітарного панування над усім народним надбанням, матеріальними та людськими ресурсами, з подальшим підпорядкуванням собі також сфери духовно-культурного життя. В результаті на початку 30-х років СРСР повністю перетворився на тоталітарну державу [3, 4].

Встановлення тоталітарного режиму вимагало одержавлення всіх форм економічної діяльності, зокрема власності десятків мільйонів селянських господарств, які, отримавши внаслідок Жовтневої революції 1917 р. панську землю, впродовж кількох років непу досягли у своїй більшості певного добробуту. За рахунок посилення експлуатації селян можна було годувати величезний бюрократичний апарат, чисельність якого в 1928 р. досягла 4 мільйонів, та сплачувати мізерну платню робітникам, нижчу ніж у до-

революційні часи. За рахунок суцільного пограбування села та експорту хліба за демпінговими цінами можна було провести індустріалізацію країни, тобто створити енергетику, важку промисловість та військово-промисловий комплекс, який мав забезпечити мілітарну перевагу СРСР над іншими державами. Тому на XV з'їзді партії у грудні 1927 р. було проголошено курс на прискорену індустріалізацію в поєднанні з розгортанням швидкої колективізації селянських господарств.

Суцільна колективізація передбачала знищення заможного селянства як класу. Так, перша хвиля розкуркулення, що тривала з січня по березень 1930 р., призвела до розкуркулення в 309 районах України 61887 селянських господарств (загальна їх кількість становила 5054 млн) [3]. Нова хвиля розкуркулення охопила 12–15% всіх селянських господарств України, а кількість колективізованих господарств у липні 1931 р. піднялася до березневого рівня 1930 р. і дорівнювала 57,5%. Восени 1931 р. питома вага колгоспних дворів серед селянських господарств України сягнула 67%, а до кінця 1932 р. колективізовано майже 70% господарств, які охоплювали понад 80% посівних площ. Але продуктивність праці в колгоспах була низькою. Найпрацелюбнішого елемента вислано, обіцяної сільськогосподарської техніки в необхідному обсязі не надходило, а худоби та ре-

маненту, забраного у селян до колгоспів, не вистачало.

Весь цей час у країні розгорталася вакханалія насильства на тлі різкого погіршення забезпечення міст продовольчими товарами (з квітня 1929 р. введено хлібні картки), галасу навколо «геніальності» Сталіна, якому в грудні 1929 р. виповнилося 50 років, та масові репресії проти інтелігенції, особливо жорстокі в Україні. Її звинувачували у шкідництві та саботажі, намагаючись тим самим виправдати провали в економіці та різке погіршення якості життя більшості населення. Попри все індустріалізація, в жертву якій було принесено селянство, відбувалася швидкими темпами. На відібране у селян зерно на Заході, переважно в Німеччині, закуповувалося найновіше промислове обладнання для заводів та електростанцій, які будувалися в Україні, Поволжі, Уралі та Кузбасі. Індустріалізація проводилася за жорсткими п'ятирічними планами. У найстиліші терміни тільки в Україні зведено Дніпрогес, введено в дію Харківський тракторний завод, металургійні заводи «Запоріжсталь», «Азовсталь» та «Криворіжсталь», Дніпроалюмінбуд, Новокаматорський завод важкого машинобудування, в гіганта промисловості перетворився реконструйований Луганський паровозобудівний завод. Подібні велетні промисловості ставали до ладу також у Центральній Росії (Сталінградський тракторний завод, Горьківський та Московський машинобудівні заводи) та на Уралі й Кузбасі. В результаті створено і величезний військово-промисловий комплекс.

Безпосереднім наслідком всіх цих дій більшовицького режиму був небачений раніше голод, точніше голодомор, кінця 1932 р. – першої половини 1933 р., який коштував всьому

населенню СРСР не менше 10–12 млн людських життів. Жажливим він був в Україні, яка втратила від нього в 1932 р. близько 150 тис., а в 1933 р. – 3–3,5 млн чоловік. Називаються і більші цифри – до 5–6 млн за роки колективізації та розкуркулення. Голод охопив в основному села [7].

Темпи індустріалізації на тлі колективізації, розкуркулення та голодомору в лічені роки зумовили в Україні найістотніші етно-професійно-демографічні зміни. Кількість населення в республіці скоротилася до 1934 р. на 4–5 мільйонів. Майже всі ці жертви припадали на селянство. При цьому населення промислових міст і робітничих селищ зростало надзвичайно швидко і тільки за період 1926–1930 рр. збільшилося вдвічі.

Водночас правляча верхівка СРСР зрозуміла, що для успішного функціонування індустріального суспільства, для зростання військової потужності країни на основі її прискореного промислового розвитку необхідна власна високорозвинута наука та відповідні висококваліфіковані наукові та інженерно-технічні кадри, причому такі, які б в ідейному, світоглядному і моральному відношеннях були повністю підпорядковані правлячій партії.

Формувалося покоління з вузівськими дипломами та переважно атеїстичною і матеріалістичною свідомістю. Але процеси трансформації суспільної свідомості невдовзі досягли межі спрощення самих матеріалістично-атеїстичних ідейних форм. Процес примітивізації і спрощення форм духовного життя поєднувався з репресіями проти духовенства та інтелігенції старого гатунку – носіїв високих культурних традицій. У квітні 1928 р. Сталін проголосив курс на боротьбу з «внутрішнім ворогом», що швидко вдарило по

інтелігенції, особливо по тих її представниках старої генерації, які колись конфронтували з більшовиками, порушивши тим самим той хиткий внутрішній мир, який встановився у радянському суспільстві в середині 20-х років. Відлунням цього заклику стала низка політичних процесів.

Першим резонансним процесом, у якому обвинувачення в антирадянській діяльності пов'язувалися зі звинуваченнями в націоналізмі, була сфабрикована справа «Спілки вивольнення України» (СВУ), «спілки», яка ніколи не існувала, так само як і «Промпартія» або «Селянська партія» [5]. Арешти провідних українських учених, яким інкримінувалася приналежність до цієї організації, почалися 1929 р. Серед 45 заарештованих відомих представників національної інтелігенції, були С.О. Єфремов, В.М. Чехівський, А.В. Ніковський, Л.М. Старицька-Черняхівська та ін. Головною фігурою на цьому процесі був відомий український літературознавець академік ВУАН, її віцепрезидент С.О. Єфремов [8]. Його оголосили головою СВУ. Внаслідок процесу, що тривав майже два місяці, звинуваченим було призначено різні терміни позбавлення волі, зокрема, на 10 років позбавлено волі Є.О. Єфремова, який помер у таборі в 1939 р. Ця справа мала подальші наслідки. Вона стала своєрідним сигналом до початку масових репресій по всіх областях України проти національно орієнтованої інтелігенції [6].

В 1930 р. в Україні розпочато так звані «чистки», в процесі яких обрані для цього мали публічно каятися в своїх «гріхах», а також неблагодійності родичів, сумнівному минулому тощо. Вони проводилися з певною періодичністю і були засобом пере-

слідування та залякування, зокрема науковців. Того ж року розгорнула роботу Комісія з чистки ВУАН. По суті всі показові «чистки», обстеження та перевірки здійснювалися за вказівкою партійних органів, за єдиним шаблоном і були одним із засобів «радянизації» науки, її перетворення з науки «буржуазної» на науку «соціалістичну». Запроваджене в 20-ті роки поняття «соціалістичної науки» з часом розвивалося і наповнювалося новим змістом, вже на початку 30-х років воно по суті означало повний партійний контроль усіх сфер наукової діяльності.

Після процесу СВУ, під час якого називалися імена багатьох членів ВУАН, значно жорстокішою стала цензура над науковими виданнями, а деякі структури Академії почали розформовуватися. Цими жорстокими методами, як зазначає британський дослідник Р. Конквест, «стара українська інтелігенція була практично стерта з лиця землі».

З 1934 р. репресії в Україні на нетривалий час дещо вщухли. Сталін та його найближче оточення зосередилися на лєнінградсько-московських арештах і процесах, які розпочалися після вбивства С.М. Кірова 1 грудня 1934 р. По цих справах проходили і деякі відомі діячі з України. З убивства С.М. Кірова почалася хвиля спланованих масових репресій. При цьому пропагандистська машина продовжувала створювати імідж Сталіна як «самої людяної людини», «кращого друга» дітей, колгоспниць, ударників, авіаторів тощо. Апофеозом лицемірства стало прийняття 1936 р. Конституції СРСР, текст якої не мав нічого спільного з тоталітарною дійсністю. Репресії 1936–1938 рр., або «великий терор» охопили керівних працівників

партійних і державних органів, армії, провідних діячів культури, науки та ін. Його особливістю була універсальність – тероризувалося суспільство в цілому. Для тих, хто був при владі і в минулі роки мав безпосереднє відношення до ліквідації старих інженерно-технічних кадрів, колективізації тощо, нестерпним і незрозумілим був той факт, що тепер під ніж карних органів йшли саме вони – творці та вірні слуги більшовицького режиму. Влада винищувала «своїх» і збагнути, навіщо це потрібно Сталіну, було неможливо.

Весь рік, від лютого-березневого пленуму ЦК ВКП(б) 1937 р. до березня 1938 р., проходив під знаком усунення з посад та арештів десятків тисяч партійних, державних, військових, профспілкових, наукових, будь-яких інших керівників, а також багатьох пересічних інтелігентів, службовців, робітників, селян. На місце репресованих керівників приходили молоді, в більшості своїй малоосвічені та безпринципні, здебільшого висуванці з комсомольських лав. Паралельно розгортався терор і в національних республіках. Репресії 1936–1938 рр. проходили на тлі розкручування засобами масової інформації істерії щодо шкідництва, шпигунства та терористичної діяльності «ворогів народу». Як зазначає Р.Конквест, «терор був настільки всеохоплюючим і швидкострільним, що законні органи влади фактично розпалися... Республіка стала вотчиною НКВС».

Загинуло чимало керівників науки, освіти та мистецтва, членів Спілки письменників, інших творчих спілок. Знищувалися не тільки окремі люди, зокрема відомі вчені – І.Й. Агол, С.О. Єфремов, В.П. Затонський, М.П. Кравчук, А.Ю. Кримський, Є.В. Оппоков, С.Л. Рудницький, М.Г. Світальський,

С.Ю. Семковський, М.Є. Слабченко, П.М. Супруненко, Л.В. Шубников, М.І. Яворський та ін., руйнувались цілі установи з їх працівниками, зокрема Український фізико-технічний інститут, Інститут транспортної механіки АН УРСР, Сільськогосподарська академія.

При цьому посади, що звільнялися, починали швидко займатися молодими висуванцями. Враховуючи гіркий досвід своїх попередників, подекуди вчителів, від яких їм доводилося відхрещуватися (а декого підставляти та оббрехувати), нові керівники демонстрували виключну дисциплінованість і слухняність. З їх середовища і вийшли ті, що стояли на чолі партійно-господарсько-військового апарату 50–70-х років [8]. Істотно зменшився професорський склад вищих навчальних закладів України.

Було запроваджено новий порядок виборів до ВУАН. Тепер у кожному етапі виборів брали участь широкі кола наукових працівників та робітничо-селянські маси. Висувати кандидатів мали право всі наукові, навчальні та громадські організації, трудові колективи. Прізвища кандидатів публікувалися в пресі для широкого обговорення. За новою процедурою вибори проводилися не на Спільному зібранні, а на розширеному засіданні Ради ВУАН за участю представників Наркомосу УСРР. Це стало початком «партизації» Академії, в якій нові партійні академіки мали посісти керівні пости. До речі, віднині вже не тільки академіків, а також інших наукових співробітників почали обирати до ВУАН за конкурсом, за участю «усієї радянської громадськості». Боротьба з «буржуазним націоналізмом» призвела до ліквідації практично всіх українознавчих установ Академії.

Перехід до нової організаційної форми науки — науково-дослідного інституту

Час показав, що система науково-дослідних кафедр мала чимало недоліків, найістотнішими з яких були відсутність контактів між кафедрами та узгодженості в діях вузів і кафедр. По суті кафедри, які хоч і започаткували об'єднання вчених України, були структурами в значній мірі формальними. Через погану роботу транспорту й зв'язку Науковий комітет Наркомосвіти (згодом Головнаука) не могли відчутно впливати на розвиток кафедр поза Харковом. В результаті мала місце розпорошеність наукових сил, при якій учені, що працювали над близькими проблемами, обмежувалися кожний своїм завданням, не враховуючи результатів інших дослідників і не встановлюючи з ними контактів. Така відокремленість учених призводила до марної витрати творчої енергії й матеріальних засобів при проведенні експериментів, уже відомих іншим як помилкові або такі, що ведуть у глухий кут, та істотно гальмувала розвиток науки в Україні. Крім того, деякий розрив, який спостерігався між теоретичною та експериментальною наукою, й порівняно слабкий розвиток технічних наук були наслідком жалюгідного стану експериментальної бази, неупорядкованості лабораторій і малої чисельності науковців-експериментаторів.

До того ж огляд досліджень з фундаментальних наук, проведених в Україні в 20-ті роки, свідчив, що вони здебільшого не були систематичними й цілеспрямованими, а одержані результати результатами європейського рівня, якщо їх розглядати в контексті світової науки. Зрозуміло, що становлення нового укладу життя, нестача

кадрів-учених, слабка експериментальна база, мізерне фінансування, організаційне безладдя, відсутність спеціалізованих наукових інститутів — структур, які вже давно в світі зарекомендували себе як оптимальні форми організації й проведення дослідницьких робіт, обмеженість наукової літератури не давали можливості організувати систематичні та широкомасштабні дослідження.

Тому наприкінці 20-х років стало зрозуміло, що науково-дослідні кафедри вичерпали себе, і основною структурною одиницею науки в Україні повинен стати науково-дослідний інститут. Керівництвом країни усвідомлюється необхідність належного фінансування науки і створення в ній широкої мережі наукових інститутів, які забезпечили б успішне проведення досліджень в різних напрямках фундаментальної науки та одержання якісних результатів, подекуди світового рівня. Починає здійснюватися перехід до нової організаційної форми української науки — науково-дослідного інституту. В результаті в 30-х роках в Україні закладаються підвалини сучасної фундаментальної науки.

Варто зазначити, що ідея необхідності існування в науці України науково-дослідних інститутів висувалася провідними українськими вченими ще наприкінці 10-х років. Так, професор Київського університету, член Комісії для вироблення законопроекту про заснування Української академії наук у Києві Й.Й. Косоногов підготував записку про необхідність заснування в УАН фізичного інституту за зразком передових західноєвропейських.

«Необхідність відчинення в першу чергу Фізичного інституту, — писав він, — диктується... тим, що фізика... є підставою всього сучасного природознавства... І ще ясніше виступає ця необхідність, коли згадаємо, що з трьох старих університетів, котрі є на території України, лишень один Одеський має хоч і невеличкий, але все-таки уміщений в спеціально для нього збудованому будинку Фізичний інститут... Честь Української Держави вимагає, щоб для фундаменту природознавства — фізики було збудовано палац і обзаведено його всім необхідним для наукової праці. Сучасні фізичні інститути вимагають спеціального улаштування, як наприклад поміщення для оптичної праці, поміщення постійної температури, холодної лабораторії, спеціального забезпечення поміщення газом, водою, електричним током тощо. Все це можна уладити лише в будинку, спеціально проєктованим для цієї мети... Будучий академік на кафедрі фізики і будучий будівничий-архітектор повинні бути послані за границю, щоб докладно ознайомитися з улаштуванням великих фізичних інститутів і спеціальних лабораторій» [9, с. 33].

Доречі, в 1918 р. в УАН створено Інститут технічної механіки, який існує і нині. В 1927 р. О.Г. Гольдман писав, що «забезпечення розвитку власної науки вимагає в першу чергу організації потужних баз наукової роботи — інститутів». 15–17 липня 1930 р. на сесії Ради ВУАН М.П. Кравчук повідомив, що загальні збори Фізико-математичного відділу ВУАН дійшли спільної думки про об'єднання дрібних науково-дослідних установ в інститути, його підтримав ряд членів Ради, зокрема М.О. Скрипник, який очолював тоді Наркомпрос УСРР [12]. На наступній сесії Ради ВУАН у жовтні того ж року на користь формування мережі наукових інститутів як великих дослідних пептрів висловилися також інші представники влади — О.Г. Шліхтер і С.Ю. Семковський [10].

Отже, більшість членів ВУАН і можновладців вже усвідомлювали, що нова форма організації науко-

вих досліджень — науковий інститут — повинна стати пріоритетною і розповсюдженою в науці України, хоч до того у системі наркомосвіти та ін. відомствах існувала вже низка науково-дослідних інститутів. Ставлення влади до відомчих науково-дослідних інститутів добре ілюструє доповідна записка голови РНК УСРР В.Я. Чубаря «Про мережу науково-дослідних інститутів», подана 1932 р. до ЦК КП(б)У С.В. Косіору та П.П. Постишеву [11]. В ній зазначалося, що, незважаючи на короткий час свого існування, низка установ досягла значних результатів. Але через брак належного керівництва з боку наркоматів і центральних установ, було припущено й значних недоліків, зокрема виявлено низку науково-дослідних установ, які за весь час свого існування не зробили нічого корисного, зустрічався значний паралелізм і дублювання в структурі й роботі різних установ, низка інститутів не мала сталих кадрів і широко застосовувала сумісництво, вкрай незадовільною була ситуація з публікацією результатів завершених робіт, низка інститутів перебувала у вкрай важких житлових умовах тощо. В результаті було запропоновано для раціоналізації мережі науково-дослідних установ УСРР низку інститутів ліквідувати, а решту — об'єднати. Цю пропозицію було реалізовано в другій половині 30-х роках.

Наведене свідчить, що, в принципі, в Україні в 20-ті роки існувала мережа науково-дослідних установ. Так, за даними Держплану УСРР, який в 1929 р. видав довідник «Наукові установи та організації УСРР» [12], на 1 травня 1929 р. в ній налічувалося 577 наукових установ і організацій: науково-дослідних інститутів — 57, науково-дослідних кафедр — 84, технічних і наукових ла-

бораторій – 70, сільськогосподарських дослідних станцій – 46, селекційних станцій – 7, наукових товариств – 44, краєзнавчих організацій – 28, музеїв – 88, інших наукових організацій (кабінети, комісії, наукові бюро, обсерваторії, станції тощо) – 105.

Якісний і кількісний аналіз цих установ і організацій свідчив, що вони створювалися здебільшого хаотично, безпланово, були малоефективними, дрібними і загалом не відповідали запитам сучасних природничо-технічних наук, до того ж були розпорощеними по різних відомствах, тобто не відповідали статусу наукових, здебільшого це були квазінаукові структури. Тому Політбюро ЦК КП(б)У 26 грудня 1933 р. прийняло протокольну постанову «Про скликання січневої сесії ВУАН для затвердження заходів, пов'язаних з переходом на нову організаційну структуру ВУАН» [13]. В ній, зокрема, йшлося:

«З метою встановлення безпосереднього оперативного керівництва науково-дослідними установами й планування їх роботи з боку Президії ВУАН встановити, що основною структурною одиницею в Академії є науково-дослідний інститут, який безпосередньо підпорядковується Президії ВУАН. Інститут очолює директор, відповідальний перед Президією ВУАН. При директорі може бути організовано вчену раду з правом дорадчого органу» [13, с. 215].

В розвиток цієї постанови відбулася січнева сесія 1934 р. Ради ВУАН. На ній також наголошувалося, що основною структурною одиницею академічної науки повинен бути вважати науково-дослідний інститут [14, с. 4–5]. Крім тих небагатьох інститутів, що перебували у віданні ВУАН, їй було підзвітно в плані координації ще шість з інших відомств (фізики, ботаніки, мікробіології та епідеміології, біохімії, геології, водного господарства). З 1934р. їх перевели до ВУАН. Крім то-

го, організовано шість нових академічних інститутів, геофізична обсерваторія та Рада по вивченню продуктивних сил України. Цей процес інституціалізації в системі Академії тривав і в подальшому, в 1936 р. в ній вже налічувалось 26 наукових інститутів. Для них будувалися нові приміщення, облаштовувалися лабораторії та майстерні.

21 лютого 1936 р. Раднарком УСРР затвердив новий Статут Академії, що зафіксував зміни в її структурі та організації роботи [15, с. 39–50]. За новим Статутом вона являла собою вищу наукову установу УСРР, що об'єднує найвидатніших учених країни, підпорядковується безпосередньо РНК УСРР, якому щороку подає звіт про свою діяльність, з 1936 р. вона стала називатися АН УРСР. В ній було чотири Відділи: суспільних наук; фізико-хімічних і математичних наук, біологічних і технічних наук. Отже, технічні науки набували такої ваги, що потребували виділення в окремий Відділ. Статут також підтвердив, що основними органами науково-дослідної роботи Академії віднині стають її наукові інститути, яким надавалася цілковита оперативна і господарська самостійність, вони підпорядковувалися безпосередньо Президії Академії наук. Вищим органом Академії замість Ради, яку було ліквідовано, знов оголосили Загальні збори. Склад Президії, що мав усі повноваження по керівництву Академією в перервах між Загальними зборами, розширено до 9 осіб. Президія Академії наук ухвалила організацію при інститутах учених рад, які мали забезпечувати високий науковий рівень інститутських робіт. Статут зафіксував також нову процедуру виборів до Академії. З початку 30-х років в Україні починається ефективна наукова робота.

Становлення в Україні фундаментальних наук та їх застосувань в 30-і роки ХХ ст.

Зазначені заходи привели до того, що в 30-х роках в Україні відбулося становлення низки фундаментальних наук та їх застосувань. Зокрема, розвитку набули ті галузі природознавства і техніки, що потребували міцної експериментальної бази, створення системи науково-дослідних інститутів, збільшення фінансування, підтримки розробок, спрямованих на потреби народного господарства. Це сприяло тому, що в багатьох фундаментальних науках, зокрема математиці, механіці, фізиці, хімії, біології, геології, було одержано результати світового рівня, а також започатковано ряд наукових напрямів і наукових шкіл, які в подальшому дістали бурхливого розвитку та широкого визнання світової наукової спільноти [1, 9]. В публікації [16] наведено одержані основні результати у розглядуваних науках, які свідчать про формування в Україні в 30-х роках фундаментальної науки.

Українські вчені плідно працювали в багатьох напрямках сучасної фундаментальної науки та її застосувань, здобувши чимало результатів світового рівня. У цей період також активно провадилися наукові конференції та з'їзди з актуальних проблем науки, зокрема всесоюзні, започатковувалися і виходили наукові журнали та наукова література, організувалася наукові товариства, налагоджувалися зарубіжні наукові зв'язки, що також було ознаками зародження в Україні сучасної науки, зокрема фізики.

Світова фізика в 30-х роках ХХ ст.

В світовій фізиці 30-ті роки є якісно новим етапом у її розвитку, коли вчені почали досліджувати матерію у все

Таким чином, ставка на науковий інститут як основну структурну одиницю науки цілком себе виправдала. Наприкінці 20-х років і протягом 30-х років було створено чимало науково-дослідних інститутів у системі Наркомосу України та інших відомствах, які потім передано Академії наук, більшість з них збереглася і донині. За станом на 1939 р. в Академії існували такі інститути в галузі фундаментальних і споріднених їм наук, об'єднані в три Відділи: математики (створений 1934), фізики, Харківський фізико-технічний, фізичної хімії, хімії, хімічної технології, геологічних наук (Відділ фізико-хімічних і математичних наук АН УРСР); ботаніки, зоології, гідробіології, біохімії, клінічної фізіології, мікробіології (Відділ біологічних наук АН УРСР); будівельної механіки, гірничої механіки, електрозварювання, гідрології, чорної металургії, енергетики, силікатів (Відділ технічних наук АН УРСР).

Отже, як не парадоксально, але водночас зі становленням в СРСР тоталітарного режиму в науці України, зокрема Академії, відбулося формування низки сучасних фундаментальних наукових дисциплін – математики, механіки, фізики, геології, хімії, біології та ін. з їх застосуваннями, їхнього кадрового потенціалу, відкрито аспірантуру, закладалася матеріально-технічна та експериментальна база науки, започатковувалися наукові й науково-технічні школи.

менших просторово-часових масштабах (10^{-13} см) і зростаючих енергетичних параметрах, тобто мікросвіт.



Дж. Чедвік



К. Андерсон



Дж. Кокрофт



Е. Уолтон

Лідером тут стали ядерна фізика, хоч активно розвивалася також фізика і техніка низьких температур, фізика твердого тіла та радіофізика [17].

Розширення на початку 30-х років експериментальної бази ядерної фізики, зокрема створення перших прискорювачів заряджених частинок (циклотрон, генератор Ван де Граафа, прискорювач Кокрофта–Уолтона) та удосконалення техніки експерименту привели до відкриття нейтрона (Дж. Чедвік, 1932 р.; Нобелівська премія з фізики 1935 р.), позитрона (К. Андерсон, 1932 р.; Нобелівська премія з фізики 1936 р.), здійснення першої ядерної реакції штучно прискореними протонами (Дж. Кокрофт, Е. Уолтон, 1932 р.; Нобелівська премія з фізики 1951 р.) і перших ядерних перетворень під дією нейтронів (Н. Фрезер, Л. Мейтнер, У. Харкінс, 1932 р.). Відкриття нейтрона зумовило цікаві і перспективні наслідки. Тоді ж Д.Д. Іваненко припустив, що нейтрон є елементарною частинкою і ядра атомів складаються з протонів і нейтронів (протонно-нейтронна модель ядра). Того ж року докладніше її розвинув В. Гейзенберг. Ці два факти свідчили про існування нових сил – ядерних (сильної взаємодії), які утримують разом протони

і нейтрони в атомному ядрі за рахунок обмінної взаємодії між ними третьою частинкою.

В наступні роки це спричинило бурхливий розвиток ядерної фізики. На початку 1934 р. Ірен і Фредерік Жоліо-Кюрі відкрили штучну радіоактивність, викликану швидкими α -частинками, та радіоактивний елемент, що випромінював позитрони (позитронна радіоактивність) (Нобелівська премія з хімії 1935 р.). Невдовзі Е. Фермі одержував штучну радіоактивність та радіоактивні елементи послідовно опромінюючи всі хімічні елементи нейтронами (Нобелівська премія з фізики 1938 р.). В жовтні 1934 р. він з учнями відкрив сповільнення нейтронів у водневмісних речовинах, що змусило його досліджувати властивості самих нейтронів – їх уповільнення, розсіяння, поглинання та дифузії в різних середовищах. Експерименти Фермі 1935–1936 рр. започаткували фізику повільних нейтронів. В 1934 р. Е. Резерфорд з М. Оліфантом і П. Хартеком здійснив на прискорювачі реакції синтезу, одержавши ядра тритію та гелію-3 з ядер водню.

У грудні 1938 р. О. Ган і Ф. Штрассманн відкрили явище поділу нейтронами ядер урану з утворенням елементів середньої частини таблиці



Д.Д. Іваненко



І. Жоліо-Кюрі



Ф. Жоліо-Кюрі



Е. Фермі

хімічних елементів (Нобелівська премія з хімії 1944 р. О. Гану). Це був новий тип ядерної реакції. Невдовзі Ф. Жоліо-Кюрі і незалежно О. Фріш (згодом і Е. Фермі) експериментально довели поділ урану нейтроном, показавши також його вибуховий характер, з виділенням значної енергії (атомної). В березні 1939 р. три групи фізиків, очолюваних Ф. Жоліо-Кюрі, Л. Сцілардом і Е. Фермі, відкрили випускання при поділі ядер урану вторинних нейтронів (2–3), які уможливають в урані за певних умов (наприклад, критичної маси урану та ін.) протікання ланцюгової ядерної реакції поділу.

Теорію поділу ядер під впливом нейтронів (теплових і швидких), побудували 1939 р. Н. Бор з Дж. Уілером і незалежно Я.І. Френкель. Було також показано, що для одержання атомної енергії найбільший інтерес становить розщеплення нейтронами ядер урану-233, урану-235 і плутонію-239. Отже, в 1939 р. вже в стало ясно, що процес поділу ядер урану є фізичною основою ланцюгової ядерної реакції, а уран може правити за ядерну вибухівку. Причому можливо здійснення керованої ланцюгової ядерної реакції поділу на повільних нейтронах (в ядерному реакторі) і некерованої, вибухового характеру, на

швидких (в атомній бомбі). В наступному десятилітті зусилля вчених та ін. інженерів-конструкторів спрямовувались на створення ядерних реакторів та атомних бомб.

З ядерної фізики виникла фізика елементарних частинок. В 1930 р. П. Дірак припустив існування антиелектрона, або позитрона, а наступного року чітко показав, що кожній зарядженій частинці відповідає своя античастинка як прояв симетрії природи, які можуть анігілювати між собою. В 1931 р. В. Паулі для врятування законів збереження в бета-розпаді постулював частинку, що виникає в цьому процесі, названу Е. Фермі нейтрино (ν), відкрита 1956 р. В 1933–1934 рр. Е. Фермі розробив теорію бета-розпаду, в якій запропонував механізм взаємодії нуклонного поля з полем пари «електрон–нейтрино», заснований на слабкій взаємодії. В результаті було введено у розгляд новий тип взаємодії – слабкої на доповнення до вже існуючих – гравітаційної, електромагнітної та сильної. З теорії Фермі також впливало, що маса нейтрино дорівнює нулю або мала порівняно з масою електрона. Тільки в 1998 р. одержано експериментальні вказівки на існування у нейтрино маси, а в 2001 р. це остаточно було доведено.



О. Ган



Ф. Штрассманн



Дж. Уілер



Я.І. Френкель

Виходячи з теорії обмінної взаємодії та теорії бета-розпаду в 1935 р. Х. Юкава постулював квант ядерного поля, що забезпечував сильну взаємодію між нуклонами ядра (згодом f^- званий пі-мезоном, або піоном, π^+ і π^-) (Нобелівська премія з фізики 1949 р.). Так, протони і нейтрони обмінюються між собою зарядженими піонами, а протони з протонами і нейтрони з нейтронами — нейтральними. В 1938 р. для пояснення зарядової незалежності ядерних сил передбачено нейтральний піон π^0 (в 1947 р. в космічному випромінюванні відкрито π^+ і π^- -мезони (С. Пауелл та ін.), які невдовзі було ідентифіковані з мезонами Юкави, в 1950 р. — π^- -мезон. Ще в 1936 р. К. Андерсен і С. Недермейер відкрили «легкі» мю-мезони (μ^+ і μ^-), що, як виявилось, не

беруть участь в сильних взаємодіях, отже не можуть бути переносниками ядерної взаємодії.

Значний вплив ядерна фізика стала справляти на астрофізику. Ідею термоядерної природи енергії зір як інтуїтивне припущення (А. Еддінгтон, 1920 р.) було підтверджено конкретними розрахунками ядерних реакцій, що протікають в зорях. В 1938 р. Г. Бете та 1937–1938 рр. К. Вайцзеккер встановили вуглецево-азотний цикл термоядерних реакцій в зорях, а 1938 р. Г. Бете і Ч. Крітчфілд — протон-протонний (Нобелівська премія з фізики 1967 р. Г. Бете). В 1937 р. почав розраховувати моделі зір з термоядерним джерелами енергії Дж. Гамов і в 1937–1940 рр. розробив першу теорію еволюції зір, засновану на ядерних джерелах енергії. В 1932 і 1937 р. Л.Д. Ландау і в 1939 р. незалежно Р.Оппенгеймер з Дж. Волковим виконали перші розрахунки моделі нейтронної зорі, в 1939 р. Р.Оппенгеймер і Х. Снайдер провели перший розрахунок утворення чорної діри. В монографії «Вступ до вчення про будову зір» (1939) С. Чандрасекхар подав послідовну теорію внутрішньої будови зір, а раніше (1930) розрахував моделі білих карликів та 1931 р. визначав верхню межу для їх маси — 1,2 сонячної (Нобелівська премія з фізики



В. Паулі



Х. Юкава



А. Вільсон



К. Вайцеккер



Дж. Гамов



С. Чандрасекхар

1983 р.). В результаті в 30-і роки покладено початок ядерній астрофізиці.

Як вже зазначалося, в 1927–1930 рр. започатковано квантову електродинаміку, яка добре описувала чимало процесів в атомній фізиці, зокрема фотоефект, комптонівський ефект, народження електронно-позитронних пар. Однак наприкінці 30-х років вона почала зазнавати труднощів, пов'язаних з виникаючими в ній розбіжностями, що призводило до нескінченних результатів, наприклад при обчисленні енергії взаємодії електрона з квантованим електромагнітним полем. Для усунення розбіжностей було висунуто ідею перенормування – компенсування розбіжностей шляхом віднімання одних нескінченностей з інших (Е. Штюкельберг, 1935 р.; Х. Крамерс, 1938 р.), плідність якої виявилася в подальшому.

Статистична фізика в ці роки розвивалася в напрямку застосування її основних положень до розв'язання конкретних задач. В 1931 р. Л. Онсагером започатковано нерівноважну термодинаміку як термодинаміку лінійних необоротних процесів.

У фізиці твердого тіла почали широко застосовуватися ідеї квантової механіки. В 1931 р. А. Вільсон, виходячи з зонної структури кристалів, поділив їх на метали, напівпровідники і діелектрики та побудував квантову модель напівпровідника як сукупності дозволених та вільної зон, розділених забороненим проміжком (енергетичною щілиною), між якими електрони здійснюють теплові переходи, та запровадив також уявлення про донорну та акцепторну провідності. Тоді ж Р. Пайерлс розробив квантову теорію теплопровідності



Г. Бете



Л. Сцілард



Дж. Ален



П.Л. Капіца



В. Мейсснер



К. Гортер



Л. Неель



Р. Ольф

неметалічних кристалів як руху газу фононів, а Я.І. Френкель передбачив молекулярний екситон (екситон Френкеля) і започаткував теорію екситонів. В 1941 р. Л.Д.Ландау побудував квантову теорію надплинності гелію II, відкритої 1938 р. незалежно П.Л.Капіцею та Дж. Аленом з О. Майзнером. Теорія Ландау, в основі якої лежала висунута ним концепція квазічастинок, дала чітку картину властивостей гелію II та передбачила низку нових, зокрема наявність в ньому двох типів руху – нормально-го і надплинного (Нобелівська премія з фізики 1962 р.).

В експериментальній фізиці твердого тіла необхідно зазначити: відкриття в 1931 р. В. де Хаасом і П.ван Альфеном при низьких температурах залежності магнітної сприйнятливості металів від напруженості магнітного поля (ефект де Хааса – ван Альфена), перше вимірювання намагніченості надпровідних станів (В. де Хаас, Й.Казимір-Йонкер, 1935р.), зникнення контактного опору між двома металами, коли вони стають надпровідними (В. Мейсснер, Р. Холм; 1932 р.), виявлення явища виштовхування надпровідником зовнішнього магнітного поля – ефект Мейсснера (В. Мейсснер, Р. Оксенфельд; 1933 р.), антиферромагнетизму, перед-

баченого 1932р. Л. Неелем (Л.В.Шубников з співробітниками, 1935 р.), висунуто ідею ядерного охолодження, або адіабатичного розмагнічення (К. Гортер, 1934 р.), відкрито ядерний парамагнетизм (Л.В. Шубников, Б.Г. Лазарев, 1936 р.), 1939р. Р. Олем – $p-n$ - перехід у кремнії, передбачений Н. Оттом, І. Шоткі та Б.І.Давидовим. В 30-х роках сформовано фізику напівпровідників як окремий розділ фізики твердого тіла.

В 30-х роках починає формуватися радіоастрономія. В 1931 р. К. Янський винайшов радіотелескоп і відкрив космічне радіовипромінювання, започаткувавши тим самим радіоастрономію. В 1935 р. створено радіолокатор, або радар (Р. Ватсон-Ватт), того ж року М. Кнолль і Е. Руска побудували електронний мікроскоп (Нобелівська премія з фізики 1986р. Е. Русці), а 1939 р. на ньому досягнуто збільшення в 100 000 разів (В.К. Зворикін).

В 1934 р. Л.І. Мандельшам з учнями завершив створення загальної теорії нелінійних коливань. З 1932 р. М.М.Криловим і М.М. Боголюбовим почала розроблятися асимптотична теорія нелінійних коливань (нелінійна механіка). В 1937–1939 рр. І. Рабі розробив метод магнітного резонансу в молекулярних і атомних пучках для вимірювання ядерних моментів



К. Янський



М. Кноль



Е. Руска



І. Рабі

(метод Рабі), чим започаткував радіо-спектроскопію (Нобелівська премія з фізики 1944р.).

Такий короткий огляд основних результатів, одержаних у світовій фізиці в 30-ті роки. Її основними центрами були: Кавендишська лабораторія Кембріджського університету та Фізичні лабораторії Оксфордського та Манчестерського університетів, Лейденська та Берлінська криогенні лабораторії, Інститут теоретичної фізики в Копенгагені (Інститут Н. Бора), Фізичні інститути Геттінгенського, Берлінського та Мюнхенського університетів, Ленінградський фізико-технічний інститут і Фізичний інститут АН СРСР у Москві, Державний оптичний інститут в Ленінграді, Радієві інститути в Парижі та Ленінграді, Радіаційні лабораторії Каліфорнійського університету в Берклі та Массачусетського технологічного інституту, Белл лабс, фізичні

лабораторії та кафедри провідних університетів та інститутів – Римського, Берлінського, Колумбійського, Лондонського, Віденського університетів, Цюрихського політехнікуму та ін.

В ці ж роки до світових центрів фізичної науки приєдналися також Український фізико-технічний інститут у Харкові (УФТІ) та Інститут фізики в Києві.

В результаті відбулося в Україні становлення сучасної фізики та супроводжуваних її прикладних розробок. Цьому сприяло створення і розгортання дослідної роботи перших сучасних фізичних інститутів – Українського фізико-технічного інституту в Харкові (1928), науково-дослідного Інституту фізики в Києві (1929). Дніпропетровського фізико-технічного інституту (1932) та Науково-дослідного інституту фізики при Одеському університеті (1926).

Організація Українського фізико-технічного інституту (УФТІ) в Харкові, його становлення і розвиток (1928–1938)

Вирішальну роль в організації Українського фізико-технічного інституту (УФТІ) відіграв директор Ленінградської фізико-технічної лабораторії (згодом ЛФТІ) А.Ф. Йоффе, який 28 лютого 1928 р. написав голові колегії Науково-технічного управління Вищої ради народ-

ного господарства СРСР (ВРНГ) В.М. Свердлову листа про необхідність організації в Харкові філії Ленінградської фізико-технічної лабораторії.

«1. У Харкові існує досить сильна група фізиків, які працюють також у напрямку використання цієї науки і беруть активну

участь в господарському житті України, — писав він.

2. Ленінградська фізико-технічна лабораторія вже має зв'язок з цією групою через одного з наших працівників Д.А. Рожанського, який раніше був професором у Харкові. Д.А. Рожанський двічі на рік буває в Харкові, денині консультує і частково керує роботою харківських фізиків.

3. Ми вважаємо абсолютно необхідним розвинути харківський фізико-технічний центр до розмірів, що відповідали б промисловому і культурному значенню цього міста.

Здійснити це завдання можна наступним чином.

1. Організувати в Харкові науково-технічний інститут, який об'єднав би місцеві, у даний час розпорочені, сили і дозволити би забезпечити матеріальне постачання робіт (нині умови для роботи в Харкові дуже важкі).

2. Підсилити харківську групу особами інших фізичних спеціальностей, яких можна було б запросити, наприклад, з моєї лабораторії.

3. Підсилити зв'язок Харківського інституту з нашим з метою передачі наявного досвіду, придбання якого без нашої допомоги вимагало би багато років. Для цього ми вважаємо досить істотним зв'язати організаційно Харківський інститут з Ленінградською фізико-технічною лабораторією хоча б тимчасово.

4. Пов'язати розвиток Харківського інституту з розвитком харківської промисловості.

Щодо конкретних заходів, то вони повинні бути такими.

1. Харківський інститут варто організувати разом із Головною наукою України. Формально можуть бути відкриті дві установи — Український фізико-технічний інститут Головна науки і відділення Ленінградської фізико-технічної лабораторії. Ці дві установи повинні бути нерозривно пов'язані.

2. Всю організацію будівництва та оснащення приміщень інституту здійснювати за допомогою харківської групи, призначивши від ЛФТІ тільки представників. Відрядження з Ленінграда додаткових наукових сил у Харків відкласти на рік або півтора, коли облаштування інституту буде завершено, інакше матиме втрату робочого часу.

3. Після облаштування інституту необхідно послати з Ленінграда людей з таким розрахунком, щоб у Харкові відразу утворилися всі можливі напрями, для цього відрядити сюди (у Ленінград) молодих людей — учених

з різних відділень, щоб на початку вони працювали в безпосередньому контакті зі своїми колишніми керівниками. Нам уявляється, що тільки такий план дозволить швидко, без порушення роботи в нас, створити в Харкові великий інститут з різноманітними і сильними науковими лабораторіями. Необхідно пам'ятати, що нині в Радянському Союзі не вистачає великих і кваліфікованих фахівців.

4. Перед організацією всієї справи нашим представникам необхідно докладно ознайомитися зі станом справ у Харкові. З цією метою представник Лабораторії міг би з'їздити в Харків і організувати на місці низку нарад із представниками харківської промисловості, науковими колами та урядом УРСР.

5. Зараз же необхідно створити організаційну групу з 5–6 чоловік у складі 2–3 з Харкова (які здійснюватимуть організаційну роботу) і 2–3 нашого складу, призначених для роботи в Харкові.

6. Необхідно негайно одержати від Науково-технічного управління 6 штатних одиниць для організації харківського відділення. Ленінградська фізико-технічна лабораторія склала кошторис на 1928–1929 рр. на витрати, пов'язані з облаштуванням харківського відділення.

7. Ввійти негайно у відносини з Головною наукою України по всіх піднятих питаннях» [18, с. 130–131].

Цю ідею гаряче підтримав начальник Науково-технічного управління НТУ Вищої ради народного господарства УСРР Шульман. Вже 16 травня в Харкові відбулося засідання колегії, на якому розглядалося питання організації в Україні Фізико-технічного інституту. З Ленінграда прибули А.Ф. Йоффе і Д.А. Рожанський, з місцевих учених були присутні професори Красунський і Желехівський, співробітники НТУ та Головна науки. З доповіддю виступив А.Ф. Йоффе, який, зокрема, сказав:

«У перші десять років радянської влади фізика концентрувалася в Москві та Ленінграді. Процес створення в цих містах фізичних інститутів викачав із країни всі таланти. Тепер настав час децентралізації фізики, створення інститутів на периферії. Централізація дуже небезпечна. Однією з причин високого стану техніки в Німеччині є децентралізація. Наукові центри там роз-

кидані по всій країні, що збільшує її загальний культурний рівень і запліднює науку.

Інститут, що пов'язаний з промисловістю, повинний бути там, де є заводи, де є промисловість. У цьому відношенні доцільно створити центр саме в Харкові. Якщо погодитися з тим, що тут повинно бути центральна лабораторія низьких температур, то дуже важливо, щоб вона займала центральне становище в Союзі» [18, с. 132].

Після тривалої дискусії колегія прийняла розгорнуту постанову:

«1. Визнати необхідним організацію в Харкові фізико-технічного інституту.

2. Маючи на увазі, що Фізико-технічний інститут повинний прилучати до своєї роботи науково-технічні сили України і встановлювати тісний зв'язок із заводськими лабораторіями і науково-технічними закладами Вищої ради народного господарства і Народним комісаріатом освіти, вважати за необхідне створення інституту в Харкові.

3. Просити Абрама Федоровича Йоффе взяти на себе обов'язки голови науково-технічної ради інституту.

4. Для проведення всієї підготовчої роботи з організації Фізико-технічного інституту затвердити Оргбюро на чолі з професором Обреїмовим у складі професорів Штейнберга, Желеховського, Рожанського, Перевозного, а також представників від НТУ України й Укрголовнауки.

5. Висловити подяку академіку А.Ф. Йоффе за виявлену ініціативу в справі розвитку науково-дослідної роботи в Україні і відзначити готовність Ленінградської фізико-технічної лабораторії відрядити групу своїх висококваліфікованих учених для роботи в Українському фізико-технічному інституті.

6. Доручити бюро провести необхідні заходи для забезпечення найближчим часом інститут приміщенням і житлом для співробітників» [18, с. 132].

Оргбюро і колегія НТУ надіслали листа до Президії Вищої ради народного господарства СРСР із пропозицією про створення УФТІ. В ньому, зокрема, йшлося, що початок Інституту покладено доповіддю академіка А.Ф. Йоффе на засіданні колегії НТУ ВРНГ УРСР 16 травня 1928 р. і створена в Інституті кріогенна лабораторія буде поки що єдиною в країні і зробить Харків могутнім притягальним центром для фізиків усього Союзу. До

роботи в Харкові, крім І.В. Обреїмова, з ЛФТЛ залучаються також К.Д. Синельников і О.І. Лейпунський, кожний зі своєю лабораторією. Вся ленінградська група складатиметься з 16 експериментаторів, трьох теоретиків і одного складува (фактично ленінградців, які переїхали на роботу в Харків, виявилось більше).

18 червня 1928 р. відбулося засідання Президії колегії НТУ ВРНГ СРСР, на якому заслухано питання про організацію Українського фізико-технічного інституту з доповіддю академіка А.Ф. Йоффе. У результаті було прийнято постанову.

«1. Затвердити організацію разом із НТУ ВРНГ УСРР фізико-технічної лабораторії в м. Харкові.

2. Доручити Ленінградській ФТЛ протягом перших двох років ведення справ організації фізико-технічної лабораторії в Харкові.

3. З цією метою включити до кошторису ГФТЛ протягом 1928–1929 рр. і 1929–1933 рр. суму порядку 125 000 руб.

4. Фінансування фізико-технічної лабораторії в Харкові повинне здійснюватися з бюджету УСРР і СРСР в обсязі планових завдань, що вона виконуватиме за заявками ГФТЛ.

5. Схвалити метод організації фізико-технічної лабораторії в Харкові, здійснений ГФТЛ, що виразився у відряджанні ГФТЛ групи своїх провідних співробітників для роботи в Харкові, так само як і в її організуючій і керівній ролі, що вона гратиме в найближчий період» [18, с. 133].

30 жовтня 1928 р. прийнято постанову Ради Народних Комісарів УРСР «Про Український науково-дослідний фізико-технічний інститут при Вищій раді народного господарства УСРР», у розвиток якої вона затвердила положення про Інститут. В ньому, зокрема, зазначалося.

«1. Український науково-дослідний інститут є науковою установою, що перебуває у веденні Вищої ради народного господарства УСРР...

2. Основними задачами інституту є:

1). Проведення наукових досліджень у різних галузях теоретичної і прикладної фізики.

2). Обслуговування промисловості щодо постановки різних фізико-технічних досліджень, іспитів і консультацій з цих питань.

3). Сприяння промисловості в організації заводських і центральних трестівських лабораторій у частині, пов'язаною з фізичними методами досліджень.

10. На чолі інституту стоїть правління ..., особовий склад правління, зокрема, директор інституту, призначаються Вищою радою народного господарства за погодженням з Народним комісаріатом освіти УСРР.

16. Особовий склад ради інституту, в тому числі його голова, призначаються Вищою радою народного господарства УСРР за погодженням з Народним комісаріатом освіти» [18, с. 133].

Однак активність А.Ф. Йоффе в справі створення УФТІ тривала. Він пише листи першому секретарю ЦК КП(б)У С.В. Косіору (10 листопада 1928 р. і 8 січня 1929 р.) і голові Раднаркому УСРР В.Я. Чубарю (14 лютого 1929 р.), у яких звертає їх увагу на необхідність своєчасного фінансування Інституту, забезпечення його приміщеннями, приладами та обладнанням, прийняття рішення про виділення території під будівництво Інституту.

Фактично Інститут почав функціонувати 1929 р. у складі директора І.В. Обреїмова, відповідального секретаря М.К. Смірнова, завідувача загальним і організаційним відділами М.П. Кондрашенка, старшого інженера П.І. Сидорова, п'яти наукових співробітників – професорів А.В. Желехівського, Д.С. Штейнберга та А.О. Слущкіна, а також Н.Ю. Помазанова і Н.І. Дорогого. З ініціативи директора до штату було зараховано двох консультантів-іноземців – П.Л. Капіцу (Кембрідж, Англія) і П.С. Еренфеста (Лейден, Голландія). Без консультантів у штаті УФТІ на початок 1929 р. налічувалося

14 працівників разом з директором, який ще перебував у Ленінграді.

ОБРЕЙМОВ Іван Васильович (1894–1981). Належав до старшого покоління вітчизняних фізиків і до призначення директором УФТІ вже був відомим фізиком-експериментатором з низькотемпературної спектроскопії та фізики твердого тіла. Закінчивши 1914 р. Петроградський університет, він залишився в ньому для підготовки до професорського звання, ставши асистентом Д.С. Рождественського. У 1919–1924 рр. працював у Державному оптичному інституті, 1924–1929 рр. – Ленінградському фізико-технічному інституті. В 1922 р. він розробив досить метод вимірювання показника заломлення оптичного скла, 1924 р. з Л.В. Шубниковим – метод вирощування великих металічних монокристалів заданої форми (метод Обреїмова–Шубникова). У 20-х роках І.В. Обреїмов висунув ідею дискретності структури спектра молекулярного кристала при низьких температурах і в 1928–1929 рр. довів її разом з В. де Хаасом у Лейденській лабораторії прямим дослідом на кристалі азобензолу, охолодженому до 4К, одержавши справді лінійчастий спектр. В УФТІ ці дослідження він успішно продовжив, у результаті чого дискретність спектрів молекулярних кристалів було доведено на великому спектральному матеріалі, що започаткувало вітчизняну низькотемпературну спектроскопію молекулярних кристалів.

У Харкові І.В. Обреїмов з учнями і співробітниками виконав також перші роботи, що стали класичними, з основних механізмів пластичної деформації кристалів, а ще 1926 р. розпочав піонерські дослідження твердих розчинів, які в Харкові успішно продовжив його учень В.С. Горський, ставший одним із творців теорії впорядкованих сплавів. У 1933 р. І.В. Обреїмова обрали членом-кореспондентом Академії наук СРСР. З 1944 р. працював у хімічних інститутах АН СРСР [17].

Саме при І.В. Обреїмові за дуже короткий термін, буквально на порожньому місці було спроектовано і побудовано головний корпус інституту, житлові будинки, механічні і складовні майстерні, наукову бібліотеку, укомплектовану всіма фізичними журналами, придбано нове обладнання й першокласні прилади тощо. І.В. Обреїмов намітив основні

напрями наукових досліджень УФТІ і зібрав у ньому чимало талановитих молодих фізиків.

У травні 1930 р. у Харків для роботи в УФТІ приїхала група ленінградських учених— ленінградські «колоністи», як вони самі себе називали, або «варяги», як їх називали харків'яни: О.І. Лейпунський, К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, Г.Д. Латишев, П.І. Стрельников, Н.А. Бриліантов, А.Ф. Прихотько, В.С. Горський, В.В. Гей, В. Волейко, Л.В. Розенкевич, Г. Горовіц, Л.Д. Ландау, Я.С. Кан, Л.В. Шубников, О.М. Трапезникова, Ю.М. Рябінін, О.В. Степанов, Д.Д. Іваненко, О.Ф. Федорова, Е.В. Петушков. У 1930 р. штат УФТІ налічував вже 71 чоловіка, в тому числі, 19 наукових співробітників, 18 аспірантів і 7 практикантів. 1 вересня 1930 р. завершено будівництво Інституту — споруджено головний корпус, два житлові будинки та майстерня, офіційне відкриття Інституту відбулося 7 листопада 1930 р.

Відразу після офіційного відкриття Інститут вступив у період монтажу обладнання, остаточного формування наукового колективу і напрямів наукових досліджень [18]. Основні сили співробітників було спрямовано на створення та освоєння експериментальної техніки в лабораторіях, з використанням якої вже в 1932—1934 рр. проводилася широкомасштабна науково-дослідна робота. Одночасно співробітники працювали над створенням ще потужнішої експериментальної бази, заснованої на останніх досягненнях науки і техніки. Слід особливо зазначити, що з перших днів існування УФТІ якість технічного забезпечення наукових досліджень Інституту стояла на високому рівні, чому сприяли значні кошти, виділю-



А.Ф. Йоффе



І.В. Обреїмова

вані урядами України і Радянського Союзу на закупівлю закордонного обладнання.

На початок 1932 р. штат УФТІ налічував 186 чоловік, а його наукова частина — 73, у тому числі 35 науковців і 17 аспірантів, на 15 листопада 1932 р. — 12 наукових керівників, 22 старших наукових співробітників, 14 наукових співробітників, 44 науково-технічних працівників і 17 інженерно-технічних. В наступні роки науковий склад Інституту продовжував збільшуватися, незважаючи на постійну необхідність виконання постанов Раднаркому УСРР про скорочення штатів. До 1934 р. штат УФТІ збільшився до 230 чоловік, з них 46 науковців і 21 аспірант, на 1 червня 1937 р. загальна кількість співробітників становила 341 чоловік, з них наукового персоналу — 59, науково-технічного — 82. Всі науковці Інституту було об'єднано в бригади (лабораторії), очолювані науковими керівниками. У кожній бригаді був бригадир — помічник наукового керівника з організації наукової праці, крім того, до складу бригади входили старші інженери, інженери, лаборанти і препаратори.

На початку 1932 р. в Інституті налічувалося 7 бригад — високовольтна, магнітних вимірювань, електромагнітних коливань, низьких температур,

рентгенівська, дифракції катодних променів, електронних явищ, наприкінці 1932 р. – 15 бригад, об'єднаних у сектор твердого тіла і високовольтний, якими керували відповідно директор Інституту І.В. Обреїмов і його заступник з наукової роботи О.І.Лейпунський. Тому і роботи інституту розгорнулася в двох основних напрямках.

Вивчення будови атомного ядра за допомогою ударів швидких частинок. Тут УФТІ був єдиним тоді в країні науковим центром, який безпосередньо приступив до руйнування ядра. Питаннями вивчення будови і властивостей ядра та прискорення частинок займалися високовольтна і трансформаторна бригади. *Високовольтна бригада* налічувала 16 чоловік – відповідальний керівник К.Д. Синельников, наукові керівники – О.І. Лейпунський і А.К. Вальтер, інженери Г.Д. Латишев, Бунімович, Кізільбаш, І.М. Вігдорчик, В.П. Фомін, а також працівники лабораторної майстерні (керівник – механік Д.Н. Улезко). Крім вивчення дезінтеграції ядер за допомогою надвисоких напруг, бригада займалася розробкою методів одержання високих напруг і конструюванням відповідних лабораторних установок. *Трансформаторна бригада* (5/6 чоловік, старший інженер Папков, інженер Фогель) вирішувала задачу розщеплення ядра за допомогою високовольтних розрядних трубок із джерелом напруги від трансформатора Тесла. Протягом 1932 р. проведено досліди з прискореними електронами і протонами в камері Вільсона, а також з дезінтеграції ядра.

Вивчення будови твердих тіл і явищ у них. Здійснювалося рентгенівською, структурною та спектраль-

ною бригадами. *Рентгенівська бригада* (6/3 чоловік, старші інженери П.І.Стрельников і Н.А. Бриліантов) вивчали фазові перетворення в металах і сплавах, утворення сплавів і дифузію в них, зміни при термічній обробці металів і сплавів (зварювання, загартування тощо), структуру, геометрію і пластичні деформації твердих тіл методом електронографічного аналізу. *Структурна бригада* (5/4 чоловік, науковий керівник І.В. Обреїмов, старший інженер В.С. Горський) досліджувала внутрішньоструктурні перетворення в металах і сплавах. *Спектральна бригада* (4/5 чоловік, науковий керівник І.В. Обреїмов, старший інженер А.Ф.Прихотько) досліджувала спектри твердих тіл при низьких температурах для одержання інформації про найзагальніші властивості твердого тіла (процеси поглинання світла, поведінка атомів і молекул, взаємні зв'язки у твердому тілі та ін.).

Роботи з розділення та зрідження газів велися в *криогенній бригаді* (14/13 чоловік, наукові керівники Л.В. Шубников, М.Руеманн; старші інженери Ю.М. Рябінін, Н.І. Дорогой, О.М.Трапезнікова, Ф. Штекель, А. Вайсберг, В. Руеманн; інженер Л. Попов). У бригаду також входила лабораторна майстерня (10/9 чоловік, завідувач Корольов). Роботи цієї бригади мали велике значення для автогенної, металургійної, електротехнічної і хімічної промисловості (кисневе зварювання, кисневе дуття, коксові гази та ін.). На початку 30-х років УФТІ був єдиним у СРСР, що мав обладнання для таких робіт і фахівців. Крім розробки питань промислового значення, бригада досліджувала магнетизм і магнітооптичні явища при низьких температурах та ін.

Роботи з вивчення магнітних властивостей феромагнітних матеріалів проводилися *бригадою магнітних вимірювань* (4/2 чоловік, науковий керівник Д.С. Штейнберг), зокрема з'ясувалася природа магнітних втрат на гістерезис і вплив деформацій на втрати в трансформаторному залізі. Вивчалися також монокристали тугоплавких металів, хід поперечного і поздовжнього намагнічення в залізі і сталях, стрибок теплоємності в точці Кюрі в мідно-нікелієвих сплавах, електропровідність деформованого нікелю в магнітному полі, магнітострикція в деформованих кристалах магнетика та ін.

Елементарні процеси передачі енергії досліджувалися *бригадою елементарних процесів* (4/3 чоловік, науковий керівник О.І. Лейпунський, старший інженер В.В.Гей, інженер Я.С. Кан). Проводилося також вивчення обміну енергією при зіткненнях між газовими молекулами і між молекулами газу і твердого тіла з метою перевірки теорії зіткнень в хімічних реакціях.

Вивчення фотоелементів із запірним шаром проводилося *бригадою фотоелементів* (два чоловіки, старший інженер Борисов) з метою збільшення електрорушійної сили і коефіцієнта корисної дії фотоелементів.

Роботи з одержання ультракоротких хвиль великої потужності проводилися в *бригаді електромагнітних коливань* (5/11 чоловік, науковий керівник А.О. Слуцкін, старші інженери П.П.Леляков, Е.А. Копілович). Роботи цієї бригади мали велике значення для радіозв'язку і розв'язання проблеми передачі енергії без проводів, виконувала також низку робіт спецпризначення.

Дослідження *теоретичної бригади* (5/4 чоловік, наукові керівники Л.В. Розен-

кевич, Б. Подольський, Л.Д.Ландау) стосувалися проблем сучасної фізики і розробки теоретичних питань, що впливали з робіт експериментальних відділів. Основними напрямками досліджень на початку 30-х років були елементарні процеси обміну енергією, кінетика хімічних реакцій і загальні питання квантової механіки.

Роботи з приладобудування велися майже у всіх експериментальних бригадах Інституту. Високовольтна і трансформаторна бригади займалися розробкою і конструюванням генераторів високої напруги, різних розрядних трубок та інших приладів, необхідних для вивчення атомного ядра (трубка Кокрофта, камера Вільсона, трансформатор Тесла на 2,3 мВ, генератор на 900 кВ та ін.). У криогенній бригаді проводилися розрахунки і конструювання апарата для розділення бінарних і потрійних сумішей газів. Рентгенівська бригада розробляла моделі надпотужних рентгенівських трубок, структурна виконувала низку конструкторських робіт зі створення безвуальних рентгенівських трубок, вакуумного спектрографа, апаратури для вивчення емісійних спектрів. Бригада магнітних вимірювань також провадила роботи по конструюванню астатичного магнетометра, прилада для визначення магнітних властивостей постійних магнітів тощо. Крім цього, були три бригади, які займалися розрахунками, конструюванням і випробування різних приладів, установок і конструктивних елементів апаратури.

Конденсаторну бригаду (10/7 чоловік, науковий керівник К.Д. Синельников, старший інженер Кальницький, інженери Гордон, Владіміров) створено для проведення робіт з вибору, виготовлення та випробування

вузлів високовольтного генератора на 4–6 мВ, необхідного для вивчення будови ядра. Створення такого генератора, що планувалося на 1933 р., вимагало розробки зовсім нової апаратури, зокрема, конденсаторів великої ємності, які витримували би роботу напругу 90 кВ. Тут розроблено технологічний процес виробництва таких конденсаторів, і наприкінці 1932 р. бригада приступила до їхнього масового виготовлення.

Бригада іонних перетворень (4/3 чоловік, старші інженери Е.М. Синельников, І. Попов) займалася перетворенням постійного струму високої напруги в змінний струм низької напруги, побудувала установку на 4–5 кВ і започаткувала роботи зі створення установки на 100 кВ.

Електровакуумна бригада (6/4 чоловік, науковий керівник А.В. Желехівський, старший інженер Н.Ю. Помазанов, інженер В.І. Костеній) займалася виготовленням вакуумних приладів — тиратронів, ртутних газонаповнених випрямлячів та ін., зокрема в 1932 р. сконструйовано прилад зі сферичним полем для дослідження дифракції повільних електронів, завершено роботи з одержання електронограм нікелю та заліза.

В наступні роки структура інституту неодноразово змінювалася. Бригади, що виконували схожу тематику, об'єднано, так що в 1934–1935 рр. в Інституті було чотири лабораторії — ядерної фізики, криогеніки, фізики кристалів, електромагнітних коливань і теоретичний відділ. До 1938 р. до них додалися рентгенографічна лабораторія, лабораторія ударних напруг і дослідна станція глибокого охолодження (ДСГО), організована в 1934–1935 рр.

Значну роль для Інституту відіграла наукова бібліотека (фундамен-

тальна й аспірантська). Фундаментальна в ці роки налічувала близько 5 тис. книг і журналів. У 1930–1931 рр. роботи харківських фізиків публікувалися, як правило, російською і залишалися практично невідомими за кордоном. Тому в 1932 р. організовано видання «Фізичного журналу Радянського Союзу» німецькою та англійською мовами, що зробило результати вчених УФТІ, вміщені в ньому, відомими світовій науці. Роботи співробітників інституту друкувалися також у «Журналі експериментальної і теоретичної фізики» в Москві. Апробацію наукових праць для друку проводила вчена рада Інституту, що складалася з 16 провідних наукових співробітників, засідання її проводилися двічі на місяць. На них розглядалися всі призначені для публікації роботи, при цьому по кожній, крім доповідача, виступав офіційний опонент, який призначався з провідних співробітників Інституту. Крім розгляду завершених робіт, на вченій раді заслуховувалися та обговорювалися плани робіт усіх лабораторій Інституту, питання наукової кваліфікації співробітників. Тричі на місяць збиралися загальні інститутські реферативні збори, на яких заслуховувалися доповіді загального і реферативного характеру по поточній літературі. У всіх лабораторіях і теоретичному відділі проходили також наукові семінари (п'ять разів на місяць), на яких співробітники виступали з доповідями по нових темах, на цих семінарах обговорювалися і питання, пов'язані з науковою тематикою даної лабораторії. УФТІ регулярно проводив міжнародні і всесоюзні наукові конференції, у яких брали участь відомі зарубіжні фізики — В. Вайскопф,

Г. Плачек, П. Еренфест, Н. Бор, П. Дірак, П. Ланжевен, П. Блекетт, Р. Ван де Грааф та ін.

УФТІ встановив тісні контакти з провідними закордонними інституціями: Лейденською і Берлінською лабораторіями низьких температур, Кавендишською лабораторією, Фізичним інститутом Політехнічного інституту (Берлін – Шарлоттенбург), Фізичними інститутами Берлінського і Геттінгенського університетів та ін. У 30-і роки в УФТІ постійно працювало кілька іноземних фахівців: А. Вайсберг (1931–1937), Ф. Хоутерманс (1935–1938), Ф. Ланге (з 1935 р.), М. і В. Руеманни (1932–1938), Л. Тісса (1934–1937), В. Вайскопф (1933). У 1930–1934 рр. в УФТІ часто приїжджали і працювали Н. Бор, П. Дірак, П.Л. Капіца, В.О.Фок, Г.Плачек, Р. Пайєрлс, Б. Подольський, Г.А. Гамов, Е. Вірсма, Ю.Б.Румер, Л.Е.Гуревич та ін. У 1936–1937 рр. у лабораторії О.І.Лейпунського також працювали І.В. Курчатов і Л.І.Русинов. Щороку приїжджав і по кілька тижнів працював в УФТІ П.Еренфест.

На початку 30-х років в Інституті впроваджено прогресивні методи планування, фінансування та оплати праці. Плани наукової роботи Інституту затверджувалися на загальних зборах. Облік та оцінка проробленої бригадою роботи проводилися щотижня на бригадних зборах, на яких також затверджувався план на наступну шестиденку. Щокварталу дирекцією проводилася перевірка всієї роботи Інституту.

Фінансування його здійснювалося з двох основних джерел: теоретичні роботи перспективного характеру та оборонні замовлення фінансувалися з держбюджету; роботи за договорами

фінансувалися тими заводами та інститутами, на замовлення яких проводилися дослідження. Позапланові роботи виконувалися в незначній кількості і в порядку технічної допомоги заводам, які потім оплачувалися. Незначні кошти до Інституту надходили також від реалізації продукції майстерень, видавничої діяльності тощо. В 1932 р. договірні роботи склали одну третину бюджету УФТІ, або близько 200 тис. крб.

З лютого 1932 р. в УФТІ запроваджено диференційовану оплату праці, бригади переведено на внутрішній госпрозрахунок, фінанси розподілено по темах таким чином, що кожна тема протягом року мала свій фіксований бюджет. Ставки співробітників установлювалися, виходячи з їх кваліфікації, продуктивності праці та якості роботи. Зарплата переглядалася двічі на рік. Згідно з фінансовими звітами за 1932–1933 рр., ставка директора Інституту становила 1000 крб. на місяць, його заступника – 800, технічного директора – 950, наукові керівники одержували від 500 до 800 крб. на місяць, старші інженери – від 250 до 600, інженери – від 200 до 400, майстри – 250–500, механіки – 150–250, лаборанти 125–200, чорнороби – 100 крб. на місяць. Преміювання співробітників відбувалося раз у квартал, кандидати на преміювання висувалися бригадами і затверджувалися дирекцією за погодженням із профспілковою організацією і секцією науковців. Преміальний фонд інституту в 1932 р. складав 10 000 крб.

Майже всі науковці УФТІ читали лекції, організовували консультації, випускали інформаційно-реферативні матеріали з теоретичної і технічної фізики. В Інституті було створено

два види аспірантури – промислова і наукова, причому в індивідуальні плани підготовки наукових аспірантів, крім спеціальних дисциплін та експериментальної роботи, входили обов'язкові курси з теоретичної фізики, німецької та англійської мов. В перші роки після створення Інституту робочий день наукових співробітників не був регламентований і значно перевищував установлені норми. Кожний науковець мав ключ від наукової бібліотеки, що була в його розпорядженні в будь-яку годину дня і ночі. Не відчувалося бюрократичних порядків і не було потреби реєструвати час приходу та уходу з роботи, скільки було необхідно, стільки і працювали, навіть вночі. Тільки з 1935 р., коли Інституту було доручено виконання робіт оборонного значення (розробка потужних генераторів коротких хвиль, авіаційних двигунів на рідинноводневому паливі та ін.), навколо нього побудували огорожу виставили охорону та запровадили пропускну систему.

Влітку 1933 р. в УФТІ змінено його керівника – замість безпартійного І.В. Обреїмова директором призначено О.І. Лейпунського, «червоного директора», як його називали в Інституті, а І.В. Обреїмов став головою Науково-технічної ради УФТІ та завідувачем лабораторії фізики кристалів. Однак невдовзі, в квітні 1934 р. О.І. Лейпунський виїхав на стажування в Німеччину та Англію, де пробув більше, ніж півтора року. Звідти він запросив на роботу в УФТІ Ф. Хоутерманса і Ф. Ланге. На час відрядження О.І. Лейпунського директором Інституту став його заступник В.В. Гей, який був також заступником І.В. Обреїмова, коли той обіймав посаду директора. Проте 1 грудня 1934 р. директором

УФТІ призначено нікому невідому людину, без наукового ступеня і наукових публікацій, С.А. Давидовича, з якого в Інституті почалися, м'яко кажучи, всілякі негаразди.

Як зазначалося, з 30-х років в Україні стали практикуватися так звані партійні чистки. Наприкінці 1934 р. таку чистку проведено і в УФТІ, в результаті якої ідеологічний стан партійної організації Інституту визнали нездоровим. Але це було тільки прелюдією до тих грізних подій, які відбулися в Інституті в наступні 1935–1938 роки. Цей період досить повно відображено в низці видань, зокрема, книги – «Спомини» А. Вайсберга – австрійського фізика, який приїхав в УФТІ 1931 р. на запрошення І.В. Обреїмова і керував тут проектуванням і будівництвом Дослідної станції глибокого охолодження, «Російська чистка і здобування зізнань» Ф. Хоутерманса і К. Штепи, «Справа» УФТІ. 1935–1938 рр., яка вийшла в світ у 1998 р. до 70-річчя Інституту. Проте ми все ж коротко розповімо про основні події.

Восени 1935 р. до Харкова з закордонного відрядження повернувся О.І. Лейпунський, якого 29 листопада знову призначили директором УФТІ замість С.А. Давидовича. Але перед цим необхідно сказати, що в березні Інституту доручено оборонну тематику, що мало певні негативні наслідки. Річ у тому, що з самого початку від участі в ній було усунуто наукових керівників Інституту, вона стала пріоритетним напрямком, а її учасники отримували підвищену заробітну плату, до того ж в Інституті запровадили режим секретності. Відбувся розкол на два конфліктуючі табори – з одного боку наукові керівники, з іншого – С.А. Давидович, партійна

і профспілкова організації інституту та харківські ГПУ і обком партії, що, врешті-решт, призвело до конфлікту між С.А. Давидовичем і провідними вченими Інституту, який з часом розростався. Свій нуль в науці С.А. Давидович компенсував важелями адміністративного керування, зокрема принижував науковців, подекуди навіть відстороняв їх від роботи, провокував на висловлювання або дії, які в тих умовах, що мали місце в країні – атмосфері остраху та тривоги, можна було кваліфікувати як антирадянські та шкідницькі. Він інформував харківський НКВС, ніби в Інституті виник таємничий закат під керівництвом Л.Д. Ландау та А. Вайсберга і вимагав, щоб когось заарештували. Обстановка в Інституті розпалювалася, внутрішні розробки лягали на сприятливий в ті часи ґрунт для авантюристів, бездарів і пройдисвітів.

В листопаді 1935 р. заарештовано співробітника теоретичного відділу М.А. Кореца, ніби учасника контрреволюційної підпільної інститутської групи. Так виникла „справа Кореца», в ході якої протягом майже року він зазнавав допитів, звинувачень, яких не скоював, моральних знущань. Через відсутність належних доказів його, врешті-решт звільнили з в'язниці і відновили на роботі в Інституті. Проте «справа Кореца» в зародку містила репресії 1937–1938 рр., коли майже всі провідні вчені УФТІ були заарештовані, деякі фізично знищені, а Інститут фактично був спустошений. Так, Л.В. Шубникова, В.С. Горського, Л.В. Розенкевича та низку інших було заарештовано й розстріляно, кинуте до в'язниці, але потім відпущено І.В.Обреїмова та О.І. Лейпунського, виїхав до Москви Л.Д. Ландау, якого там заарештовано, але через

протести всесвітньо відомих учених згодом звільнено. Неторканими залишилися тільки К.Д. Синельников і А.О.Слущкін, оскільки займалися оборонною тематикою, та іноземець Ф. Ланге. Із зарубіжних учених, які працювали в Інституті, К. Вайсберг був заарештований і розстріляний, А. Вайсберг і Ф. Хоутерманс заарештовані, а потім вислані з країни, як М. і В. Руеманни, вчасно виїхав до Франції Л. Тісса. Залишився неторканим лише Ф.Ланге, який згодом працював у радянському атомному проєкті. Таким був фінал 10-річного існування УФТІ.

Організаційний період в Інституті тривав недовго, і перші фундаментальні результати було одержано вже 1932р. Дослідження в УФТІ зосереджувалися на двох пріоритетних напрямках сучасної фізики – фізики ядра і фізики твердого тіла та низьких температур. Першим напрямом керував О.І. Лейпунський, другим – І.В.Обреїмов.

СССР

НКВД

УКРАИНСКОЙ ССР

Зарештовано в 1940 г.

ДЕЛО № 47894 :

по обвинению:

Шубникова Лева Васильевна

Розенкевича Лева Викторовича

Горского Вадим Сергеевича

по ст. ст. 54^а, 54^б, 54^в и др.

УК СССР

766025

ТОМ № _____

НАЧАТО „5“ _____ 1937 г.

ОКОНЧЕНО „“ _____ 1937 г.

Ядерна фізика. В той час у Радянському Союзі не було інституту або лабораторії, де цілеспрямовано займалися би ядерною фізикою. Не планувалися спочатку ці дослідження і в УФТІ, що засновувався як криогенна лабораторія. Саме О.І. Лейпунський ще на стадії облаштування Інституту наполіг, щоб він був переорієнтований також на ядерну фізику. Одна з причин такої переорієнтації полягала в тому, що саме на той час стало ясно, що для експериментальної ядерної фізики необхідні високовольтні трансформатори, з якими О.І. Лейпунський мав справу в Ленінграді. Не слід також забувати, що тоді керівником високовольтної бригади інституту був К.Д. Синельников, який перед цим два роки провів у лабораторії Резерфорда, де мав можливість спостерігати за спорудженням Дж. Кокрофтом і Е. Уолтоном установки (прискорювач Кокрофта—Уолтона) для розщеплення атомного ядра з використанням високих напруг.

У середині 1931 р. в УФТІ розпочато підготовчі роботи зі створення технічної бази для дослідження атомних ядер за допомогою частинок, прискорених електричним полем. Невдовзі цей напрям досліджень став основним у високовольтній бригаді і витиснув іншу тематику. Доречно нагадати, що в 1931 р. УФТІ відвідав Дж. Кокрофт. Вчені та інженери Інституту з величезним ентузіазмом приступили до розв'язання проблеми штучного прискорення ядер гелію і водню. Спорудження установки для прискорення частинок передбачало створення джерел напруги на тисячу вольтів і більше; вакуумних трубок, які могли би витримати цю напругу, створення джерела іонів на одно-

му кінці вакуумної трубки і камери ядерних реакцій на іншому її кінці. Все це доводилося робити самим методом проб і помилок. Багато сил і енергії було віддано спорудженню імпульсних генераторів високих напруг Тесла і Маркса. Прихильником генератора Тесла був О.І. Лейпунський, генератор Маркса включено в програму робіт за наполяганням К.Д. Синельникова. Обидва генератори було створено, однак виявилось, що вони практично непридатні для поставлених цілей. Розщеплення атомного ядра, врешті-решт, було здійснено за допомогою генератора сталої напруги. Підготовку і проведення експерименту добре описав А.К. Вальтер у своїй книзі «Атака атомного ядра», яка відіграла значну роль у популяризації нової фізики, багато учених визнавали, що в ядерну фізику вони прийшли після прочитання книги Вальтера.

У травні 1932 р. у самий розпал робіт з Англії надійшло повідомлення, що Дж. Кокрофт і Е. Уолтон здійснили реакцію розщеплення ядра літію прискореними протонами. Можна тільки здогадуватися, які почуття викликало це повідомлення у працівників високовольтної бригади. «Гонка» була програна. І річ була не тільки в тім, що англійці випередили харків'ян, стало зрозуміло також, що бригада перебувала на помилковому шляху. Імпульсні трансформатори, які на перший погляд обіцяли, порівняно легке одержання високих напруг, виявилися практично непридатними для ядерно-фізичних експериментів.

Після тривалих дебатів бригада переорієнтувалася на трансформатори сталої напруги, скориставшись наявною в її розпорядженні високо-



О.І. Лейпунський



К.Д. Синельников



А.К. Вальтер



Г.Д. Латишев

вольтною установкою — трансформатором фірми Коха і Штерцеля, щоправда, доповнивши його конденсаторами і розрядною трубкою. Нова установка збиралася чотири місяці. На початку жовтня на ній було одержано напругу в 350 тисяч вольтів, а 10 жовтня К.Д. Синельниковим, О.І. Лейпунський, А.К. Вальтер і Г.Д. Латишев в СРСР відтворили дослід Кокрофта та Уолтона, розщепивши ядро літію штучно прискореними протонами. Звістка про успіх відразу облетіли весь Інститут. Однак наукова громадськість довідалася про досягнення харківських учених не зі статті в науковому журналі і не з доповіді на науковій конференції, а з газети «Правда», наукова стаття з'явилася пізніше.

У газеті «Правда» за 22 жовтня 1932 р. повідомлення супроводжувалося амбітним заголовком — «Зруйновано ядро атома літію» (найбільше досягнення радянських учених). Захоплені відгуки на відкриття харківських фізиків з'явилися і в багатьох інших виданнях. Однак ряд учених і колег по Інституту такого захоплення і спосіб його опублікування не поділяли. Яку оцінку результату харківських фізиків можна дати нині? Наукове значення його було незначне, але він ініціював ядерно-фізичні дослідження в країні.

Щодо публікації в газеті «Правда», то, безумовно, це був пропагандистський трюк, що дозволив привернути увагу центральної і місцевої влади до ядерної фізики і домогтися фінансування на будівництво дорогого високовольтного корпусу, призначеного для монтажу унікальної установки для ядерних досліджень — електростатичного генератора Ван де Граафа.

Протягом наступних років під керівництвом К.Д. Синельникова проведено численні експериментальні і проектно-конструкторські роботи в галузі прискоювальної техніки, зокрема з розробки надвисоковольтних установок. Чимало його ідей, висловлених та опублікованих в 1933–1934рр., в подальшому було перевідкрито і використано іншими авторами. У 1934р. К.Д. Синельников, А.К. Вальтер і В.П. Петухов спробували прискорити важкі іони, розуміючи велику їх ефективність у ядерних перетвореннях.

Фізика і техніка низьких температур. Якщо О.І. Лейпунського і К.Д. Синельникова можна вважати засновниками ядернофізичної науки в Радянському Союзі, то фізика і техніка низьких температур була започаткована також харківськими фізиками на чолі з Л.В. Шубниковим. Засновники УФТІ бачили перед собою як зразок для наслідування Лейденську

кріогенну лабораторію. Вже на стадії проектування лабораторного корпусу в ньому було передбачено спеціальні приміщення для зріджувальних установок. При закупівлях за кордоном обладнання І.В. Обреїмов насамперед намагався придбати такі установки та інше необхідне кріогенне устаткування. Вчені Лейденської лабораторії, де якийсь час працював І.В. Обреїмов, надавали йому всіляку допомогу при виборі і придбанні новітнього обладнання. Організатори УФТІ не могли також обійти своєю увагою працюючого з 1926 р. у Лейденській лабораторії Л.В. Шубникова, вже визнаного тоді авторитету в кріогениці. Під час свого перебування в Лейдені І.В. Обреїмов обговорював з ним питання організації Інституту в Харкові, і 15 серпня 1930 р. Л.В. Шубников був зарахований в УФТІ старшим фізиком, у 1931 р. він став керівником кріогенної лабораторії, а з 1935 р. очолив також кафедру фізики твердого тіла Харківського університету. В історію фізики він увійшов не тільки як видатний експериментатор, що одержав низку фундаментальних результатів з фізики конденсованого стану, фізики і техніки низьких температур, який започаткував ці напрями в СРСР, але і як вихователь перших радянських кріогенних кадрів, засновник першої низькотемпературної школи — харківської.

ШУБНИКОВ Лев Васильович. Народився 29 вересня 1901 р. у Петербурзі. Наприкінці 1918 р. вступив на математичне відділення фізико-математичного факультету Петроградського університету, де провчився три роки, поєднуючи навчання з роботою лаборанта у Фізичному інституті при університеті. Після більш ніж річної перерви, пов'язаної з перебуванням за кордоном, Л.В. Шубников зараховується студентом, але вже на третій курс фізико-механічного факультету Ленінградського політехнічного інституту, який закінчив улітку 1926 р. Тут

він також навчався і працював лаборантом у Фізико-технічному інституті.

В 1924 р. виходить його перша наукова праця, виконана разом з І.В. Обреїмовим, у якій вони запропонували метод вирощування великих металічних монокристалів заданої форми (метод Обреїмова—Шубникова) [140, с. 58–61], а в 1927 р. — друга (на основі дипломної), де містився оптичний метод вивчення пластичних деформацій у кристалах [140, с. 62–72]. Таким чином, на момент закінчення інституту Л.В. Шубников вже мав чималий досвід дослідницької роботи. Тому 1926 р. за пропозицією А.Ф. Йоффе молодий учений іде на стажування в Лейденську кріогенну лабораторію, щоб після повернення «влаштувати кріогенну», за висловленням А.Ф. Йоффе, у Ленінградському фізтехі. Лейденський період відіграв значну роль у формуванні Л.В. Шубникова як фізика-експериментатора. За чотири роки Л.В. Шубников виріс у першокласного експериментатора в галузі низькотемпературних досліджень, ставши до того ж співавтором відкриття — низькотемпературних осциляцій електричного опору вісмуту в магнітному полі (ефект Шубникова — де Хааса) — першого квантового осциляційного ефекту. З Лейдена Л.В. Шубников приїхав остаточно сформованим дослідником з високою культурою фізичного експерименту, великим запасом глибоких знань, наявністю багатобічючих наукових ідей, цілей і задач. Повернувшись влітку 1930 р. у Ленінград, Л.В. Шубников невдовзі прийняв пропозицію І.В. Обреїмова про перехід до УФТІ.

Ставши керівником кріогенної лабораторії, Л.В. Шубников у першу чергу почав «збирати» висококваліфікований персонал механіків для механічних майстерень, розширювати їх матеріальну базу. Так, кріогенною технікою завідував прекрасний майстер І.П. Корольов, складувні роботи віртуозно виконував Е.В. Петушков. Уже восени 1931 р. під керівництвом і при особистій участі Л.В. Шубникова механіками І.П. Корольовим і В.І. Богатовим було запущено великий водневий зріджувач Хука продуктивністю 12 л/год та одержано рідкий водень, а наприкінці 1932 р. Л.В. Шубников з першими співробітниками лабора-

торії Ю.М. Рябініним і А.І. Судовцовим, використовуючи метод Саймона, одержав рідкий гелій. У 1934 р. після подолання значних технічних труднощів разом з І.П. Корольовим, А.І. Судовцовим і В.Г. Хоткевичем запустив гелієвий зріджувач Мейсснера продуктивністю 1,5 л/год.

Проведення експериментів у галузі низьких температур вимагало не тільки ефективної зріджувальної техніки, але і спеціального обладнання, яке в основному виготовлялося в лабораторії. Так, було налагоджено виробництво металевих дьюаров для збереження рідких азоту і водню, створено апаратуру для очищення газів, для одержання вакууму, експериментів при високих тисках та ін.

Відразу після скраплення водню й гелію Л.В. Шубниковим зі співробітниками було розгорнуто широкі фундаментальні дослідження з надпровідності металів і сплавів, низькотемпературного магнетизму, фізики криогенних рідин і криокристалів, а також прикладні розробки. Розпочато систематичні дослідження властивостей криогенних рідин, особливо рідкого гелію, одним з перших об'єктів досліджень при гелієвих температурах стала надпровідність, було одержано прямий доказ ідеального діамagnetизму надпровідників, розпочато дослідження магнітних властивостей надпровідних сплавів, зокрема одержано перші кількісні дані про особливості питомої теплоємності надпровідних сплавів в області критичної температури тощо.

Поряд з фундаментальними дослідженнями в криогенній лабораторії велися також прикладні, пов'язані з використанням глибокого охолодження в промисловості, з розділенням компонентів повітря, з коксового газу, з



Л.В. Шубников



Л.Д. Ландау

одержанням рідкого метану та ін. Було розроблено технологію виготовлення кульових дьюаров ємністю від 10 до 50 л та ін. Таким чином, фундаментальні дослідження, що проводилися в лабораторії, було тісно пов'язано з прикладними. Однак Л.В. Шубников бачить недоліки цього зв'язку і 1933 р. висуває ідею створення спеціалізованої технічної лабораторії як сполучної ланки між фундаментальною наукою і промисловістю. У 1937 р. така структура (прообраз дослідних заводів при великих інститутах науково-технічного профілю) – Дослідна станція глибокого охолодження (ДСГО) стала до ладу.

Теоретична фізика. Першим керівником теоретичного відділу (бригади) був молодий талановитий теоретик, який приїхав з Ленінграда, Дмитро Дмитрович Іваненко (1904–1994). Поряд з І.В. Обреїмовим і О.І. Лейпунським він взяв активну участь в організації Інституту. Вже на першій її стадії, коли Інституту ще практично не було, у Харкові з 19 по 25 травня 1929 р. проведено першу в СРСР теоретичну конференцію, одним з ініціаторів проведення якої був Д.Д. Іваненко. Конференція зібрала близько 60 учасників, на ній обговорювалися питання квантової механіки та її застосувань, а також нова робота А. Ей-

нштейна, що містила спробу створення єдиної теорії поля. В конференції взяло участь чимало відомих теоретиків СРСР, а також низка зарубіжних (П. Йордан, В. Гайтлер, Я. Громмер та ін.).

ІВАНЕНКО Дмитро Дмитрович – російський фізик-теоретик. Народився 29.07.1904 р. у Полтаві. Закінчив Ленінградський університет (1927) і працював у ЛФТІ. В 1930–1932 рр. – завідувач теоретичним відділом УФТІ, потім як репресований викладав у вишах Ленінграда, Томська, Свердловська, з 1943 р. – професор Московського університету. Помер 31.12.1994.

Наукові праці з квантової теорії поля, теорії ядра, теорії гравітації, історії фізики [17].

Друга теоретична конференція (1931 р., Харків) обговорила питання квантової теорії феромагнетизму, квантової теорії електропровідності металів і напівпровідників. Вона також була організована Д.Д. Іваненком, який потім залишив УФТІ і переїхав у Ленінград, де невдовзі розробив протонно-нейтронну модель ядра. Керівником теоретичного відділу (бригади) УФТІ після Д.Д. Іваненко в серпні 1932 р. став Л.Д. Ландау – його друг по Ленінградському університету і фізтеху [17]. 19–23 травня 1934 р. у Харкові відбулася третя Всесоюзна конференція з теоретичної фізики. У роботі конференції взяли участь теоретики з Москви, Ленінграда, Харкова та ін. міст. Крім того, було багато іноземних учених, зокрема Н. Бор. Крім спеціальних засідань конференції, на яких було прочитано півтора десятка доповідей, було влаштовано також два відкритих засідання. На першому виступив з промовою нарком освіти України В.П. Затонський, після чого Н. Бор зробив блискучу популярну доповідь «Проблеми причинності в атомній фізиці». На конференції виступили також Е. Вільямс (Англія), М. Плессет (США), І. Вал-

лер (Швеція), Ж. Соломон (Франція), Л. Розенфельд (Бельгія).

Л.Д. Ландау очолював теоретичний відділ в 1932–1937 рр. та одночасно був завідувачем кафедри теоретичної фізики Харківського механіко-машинобудівного інституту (нині – Технологічний університет), а з 1936 р. – кафедри загальної фізики Харківського університету. Харківський період був для Л.Д. Ландау в науковому відношенні напруженим і плідним. Знаменним він був також тим, що саме тут почалася реалізація його ідей по навчання теоретичній фізиці та започатковано його теоретичну школу. У харківський період учнями Л.Д. Ландау були Є.М. Ліфшиц, О.С. Компанєєв, О.І. Ахієзер, І.Я. Померанчук, І.М. Ліфшиц, В.Г. Левіч, В.Л. Герман та ін., які згодом стали відомими вченими. Тематика школи була актуальною і включала широке коло проблем, що стосувалися фізики твердого тіла, ядерної фізики, квантової електродинаміки, фізики плазми, загальної термодинаміки, астрофізики. Тут в 1932 р. Б. Подольський разом з В.О. Фоком та П. Діраком розробляв питання квантової електродинаміки, у результаті в журналі «Радянська фізика» опубліковано чотири їх роботи, що містили найзагальніше формулювання квантової електродинаміки.

Радіофізика. Активно в інституті розроблялася також радіофізична тематика. У 1928–1931 рр. роботи А.О. Слуцькіна присвячено поглибленому вивченню властивостей магнетронів із суцільним анодом як джерел НВЧ коливань. Він створив магнетрон сантиметрових хвиль, знайшов новий тип магнетронних коливань, що характеризувався рухом електронів уздовж осі катода, побудував те-

орію магнетронного генератора. В наступні роки А.О. Слуцкін з учнями розробляв методи одержання значної потужності на дециметрових хвилях.

Наведені вище результати Інституту, одержані за досить короткий проміжок часу, яскраво засвідчили, що вже на початку 30-х років УФТІ буквально «увірвався» в коло провідних фізичних інститутів світу.

Незважаючи на внутрішні розборки 1935 р. і політичну обстановку в країні, що погіршувалася, до середини 30-х років в Інституті склався кваліфікований, сильний і працездатний колектив дослідників, у якому тон задавали наукові керівники та їхнє найближче оточення, для яких навколонаукова суєта означала втрату часу і творчої енергії. Багато хто з них до моменту піку «великого терору» були вже визнаними авторитетами в радянській і світовій фізиці. Це І.В. Обреїмов, Л.В. Шубников, В.С. Горський, А.Ф. Прихотько, О.І. Лейпунський, К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, Л.В. Розенкевич, Л.Д. Ландау, Є.М. Ліфшиц, О.І. Ахієзер, І.Я. Померанчук, А.О. Слуцкін та ін., а також іноземці Ф.Ланге, Ф. Хоутерманс, А. Вайсберг, М. Руеманн. В 1935–1937 рр. вони одержали низку фундаментальних результатів світового рівня, що забезпечило Інституту лідерство в радянській фізиці по багатьох напрямках.

Ядерна фізика й прискорювальна техніка. Було випробувано чимало дослідних зразків електростатичних генераторів. У результаті побудовано досить повну теорію електростатичного генератора зі стрічковим транспортером і 1937 р. завершено спорудження найбільшого в Європі електростатичного прискорювача на енергію 3,5 МеВ (К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, С.Н. Водолажський,

О.Я. Таранов). Виконано піонерські роботи з взаємодії випромінювання з речовиною, зокрема дослідження взаємодії швидких електронів з різними речовинами, їхнє поглинання в літій, вуглецю, алюмінії, свинці, виміряно радіаційні втрати енергії електронів у свинцю, вивчено межу ядерного фотоефекту в берилію (К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, О.Я. Таранов та ін.).

У 30-і роки в УФТІ одержав розвиток новий науковий напрям – фізика і техніка вакууму, ініційований К.Д. Синельниковим і А.К. Вальтером. Саме вони заклали фундамент вітчизняної вакуумної техніки, застосувавши її до задач ядерної фізики. Було проведено дослідження, спрямовані на створення олій з низькою пружністю пари при кімнатній температурі, набуто досвід експлуатації вакуумної системи прискорювача. В результаті в 1938–1941 рр. розроблено й побудовано перші в країні дифузійні масляні насоси з швидкістю відкачки від 40 до 1000 л/с, що забезпечували одержання тиску $4 \cdot 10^{-7}$ мм рт. ст. (К.Д. Синельников, А.К. Вальтер та ін.).

Нейтронний напрям в Інституті очолював О.І. Лейпунський, вивчаючи спільно зі своїми учнями Т.А. Голобородьком, В.С. Дементієм, Д.В. Тимошуком та іншими взаємодію нейтронів з ядрами різних речовин. У цих експериментах активну участь брали також І.В. Курчатова і Л.І. Русинов. Розроблялися прийоми виготовлення постійних джерел нейтронів, умови роботи з тепловими і проміжними нейтронами, досліджувалося поглинання фотонейтронів різними речовинами, властивості нейтронів при низьких температурах, вимірялися перерізи взаємодії ней-

тронів з ядрами та ін. Результати цих досліджень і набутий досвід виявилися в подальшому істотними для розвитку ядерної енергетики в СРСР. Актуальність і високий рівень ядерних досліджень, тісний зв'язок з іншими науковими центрами, особливо з ЛФТІ, сприяли проведенню в 1939 р. у Харкові II Всесоюзної наради з атомного ядра.

Фізика і техніка низьких температур. Для розв'язання проблем у цих галузях Л.В. Шубниковим розроблено науково-дослідну програму [19, с. 18–19], що являла собою не набір випадкових тим, а конкретних задач. Вона передбачала багато шляхів розвитку фізики низьких температур, у результаті її реалізації було одержано низку фундаментальних результатів. Так, досліджуючи в 1934–1937 рр. магнітні властивості надпровідних сплавів, Л.В. Шубников, Ю.М. Рябінін, Г.Д. Шепелев і В.Г. Хоткевич у прямих експериментах установили основні особливості поведінки однорідних надпровідних сплавів у магнітному полі, відкривши існування у сплавах двох критичних магнітних полів та особливий стан надпровідних сплавів у певному їх інтервалі (фаза Шубникова) [19, с. 198–213], що по суті було експериментальним відкриттям надпровідників II роду. В 1952 р. О.О. Абрікосов запровадив поняття надпровідників II роду – спеціального типу надпровідників, за що був удостоєний в 2003 р. – Нобелівської премії з фізики.

У 1935–1937 рр. Л.В. Шубников зі співробітниками, досліджуючи температурні залежності теплоємності і магнітної сприйнятливості безводних хлоридів при низьких температурах, виявив специфічні особливості температурного ходу магнітної сприй-

нятливості і різко виражені аномалії ходу теплоємності, що вказувало на існування переходу речовин з парамагнітного стану в антиферромагнітний. Остаточне доведення існування магнітного фазового переходу в антиферромагнітний стан дано в 1937 р. Л.В. Шубниковим і С.С. Шалитом [19, с. 222–224, 229–241]. У 1936–1937 рр. Л.В. Шубников і Б.Г. Лазарев відкрили ядерний парамагнетизм твердого водню і вимірили за магнітною сприйнятливостю магнітний момент протона [19, с. 180, 214–220], а 1937 р. Л.В. Шубников і І.Є. Нахутин, вимірюючи анізотропію електричного опору надпровідної кулі в магнітному полі вперше виявили проміжний стан надпровідників у зовнішнім магнітному полі [19, с. 221, 242–245].

Поряд з фундаментальними дослідженнями в криогенній лабораторії та Дослідній станції глибокого охолодження велися також прикладні. Розвиток в УФТІ названих вище напрямів фізики і техніки низьких температур виявилось настільки успішним, а отримані результати такими вагомими, що на початку 1937 р. у Харкові проведено першу Всесоюзну нараду з криогеники. Близкучі результати Л.В. Шубникова та очолюваного ним колективу перетворили Харків в один з провідних криогенних центрів світу, де також виникла перша радянська низькотемпературна школа.

Фізика твердого тіла. Дослідження в цій галузі проводилися під керівництвом І.В. Обреїмова. Ще в 1930–1935 рр. він і А.Ф. Прихотько провели широкі систематичні дослідження спектрів різних органічних кристалів, головним чином ароматичного ряду, галоїдів та інших простих кристалів, відкривши при цьому 1932 р. лінійчас-

тий спектр кристалів нафталіну при 78 К. До того ж А.Ф. Прихотько здійснила спектральні дослідження крио кристалів кисню, метану, аміаку та ін. У результаті дискретність спектрів молекулярних кристалів було доведено на великому спектроскопічному матеріалі, що започаткувало низькотемпературну спектроскопію молекулярних кристалів у країні.

І.В. Обреїмов з учнями і співробітниками досліджував також утворення двійників при пластичній течії кристалів і проміжні фази у твердих розчинах, виконавши перші роботи, що стали класичними, з вивчення основних механізмів пластичної деформації – створення і розвитку смуг ковзання і двійників, заклавши основи теорії кінетики дислокацій. Ще в 1926 р. І.В.Обреїмов розпочав перші дослідження з твердих розчинів, які продовжив у Харкові В.С.Горський [17]. У 1935 р. він знайшов ефекти висхідної дифузії і дифузійної післядії (непружності) і пояснив їх, ставши одним із творців теорії упорядкованих сплавів.

Теоретична фізика. В ці роки теоретики Інституту – Л.Д. Ландау та його учні виконали низку фундаментальних робіт, зокрема побудували термодинамічну теорію доменної структури феромагнетиків, теорію дисперсії магнітної проникності феромагнетиків у змінному магнітному полі та встановили рівняння руху магнітного моменту домена в цьому полі (рівняння Ландау – Ліфшица), започаткувавши тим самим фізику феромагнетиків [20, т. 1, с. 128–143]. Л.Д. Ландау одним з перших ввів (1933) поняття про антиферомагнетизм як особливу фазу магнетиків [20, т. 1, с. 97–101] і невдовзі дав його теорію, 1937 р. розробив теорію проміжного стану надпровідників. Ра-



А.Ф. Прихотько

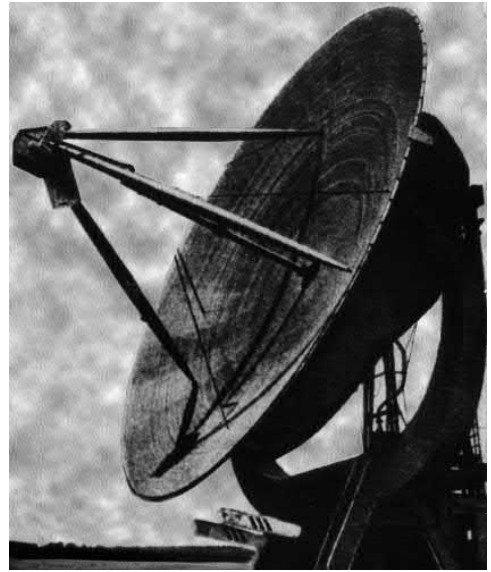
В.С. Горський

зом з І.Я. Померанчуком Л.Д. Ландау виконав 1936 р. цікаву роботу «Про властивості металів при дуже низьких температурах» [20, т. 1, с. 208–221], у якій вперше розглянув ефекти, пов'язані з взаємодією між собою електронів провідності, і побудував теорію електропровідності металів при дуже низьких температурах. Неізначного значення мала робота Л.Д.Ландау «Кінетичне рівняння у випадку кулонівської взаємодії» (1936) [20, т. 1, с. 199–207], у якій виведено кінетичне рівняння для плазми у випадку кулонівського взаємодії і встановлено вигляд інтеграла зіткнень для заряджених частинок, воно стало основою теорії релаксаційних процесів у плазмі. Велике значення надавав Л.Д.Ландау зв'язкам з експериментаторами. Найбільш тісними були його контакти з Л.В. Шубниковим.

Радіофізика. Створені в УФТІ магнетрони з суцільним анодом дозволяли одержувати дециметрові хвилі потужністю кілька ватів і для широкого використання в радіофізиці та радіолокації виявилися не придатними. Тому було розроблено новий метод генерування дециметрових хвиль значної потужності за допомогою магнетронних коливачів дінатронного типу (А.О.Слущкін та ін.) і розвинуто їх теорію. Ці дослідження завершилися побудовою серії магнетронних

генераторів двох- і багатосегментного типів. Вперше в країні було створено генератори з рекордними характеристиками. Так, на магнетронах на хвилях дециметрового діапазону в режимі безперервного випромінювання було досягнуто потужність близько 20 квт (А.О. Слущкін, С.Я. Брауде, І.Д. Трутень), а в імпульсному режимі – близько 100 квт (О.Я. Усиков, І.М. Вігдорчик та ін.). Одержані результати лягли в основу створення 1938 р. трикоординатної радіолокаційної станції дециметрового діапазону «Зеніт», що давала можливість визначати з високою точністю всі три координати літака під час польоту (А.О. Слущкін, О.Я. Усиков, С.Я. Брауде, І.Д. Трутень, І.М. Вігдорчик, І.М. Соркін) [21].

Наведене вище переконує, що вже в другій половині 30-х років УФТІ являв собою великий фізичний центр із потужним науково-технічним потенціалом [22]. Однак, не дивлячись на заслуги його вчених перед наукою, багато хто з названих вище 1937 р. був заарештований, а деякі з них розстріляні. В результаті один з провідних у країні та світі науково-дослідних центрів було фактично розгромлено хвилею необґрунтованих репресій. Починаючи з 1937–1938 рр., коли 7 з 9 наукових керівників було заарештовано, наукові дослідження в УФТІ практично припинилися. Робота тривала тільки в двох лабораторіях, якими керували К.Д. Синельников та А.О. Слущкін, чий дослідження були пов'язані з військовою тематикою. З іноземних фа-



Радіолокаційна станція «Зеніт»

хівців УФТІ на волі залишився тільки Ф. Ланге, хоч його прізвище як шпигуна і ворога народу згадувалося в багатьох протоколах допитів. У 1937 р. теоретичний відділ УФТІ очолив О.І. Ахієзер, а криогенну лабораторію – Б.Г. Лазарев [17]. Вони продовжили деякі роботи своїх попередників, але їх головні здобутки відносяться вже до післявоєнного періоду.

Проте попри жахливі і сумні події, що відбулися в УФТІ наприкінці 30-х років, він вистояв, заклавши підвалини фундаментальної фізики в Україні, адже від нього тут почалася широкомасштабна сучасна фізика і виникли у цей непростий період нові наукові напрями та перші українські фізичні школи – низькотемпературна школа Л.В. Шубникова і теоретична Л.Д. Ландау.

Інститут фізики АН УРСР у Києві

7 січня 1929 р. на базі Київської науково-дослідної кафедри фізики при Київському політехнічному інституті

створено Науково-дослідний інститут фізики Наркомату освіти УСРР (з 1932 р. – Український науково-до-

слідний інститут фізики при ВУАН, з 1934 р. – Інститут фізики ВУАН). Перший директор Інституту (до січня 1938 р.) – О.Г. Гольдман, у 1939–1941 рр. – О.Г. Миселюк [23].

Необхідно зазначити, що на засіданні колегії НКО УСРР 13 червня 1928 р. розглядалося питання «Про зміну мережі держбюджетних установ НКО на 1928/29 рік», зокрема йшлося про Інститут фізики в Києві як нову установу, на яку передбачалося виділити 45 550 крб., проте в остаточному варіанті затверджених нових науково-дослідних установ на 1928–1929 рр. він вже чомусь був відсутній. Нами знайдено Доповідну записку «Про мережу нових установ Укрнауки на 1928/29 бюджетний рік» до колегії Наркомосвіти УСРР, в якій обґрунтовувалася необхідність їх організації в рамках Укрнауки, зокрема щодо Інституту фізики:

«Кафедра фізики в Києві за останні два роки розгорнула широку роботу над проблемами фізики, випустила декілька випусків «Фізичних записок», які завоювали собі певне місце в СРСР і за кордоном. Місцеві Київські організації підтримують реорганізацію кафедр в інституті, – зазначалося в записці. – На чолі інституту може стати проф. Гольдман – відомий член Київської організації УТОРНІТСО. Ведуться переговори з лєнінградськими фізиками, які, в разі організації інституту, переїдуть до Києва на роботу» [1].

Мабуть, це відіграло певну роль, і 7 січня 1929 р. Інститут фізики було відкрито. Однак безпосередню постанову про це ми ще знайшли. Необхідно також зауважити, що до цього датою заснування Інституту в усіх виданнях вважалося 1 січня 1929 р.

При створенні в ньому було два відділи – експериментальної фізики (керівник О.Г. Гольдман) і теоретичної (Л.Й. Кордиш), Перший складався з п'яти секцій – іонних і електронних процесів, рентгенофізики, фізики ви-

соких напруг, оптики і теплофізики; другий – з секцій електромагнітного поля і теорії атома. Кількість співробітників становила 20 чоловік, в тому числі 6 наукових.

До 1941 р. дослідження проводилися по таких напрямках: фізика і техніка напівпровідників (випрямні та фотоелектричні властивості напівпровідників, розробка нових типів випрямлячів, пряме перетворення сонячної енергії на електричну, електронні процеси в напівпровідниках); електронна оптика (розрахунок електроннооптичних систем); фізична електроніка (фізика катода, явища в газовому розряді, вторинна та фотоелектронна емісія, фізика поверхні); рентгенофізика (прецизійні рентгенооптичні вимірювання); теплофізика (дифузія в твердому тілі). Вже в середині 30-х років Інститут став одним із союзних центрів у галузі фізики і техніки напівпровідників, дослідження в якій очолював О.Г. Гольдман, з 1939 р. – В.Є. Лашкар'єв. Широкого розвитку дістали також дослідження з фізичної електроніки під керівництвом Н.Д. Моргуліса.

Систематичні роботи з фізики напівпровідників почали проводитися в Інституті з 1931 р. і частково продовжували дослідження О.Г. Гольд-



Головний корпус Інституту фізики

мана фотогальванічних явищ. Вивчався фотогальванічний ефект на контакті «розчин – напівпровідник», вентильний фотоэффект, ефект випрямлення струму на контакті «метал – напівпровідник», досліджувалися умови утворення запірнього шару в купроксних випрямлячах, вплив температури на запірний шар, розраховувалися к.к.д. фотоелементів залежно від їх параметрів, зокрема показано, що ефективність роботи твердотільних фотоелементів сильно залежить від характеристик запірнього шару. Встановлено аналогії між процесами в твердотільних фотоелементах і фотогальванічними процесами.

Було розв'язано питання щодо пробою купроксних пластин, розроблено новий тип випрямляча з окислами заліза та вивчено його характеристики, винайдено новий технологічний процес одержання купроксних пластин з досить однорідними електричними полями (керівники робіт – О.Г. Гольдман і В.К. Бернацький). Створено випрямлячі та фотоелементи з сульфїду срібла (1937), зокрема технічний випрямляч на більший порівняно з іншими струм (1938), визначено основні характеристики сурмяно-цезієвих фотоелементів (1938). Розроблено (1938) сірчано-срібляні фотоелементи (ФЕСС) високої чутливості (В.К. Бернацький, Д.С. Гейхман, О.Г. Миселюк та ін.). В 1938 р. С.І. Пекар побудував кількісну теорію випрямлячів струму з запірними шарами.

Одержані результати дали змогу Інституту посісти гідне місце серед провідних у СРСР центрів у галузі твердих випрямлячів і фотоелементів.

Значно було продовжено й розширено роботи з вивчення фізичних процесів в електровакуумних приладах,

започатковані ще 1926 р. на Київській науково-дослідній кафедрі фізики. Вони проводилися під керівництвом Н.Д. Моргуліса і охоплювали фізику поверхневих явищ, фотоелектронну і вторинну електронну емісію, фізику оксидних катодів. Значних успіхів Н.Д. Моргуліс досяг в 30-і роки в дослідженні поверхневої іонізації та нейтралізації, зокрема в 1934 р. незалежно від О.І. Ансельма розробив першу квантову теорію поверхневої іонізації, виявив вплив електричного поля на цей процес, побудував теорію катодного розпилення та обґрунтував (1936) уявлення про вторинну іонно-електронну емісію як про нерівноважний процес. В 1939 р. Н.Д. Моргуліс розробив іонний проектор – попередник автоіонного мікроскопа, який уможливив розглядити поверхневу структуру торированого вольфраму.

В ці ж роки Н.Д. Моргуліс зі співробітниками розпочав дослідження фізичних процесів в ефективних катодах різних типів і вже на цьому етапі розвинув правильні уявлення про емітери як об'єкти з напівпровідниковими властивостями, зокрема 1936 р. вперше висловив ідею щодо напівпровідникової природи ефективних емітерів (стосовно оксидного катода), яка невдовзі дістала в роботах його групи експериментальне обґрунтування і відіграла в подальшому вирішальну роль в розвитку уявлень про фізичні процеси в ефективних емітерах електронів. Цей напрям одержав розвиток у роботах П.Г. Борзяка. Під керівництвом Н.Д. Моргуліса докладно вивчено електронні та адсорбційні властивості металоплівкових катодів. Почала розроблятися методика клина, яка дістала розвиток у післявоєнний період у роботах Н.Д. Моргуліса і П.Г.

Борзяка. З 1936 р. проведено цикл досліджень з окидних катодів, зокрема в 1938р. Н.Д. Моргуліс і А.Т. Нагорський виявили різке зростання вторинної емісії з окидних катодів при підвищенні їх температури.

Наведене вище свідчить, що в 30-і роки Інститут став також авторитетним науковим центром з катодної електроніки, і тут починає формуватися наукова школа Н.Д. Моргуліса.

В 1935–1938 рр. в Інституті проводилися роботи з електронної оптики (керівник В.Є. Дьяченко). Вивчалися основні типи електричних лінз та їх параметри, зокрема було одержано загальну формулу фокусної відстані лінзи (В.Є. Дьяченко, І.І. Сахаров).

Дослідження з рентгенофізики в Інституті продовжували роботи, які ще 1925 р. розпочато на Київській науково-дослідній кафедрі (керівник С.Д. Герцрікен). Вивчалася скло, прозорі для м'яких рентгенівських променів, визначався його показник заломлення, в 1933–1934 рр. С.Д. Герцрікен виготовив скло «Гетан» для рентгеноструктурного аналізу. Розроблялися нові схеми тоталь-рефрактометрів, вдосконалювалася методика вимірювань, досліджувалася дифузія в твердих тілах.

Як і УФТІ, Інститут фізики також зазнав втрат від репресивного сталінського режиму, правда значно менших. 21 січня 1938 р. Управління державної безпеки НКВС УРСР одержало з Москви телеграму, якою санкціонувався арешт директора Інституту О.Г. Гольдмана. Наступного дня його було заарештовано. 29 січня, не дочекавшись завершення слідства і судового вироку, Президія АН УРСР прийняла постанову про виключення О.Г. Гольдмана з дійсних членів Академії «як заарештованого органами

НКВС», 2 липня її одногосно затвердили Загальні збори АН УРСР.

Відразу після арешту О.Г. Гольдмана Спеціальна комісія АН СРСР розпочала перевірку роботи Інституту фізики АН УРСР. До складу Комісії, очолюваною А.Ф. Йоффе, входили науковці з Москви, Ленінграда, Тбілісі, Баку, зокрема вихідці з України В.П. Линник, Б.М. Вул, М.О. Леонтович. Висновки Комісії (2 червня 1938р.) не мали нічого спільного з справжнім станом речей в Інституті і були явно сфабриковані з метою виправдати усунення О.Г. Гольдмана з посади директора Інституту й наступну його реорганізацію. В опублікованих у пресі коротких повідомленнях про роботу Комісії зазначалося, що «загальні підсумки наукової роботи Інституту за 9 років його існування незначні і практичні виходи цих робіт дуже малі», організація груп в Інституті нерациональна, тематика надзвичайно роздібнена, причому більшість тем «не має актуального значення і не приводить до поглиблення фізичного розуміння явищ». Причина всіх цих надуманих звинувачень вбачалася в тому, що «Інститутом фізики керував ворог народу, який розпалював з шкідницькою метою роботу Інституту». Більш абсурдне обвинувачення на адресу О.Г. Гольдмана важко було вигадати, оскільки саме йому фізична наука в Радянській Україні завдячує своєму розвитку, а Інститут фізики – своїм заснуванням [23].

4 червня 1938 р. на засіданні Президії АН УРСР виступив А.Ф. Йоффе, який як голова Комісії з обстеження Інституту фізики АН УРСР виклав її висновки. Головними недоліками в роботі Інституту він назвав ізолюваність Інституту від фізичних центрів СРСР, відсутність практичних зв'язків з виробництвом, а також публікацію наукових праць в українському журналі українською мовою за відсутністю публікацій про результати наукових досягнень у союзних періодичних виданнях. На думку

А.Ф. Йоффе, всі талановиті українські фізики (В.Є. Лашкар'єв, В.П. Линник, Д.М. Наследов, П.В. Шаравський, В.М. Тучкевич, А.П. Александров та ін.) усувалися з Києва, де не було створено відповідних умов для їх роботи, хоч відома, що саме А.Ф. Йоффе переманив їх до ЛФТІ. Свій виступ А.Ф. Йоффе закінчив пропозиціями про структурні зміни в Інституті, його реорганізацію та зміну директора. Не випадково стенограма доповіді А.Ф. Йоффе знайшла належне місце в матеріалах звинувачення О.Г. Гольдмана. Фактично від імені фізиків країни А.Ф. Йоффе заявив, що Інститут фізики АН УРСР погано виконував свої завдання. Після такої заяви запропонована Президентом АН УРСР О.О. Богомольцем резолюція з формулюванням «у минулому Інститутом фізики керували зі шкідницькою метою» вже ні в кого не викликала сумніву.

«Доповідь про роботу Інституту фізики та перспективи його дальшого розвитку, зроблену акад. [А.Ф.] Йоффе, — зазначалося в рішенні Президії, — довести до відома голови Раднаркому УРСР та просити Раднарком УРСР допомогти перетворити в життя всі побажання комісії, що сприятиме розвитку фізичної науки на Україні та зв'язку цієї науки з промисловістю. Президія Академії наук виносить ширу подяку Комісії та голові цієї Комісії акад. [А.Ф.] Йоффе за таку серйозну увагу до Інституту фізики АН УРСР, оскільки мова йде не тільки про реконструкцію Інституту фізики [АН] УРСР як відірваної одиниці, а про реконструкцію всієї роботи в галузі фізики на Україні» [24].

2 липня 1938 р. цю постанову Президії було ухвалено Загальними зборами АН УРСР. У цій ситуації особливо дивує агресивна та упереджена позиція А.Ф. Йоффе (вихідця з України) по відношенню до Інституту фізики АН УРСР і особисто О.Г. Гольдмана — відомого українського вченого та організатора науки, який в той час був

також головою Відділу механіко-математичних і фізичних наук АН УРСР. Я вбачаю в цьому заздрість і помсту, що дослідження в галузі напівпровідників проводилися в Інституті не під патронатом А.Ф. Йоффе — «батька» радянської фізики, як його тоді називали, і не входили в сферу його впливу, як ХФТІ, ДФТІ, УралФТІ та СибірФТІ, крім того, в свій час на засіданні групи фізичних Інститутів в АН СРСР О.Г. Гольдман виступив з гострою критикою А.Ф. Йоффе (як О.І. Лейпунський і Л.Д. Ландау). Спроба автора знайти в архівах України висновки комісії з обстеження інституту та підписами її членів виявилися марними. Якимось не вкладається, що В.П. Линник і Б.М. Вул — учні О.Г. Гольдмана по Київській науково-дослідній кафедрі фізики та високоморальний М.О. Леонтович могли просто «підмахнути» такий ганебний неправдивий висновок. Напрошується думка, що це було особисте рішення А.Ф. Йоффе, яке не красило його, адже він не міг не розуміти, що це фактично вирок О.Г. Гольдману і удар по Інституту, і хіба не на його очах було зруйновано репресіями його дітище — УФТІ. Можливо, історія ще скаже своє остаточне слово.

5 жовтня 1938 р. О.Г. Гольдмана засуджено до заслання в Казахстан терміном на 5 років за «участь в антирадянській націоналістичній організації». З цим вирокom його ознайомили тільки 28 жовтня 1939 р. У ході слідства О.Г. Гольдман категорично відкидав усі висунуті проти нього звинувачення і не дав ані найменшого приводу сфабрикувати на основі його свідчень «справи» проти інших учених, як того вимагали слідчі. Своім безкомпромісним поведінням він подавав приклад іншим, менш стійким ув'язненим. Так, В.К. Бер-

нацький, його заступник по Інституту, який підтвердив спочатку під дією катувань висунуті проти нього безпідставні звинувачення, а потім відмовився від своїх свідчень, довідавшись, що О.Г. Гольдман назвав їх «наклепом на самого себе».

БЕРНАЦЬКИЙ Віктор Костянтинович – український фізик. Народився 19.12.1882 у м. Катти-Курган Самаркандської обл. (Узбекистан). Закінчив Київський університет (1908). В 1919–1933 рр. працював у Кам'янець-Подільському університеті (з 1927 – професор, з 1929 р. – проректор), Інституті соціального виховання, з 1935 р. – Інституті фізики АН УРСР у Києві (заступник директора), в жовтні 1939 р. – заарештований, в червні – ув'язнений і перебував у таборах. Дата смерті невідома. Наукові дослідження в галузі фізики і техніки напівпровідників [28].

Результатом річного перебування у в'язниці стали перенесений О.Г. Гольдманом інфаркт і значне погіршення стану здоров'я. На засланні О.Г. Гольдман відразу розпочав боротьбу за встановлення справедливості, відновлення свого чесного ім'я та адекватного іміджу Інституту. Вже в квітні 1940 р. він надіслав першу апеляційну скаргу Генеральному прокурору СРСР, у вересні – ще кілька заяв, у жовтні продублював свої звернення до прокурора відкритим листом у газету «Правда», в якому, зокрема, писав:

«Я два з половиною року тому був вирваний з радянського суспільства, протриманий 23 місяці в попередньому ув'язненні і після того, як через 13 місяців після арешту, звинувачення, за яким видано ордер на арешт, було відмінено постановою слідчих органів, був все ж позасудовим порядком репресований і засланий у Казахстан. Під час очної ставки (1 вересня 1938 р.) з моїм колишнім співробітником Є.Г. Миселюком з'ясувалося з його слів, що, починаючи з 1932 р., він спільно з небагатьма співробітниками Інституту писав на мене наклепницькі, ганебні заяви. Наскільки я можу судити, систематичні наклепи незначної групи співробітників Інституту – Гейхман Д.С., Ми-

селюка Є.Г., Мюнстерлейдта, організовані для досягнення особистих цілей, створили ґрунт, на якій легковажність слідчих органів привела до мого арешту, утриманню у в'язниці і, нарешті, до природного завершення вчинених слідчих помилок – до заслання в Казахстан, а наклепникам дало можливість досягти своєї мети – призначення Миселюка директором Інституту фізики. В ув'язненні я направив понад 20 заяв в органи НКВС і Прокуратури і жодного разу не одержав відповіді по суті. За майже два роки перебування в ув'язненні я жодного разу не мав можливості переговорити з представником Прокуратури, незважаючи на численні заяви на її адресу... Після 30 років наукової роботи, після 19-річної ініціативної, впертої, успішної роботи по розвитку радянської фізики я без найменшої провини з мого боку відірваний від своєї роботи і засланий у Казахстан, при цьому всі мої намагання досягти справедливості і відновити своє добре ім'я наштотуються в глухе мовчання прокуратури» [9, с. 144–145].

В контексті суспільно-політичної обстановки в країні ситуацію з О.Г. Гольдманом розглянула А.М. Глебова в статті «Радянізація» української науки та ревізія Київського інституту фізики у 1938 р. [25]. Виявилось, що справу на О.Г. Гольдмана НКВС завів ще в 1927 р., чому сприяли «систематичні наклепи незначної групи співробітників Інституту», про яких вище писав О.Г. Гольдман. І вони досягли своєї мети – О.Г. Гольдмана було заарештовано як ворога народу. Для того часу «полювання» на тих, як О.Г. Гольдман, було нормою. Існуючу тоді атмосферу в суспільстві описала в своїх спогадах Н.Я. Мандельштам – вдова поета Осипа Мандельштама:

«Ми ходили неначе просвічені рентгеновськими променями, і взаємне стеження – ось головний принцип, що нами керував... Кожна сім'я перебирала своїх знайомих, шукаючи серед них провокаторів, стукачів і зрадників. Після 37-го року люди перестали зустрічатися один з одним. І цим досягалися далекоюсяжні цілі органів. Крім постійного збору інформації, вони добилися послаблення зв'язків між людьми, роз'єднання суспільства» [26, кн. 2, с. 39].

Тільки в 1956 р. О.Г. Гольдмана реабілітовано і поновлено у членах АН УРСР, з 1959 р. він був завідувачем лабораторії Інституту до своєї смерті в 1971 р. Після О.Г. Гольдмана на-

півпровідникові дослідження в Інституті як завідувач відділу очолив з 1939 р. В.Є. Лашкар'єв, який повернувся в Україну, долучився до них і талановитий теоретик С.І. Пекар.

Дніпропетровський фізико-технічний інститут

Створений 1932 р. на базі Дніпропетровського філіала Українського фізико-технічного інституту, організованого 1931 р. Перебував у підпорядкуванні Наркомату важкої промисловості СРСР, з 1939 р. – в АН УРСР. Основні напрями діяльності Інституту: вивчення структури і властивостей металів і сплавів у твердому і рідкому станах, їх зміни залежно від температури і тиску; дослідження фазових перетворень сплавів при закалці, відпуску, термічній обробці тощо, рентгенографічне визначення залишкових напружень в металевих виробках, рентгенівська дефектоскопія металів та інших матеріалів; науково-методичне керівництво рентгенівськими лабораторіями півдня країни та розробка методики застосування рентгенівського аналізу.

В період створення Інституту в ньому нараховувалося понад 40 співробітників, в 1937 р. – 75, в тому

числі 21 науковий. В його структурі спочатку було чотири лабораторії – фазових перетворень в металах і сплавах (керівник Г.В. Курдюмов); кристалізації в металах і сплавах (В.І. Данилов); залишкових напружень в металевих виробках (Г.І. Аксьонов); рентгенівської дефектоскопії (Е.З. Камінський) та відділ теоретичної фізики (Б.М. Фінкельштейн, він же директор Інституту).

ФІНКЕЛЬШТЕЙН Борис Миколайович – фізик, доктор фізико-математичних наук, професор (1929). Народився в 1902 р. в Петербурзі. Закінчив Ленінградський політехнічний інститут (1926). В 1928–1932 рр. працював у Гірничому інституті та Інституті народної освіти в Дніпропетровську, 1932–1937 рр. – директор Дніпропетровського фізико-технічного інституту та з 1932 р. – завідувач його теоретичного відділу (в 1937 р. був безпідставно репресований, але невдовзі звільнений). З 1944 р. працював у Центральному науково-дослідному інституті чорної та кольорової металургії та завідував кафедрою в Інституті сталі (Москва). Помер у 1962 р.

НДІ фізики Одеського університету

В цей період роботи Інституту зосереджувалися на вивченні взаємодії світла з різними речовинами, кристалізації рідин на науковій фотографії. В серпні 1930 р. в Одесі проведено Перший Всесоюзний з'їзд фізиків (голова оргкомітету – А.Ф. Йоффе, заступник голови – Е.А. Кириллов). Одеські фізики брали активну участь

в його роботі, прочитавши 10 доповідей в різних секціях (Е.А. Кириллов, Р.Я. Берлага, В.В. Кондагурі, М.А. Аганін, С.Й. Голуб та ін.) [28].

Наукові праці стосуються квантової механіки, фізики і хімії металів, теорії електролітів, металознавства. Досліджував внутрішнє тертя в металах, застосовував ядерний магнітний резонанс у металознавстві.

1. Кульчицький С., Павленко Ю., Руда С., Храмов Ю. Історія Національної Академії наук України в суспільно-політичному контексті. 1918–1998. – К.: Фенікс, 2000.

2. Павленко Ю.В. Наука и советская власть в 20–30-х гг. XX ст. / Павленко Ю.В., Ранюк Ю.Н., Храмов Ю.А. «Дело» УФТИ. 1935–1938. – К.: Фенікс, 1998. – С. 7–82.

3. *Авторханов А.* Происхождение партократии. — Франфурт-на-Майне: Посев, 1983. — 2 т.
4. *Восленский М.* Номенклатура. — М.: Советская Россия. — Октябрь, 1991.
5. *Пристайко В., Шаповал Ю.* Справа «Спілки визволення України». — К.: Інтел, 1995.
6. *Касьянов Г.В., Даниленко В.М.* Сталінізм і українська інтелігенція. — К.: Наук. думка, 1991.
7. Колективізація і голод на Україні. 1929–1933. — К.: Наук. думка, 1992.
8. *Палій В.М., Храмов Ю.О.* Національна академія наук України. Персональний склад. 1918–2018. — К.: Фенікс, 2018.
9. Національна академія наук України. Хронологія. 1918–2018. — К.: Фенікс, 2018. — 2-е вид.
10. Вісті ВУАН, 1931, №5, с. 43–67.
11. ЦДАГО України. Ф. 1. Оп. 20. Спр. 6223.
12. Наукові установи та організації УСРР. — Харків: Державна планова комісія УСРР, 1930.
13. ЦДАТІ України Ф. 1. Оп. 16. Спр. 10. Арк. 215–216.
14. Українська академія наук у 1934 р. — К.: Вид-во ВУ АН, 1935.
15. Вісті Академії наук УСРР, 1936, №3, с. 39–50.
16. *Храмов Ю.О., Звонкова Г.Л., Луговський О.Г.* Формування в 30-х роках ХХ ст. в Україні фундаментальних наук та їх застосувань // Науки і наукознавства, 2019, №2, с. 130–153.
17. *Храмов Ю.А.* История физики. — К.: Фенікс, 2006: Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій і відкриттів. — К.: Фенікс, 2015. — 2-е вид.
18. *Павленко Ю.В., Ранюк Ю.М., Храмов Ю.А.* «Дело УФТИ. 1935–1938. — К.: Фенікс, 1998.
19. *Шубников Л.В.* Избранные труды. Воспоминания. — К.: Наук. думка, 1990.
20. *Ландау Л.Д.* Собрание трудов. — М.: Наука, 1969. — 2 т.
21. Інститут радіофізики і електроніки ім. А.Я. Усикова НАН України. 50 лет. Харків, 2005.
22. *Ахизер А.И.* В старом УФТИ / Нарис з історії природознавства і техніки, 1994, №41, с. 42–52.
23. Інститут фізики НАН України. 80 років. — Львів: Євровіт, 2009.
24. Фізичні записки, 1939, т. 7, вип. 3.
25. *Глебова А.М.* «Радянська наука та ревізія Київського інституту фізики у 1938 р. // Науки і наукознавство.
26. *Мандельштам Н.Я.* Воспоминания. — М.: Моск. рабочий, 1990. — 2 кн.
27. *Колтачихіна О.Ю.* Лев Якович Штрум — забуте ім'я української науки // Науки і наукознавство, 2008, №4, с. 164–169.
28. *Колтачихіна О.Ю.* Професор В.Н. Бернацький — забуте ім'я // Науки і наукознавства, 2009, № 2, с. 85–96.

ДРУГА СВІТОВА ВІЙНА В ІСТОРІЇ СРСР ТА УКРАЇНИ (1939–1945)

Суспільно-політичний і військовий контексти

Війни були вічними супутниками людства. За останні 5,5 тисячоліть відбулось близько 14,5 тисяч великих і малих (локальних) війн, в тому числі дві світові. Впродовж їх загинуло, померло від голоду та епідемій понад 3,6 млрд. чоловік. Війна являє собою збройну боротьбу держав і народів або націй між собою, здебільшого за території або ринки збуту, збройна ж боротьба між соціальними групами в самій державі за владу зумовлена ідеологічними, етнічними, релігійними та ін. протиріччями і кваліфікується як громадянська, наприклад Громадянські війни в Росії та Україні в 1918–1920 рр. У війні використовуються в якості вирішальних засобів боротьби збройні сили держав, що вступають у військовий конфлікт, а також політичні, економічні, інформаційні та інші фактори.

Перша світова війна 1914–1918 рр. була війною між двома коаліціями держав. З одного боку, Німеччина, Австро-Угорська імперія, Турція та Болгарія (так звані Центральні держави), з другого, Росія, Франція, Велика Британія, Сербія, Італія, Румунія, США та ін., загалом 34 держави (так звана Антанта). Вона різко змінила хід світової історії, порушила ті позитивні зміни, що зумовлювалися розвитком в мирні часи, відкинула назад в економічному та культурному відношенні чимало провідних країн, передусім Європи, сприяла перерозподілу полі-

тичних та економічних сил на світовій арені, зумовила виникнення низки соціальних та економічних проблем, що поряд з політичними визначили обстановку в світі в першій половині ХХ ст. При цьому виснажена війною Європа втратила контроль над світовою економікою, перетворившись з її кредитора в боржника, зокрема США, до того ж у деяких країнах революційною або націоналістичною риторикою було підготовлено ґрунт для радикальних змін, наприклад, у жовтні 1917 р. в Росії повалено царизм. Наприкінці 1918 р. Перша світова війна завершилася розгромом Центральних держав, тобто перемогою Антанти. В ході війни було мобілізовано близько 74 млн чоловік, з них 10 млн вбито, понад 20 млн поранено.

Проте «перепочинок» від війни в глобальному масштабі був короткочасним. В 1935 р. Японія напала на Манчжурію та окупувала її, в 1935 р. Італія – на Ефіопію, щоб розширити свою територію, невдовзі остання перейшла під італійський контроль, в 1936 р. німецькі війська ввійшли в демілітаризовану Рейнську область, а згодом в Австрію. Насувалась Друга світова війна, яка за своїми масштабами перевершила Першу. Безпосередніми підпалювачами якої з метою переділу світу стали гітлерівська Німеччина, фашистська Італія і мілітаристська Японія («вісь Берлін – Рим – Токіо»). Невдовзі до цієї трійки

приєднався і Радянський Союз, щоб одержати свою частину європейського територіального «пирога» [1].

Початковий етап Другої світової війни (1939–1941) [2]. Вона розпочалася 1 вересня 1939 р. нападом Німеччини на Польщу. Їй передував «пакт Молотова–Ріббентропа» – секретний додатковий протокол до договору про ненапад між СРСР і Німеччиною, підписаний у Москві 23 серпня 1939 р. наркомом закордонних справ СРСР В.М. Молотовим і міністром закордонних справ Німеччини Й. фон Ріббентропом, яким визначалися сфери взаємних інтересів обох держав у Східній Європі. Він у якийсь мірі прискорив розв'язання Другої світової війни.

Відразу після нападу Німеччини на Польщу, виконуючи свої союзницькі зобов'язання, Англія і Франція оголосили війну Німеччині (на що Гітлер не розраховував), проте вагомої підтримки полякам не надали. 17 вересня 1939 р. радянські війська перейшли східний кордон з Польщею і невдовзі зайняли визначену пактом територію Західної України та Західної Білорусії, здійснивши так званий визвольний похід, який завершився підписанням 28 вересня 1939 р. «Договору про дружбу і кордон між СРСР і Німеччиною». В результаті до УРСР відійшли нинішні Львівська, Волинська, Рівненська, Івано-Франківська та Тернопільська області. Територію Радянської України було значно розширено у західному та південно-західному напрямках, вона охопила майже всі етнічні українські землі, за винятком Закарпаття (переданого німцями Угорщині після ліквідації Чехословацької республіки) та Північної Буковини. На середину 1940 р. УРСР майже набула сучасних державних кордонів (крім Криму та Закарпаття).

Невдовзі СРСР розв'язав невдалу для себе війну з Фінляндією (30 листопада 1939 р. – 12 березня 1940 р.), внаслідок якої до нього перейшли тільки район Виборга та західний берег Ладозького озера. Влітку СРСР анексував нейтральні Естонію, Латвію та Литву. Німецькі ж війська в квітні – травні 1940 р. окупували Данію та Норвегію, а в травні через швидко підкорені Нідерланди, Бельгію та Люксембург вторглися в Північно-Східну Францію, зайняли Париж і примусили французів капітулювати.

Тут необхідно зазначити, що з осені 1939 р. Радянський Союз, плекаючи давню стратегічну мету – поширити свою владу на захід шляхом військової сили, нарощував військову міць на своїх західних кордонах, вздовж яких на початок червня 1941 р. було зосереджено низку добре оснащених армій. Стежачи за перебігом подій початку війни, швидким захопленням Гітлером країн Європи та виходячи при цьому з розпорошеності сил вермахту по європейських і середземноморських країнах, Сталін та його оточення планували широкомасштабний прорив на захід.

Між тим світова війна розпалювалася. 7 грудня 1941 р. японська авіація напала на військово-морську базу Пірл-Харбор США на Гавайських островах, в результаті було виведено з ладу основні сили американського Тихоокеанського флоту. Цим Японія розв'язала війну проти США. Наступного дня США та Великобританія об'явили їй війну, а 11 грудня Німеччина та Італія, в свою чергу, – війну США. Наприкінці 1941 р. – на початку 1942 р. Японія захопила території Малайзії, Індонезії, Філіппін, Бірми, низку островів у Тихому океані. Розгорнулася масштабна Друга світова

війна. Вже тоді окуповані Німеччиною народи Європи повною мірою зазнавали на собі «новий порядок» нацистів, що прирікав на смерть мільйони їх людей, зокрема євреїв і ромів, а інших, наприклад слов'ян, проголошував одвічними рабами, які повинні працювати на німців як вищу расу. На цей фактор, що міг призвести до вибуху з середини, також розраховувало більшовицьке керівництво.

Але його наміри вже влітку 1940 р. стали нацистам зрозумілі, і 21 липня того ж року почалася розробка їх плану війни проти СРСР (план «Барбаросса»), в основу якого було покладено ідею швидких і глибоких проривів танкових частин з метою розчленування основних сил Червоної Армії з наступним їх знищенням. До того ж на обороноздатність СРСР вкрай негативно впливали соціальна-економічна обстановка в країні, репресії проти багатьох верств його населення, зокрема щодо керівників Червоної Армії, через які вона втратила багатьох провідних військових діячів, прорахунки в стратегії та у визначенні імовірних строків початку війни. На червень 1941 р. радянські війська не було повністю укомплектовано особовим складом, технічними засобами, хоч по кількості танків (13,1 тисяч) і бойових літаків (8,7 тисяч) мали переваги над супротивником. На час нападу на СРСР фашистська Німеччина спільно з своїми союзниками на його кордоні зосередила 191 дивізію загальною кількістю 5,5 млн чоловік проти 187 радянських дивізій з 3 млн чоловік, до того ж її війська вже мали досвід ведення сучасної війни.

Війна радянського народу з гітлерівською Німеччиною (1941–1945) (Велика вітчизняна війна) [2]. Незважаючи на укладений 23 серпня 1939 р. «До-

говір про ненапад між Німеччиною і Радянським Союзом», 22 червня 1941 р. гітлерівська Німеччина здійснила напад на СРСР. Почалася війна радянського народу проти німецько-фашистських загарбників, відома тривалий час як Велика вітчизняна війна.

Створивши на напрямку ударів відчутну перевагу в живій силі й техніці, агресор проривав оборону радянських військ. Користуючись промахами в організації опору супротивнику та подекуди розгубленістю командування, він одержав стратегічну ініціативу й панування в повітрі. В перший же день війни було знищено значну частину радянських літаків на аеродромах.

Приголомшений повідомленням про війну Сталін на деякий час втратив працездатність і відійшов від справ, що також ускладнювало ситуацію на фронтах. Радянські війська намагалися чинити опір і якимось стримувати німецьку навалу, переходячи часто-густо в атаку. В перші ж дні війни в Білорусії сили Західного фронту було оточено і майже знищено, також швидко захоплено міста Ригу та Вільнюс, що відкрило шлях на Ленінград і Москву. Тривав наступ німецьких військ і на Україну. Після катастрофічних втрат і подекуди панічної втечі радянських військ (в перші тижні війни тільки в полон потрапило близько 5,7 млн чоловік) було налагоджено оборонні дії. Так у липні – серпні 1941 р. вдалося організувати потужну оборону на підступах до Києва та Одеси. Проте в кількох місцях німцям вдалося заволодіти переправами через Дніпро, створивши тим самим передумови для просування на Лівобережжя, до Донбасу та Криму. У вересні було розгромлено сили Південно-Західного фронту, в

бою загинув його командувач генерал М.П. Кирпонос.

19 вересня радянські війська залишили Київ. 29 вересня в захопленому німцями Києві почалося масове знищення його мешканців у Бабиному Яру, спочатку євреїв, яких там загинуло понад 100 тисяч, а потім і представників інших народів, головним чином українців і росіян, зокрема військовополонених та учасників руху опору.

Героїчна оборона Києва уможливила Червоній Армії накопичити сили, в результаті план блискавичної війни з СРСР, або «бліц-криг» провалився. В останніх числах листопада частини Червоної Армії, стабілізувавши фронт під Москвою (відстань до столиці становили 25–30 км), нанесли німецьким військам низку контрударів, а 5–6 грудня перейшли в загальний контрнаступ, просунувшись протягом зими на 100–250 км, було розгромлено близько 50 дивізій німців.

На початок 1942 р. окуповано територію, на якій до війни мешкало 42% населення СРСР, вироблялася 1/3 валової продукції, перебувало 45% посівних площ. Економіка переводилася на військові рейки, в східні райони було перебазовано значну кількість підприємств. Вже в першому півріччі 1942 р. випущено 10 тис. літаків, 11 тис. танків, 54 тис. гармат, в другому півріччі їх випуск зріс в півтора рази.

Війна СРСР з гітлерівською Німеччиною змусила перевести майже всю його економіку на військові потреби, привела в дію колосальні матеріальні й людські ресурси задля перемоги над ворогом. Вона змінила і звичну діяльність АН УРСР. Вже 25 червня 1941 р. на зборах колективу Академії однотайно було вирішено докласти всіх зусиль, щоб максимально допо-

могти Червоній Армії. Чимало науковців пішло на фронт, багато з них віддали своє життя, захищаючи Батьківщину в її боротьбі з гітлерівськими загарбниками. 29 червня Рада Народних Комісарів УРСР прийняла рішення про евакуацію наукових співробітників і майна Академії наук УРСР на схід країни, було перебазовано 19 академічних інститутів. 30 червня відбулося засідання Президії АН УРСР, на якому вирішено змінити тематичні плани інститутів відповідно до потреб воєнного часу. Для керівництва цією роботою створено комітет на чолі з президентом Академії наук О.О. Богомольцем. 22 серпня в Уфі відбулися перші в евакуації Загальні збори АН УРСР. Головну увагу було приділено тематиці наукової діяльності, в якій першочергове місце посіли науково-технічні розробки в галузі оборонної тематики, методики лікування поранених і хворих воїнів Червоної Армії. Більшість інститутів та керівництво АН УРСР зосередились в Уфі – столиці Башкирії. Ближче до сировинної бази, на Урал, перебазувалися Інститут електрозварювання в Нижній Тагіл, Інститут енергетики в Копейськ, Інститут чорної металургії в Свердловськ, Дніпропетровський фізико-технічний інститут у Магнітогорськ, до Алма-Ати переїхав Харківський фізико-технічний інститут, Полтавська гравіметрична обсерваторія – до Іркутська.

На кінець 1941 р. гітлерівці практично заволоділи територією всією Україною. 13 лютого 1942 р. вони розпочали примусове вивезення її найбільшого працездатного населення на роботи до Німеччини. Всього за часи окупації було вивезено близько 2 млн чоловік. В результаті в Україні посилювався рух опору загарбникам, почали

створюватися партизанські загони, широких масштабів партизанська війна в Україні набула в 1943 р.

На осінь 1942 р. німецькі війська просунулися вперед на 500–600 км, вийшовши до Волги та заволодівши частиною перевалів Головного Кавказького хребта. Проте, маючи на східному фронті найбільшу кількість впродовж всієї війни живої сили і бойової техніки, Німеччина та її сателіти не змогли заволодіти ні Сталінградом, який героїчно оборонявся, ні прорватися до Закавказзя. 19–20 листопада 1943 р. радянські війська в районі Сталінграда перейшли в контрнаступ, прорвали оборону супротивника та оточили тут німецьке угруповання, яке невдовзі було ліквідовано – німці та їх союзники втратили 1,5 млн чоловік і значну кількість бойової техніки. Сталінградська битва стала для ворога початком кінця. В зимовій кампанії 1942–1943 рр. Червона Армія просунулася на захід на 600–700 км, звільнивши значну своєї територію від окупантів.

Влітку 1943 р. вирішальною у війні стала Курська танкова битва, в якій німецькі війська було розбито, що створило сприятливі умови для розгортання суцільного наступу радянських військ на всій лінії фронту – від Новгороду до Азовського моря, і наприкінці вересня вони 700-кілометровим фронтом вийшли на лінію Дніпра від Гомеля до Запоріжжя. Почалося звільнення України. В результаті Київської наступальної операції, розпочатої 3 листопада, вже 6 листопада було звільнено Київ, а до травня 1944 р. – більшу частину України з виходом на її західні рубежі.

Варто зазначити, ще влітку 1942 р. сформувалося ядро країн антигітлерівської коаліції. Важливе значення мала

Тегеранська конференція керівників трьох союзних держав – Й. Сталіна (СРСР), Ф. Рузвельта (США) і У. Черчілля (Велика Британія), яка відбулася 28 листопада – 1 грудня 1943 р. На ній було прийнято Декларації про спільні дії у війні проти Німеччини та післявоєнному співробітництві її учасників, рішення про другий фронт у Європі, який союзники відкрили в червні 1944 р. у Франції.

В ході літньо-осінньої кампанії радянські війська завершили звільнення Білорусії, України, Прибалтики, частково Чехословаччини, примусили капітулювати й вступити у війну проти Німеччини Румунію та Угорщину. Наприкінці 1944 – на початку 1945 рр. здійснено наступ радянських військ та їх західних союзників на рештки німецьких військ у Центральній та Західній Європі, було звільнено від окупантів низку європейських країн. 25 квітня радянські та американські війська зустрілися на р. Ельбі, а 2 травня сили радянських армій завершили розгром оточених у районі Берліна сил вермахту та оволоділи містом.

Ще 4–11 лютого в Ялті відбулася Конференція (Кримська, або Ялтинська) голів урядів трьох союзних держав – Сталіна, Рузвельта та Черчілля, на якій було визначено принципи їх післявоєнної політики з метою створення міцного миру та системи міжнародної безпеки.

9 травня 1945 р. Німеччиною було підписано Акт про беззастережну капітуляцію. Війна СРСР з гітлерівською Німеччиною 1941–1945 років завершилася переконливою перемогою Радянського народу. Цей травневий день ввійшов у вітчизняну історію як День Перемоги над фашистською Німеччиною. Проте вона дісталася радянському народу дорогою ціною.

За останніми даними втрати СРСР у війні становили 41 млн 979 тис. чоловік, а не 21 млн, як вважалося раніше, з них загинуло понад 19 млн військових і близько 23 млн цивільного населення. Тільки Україна за роки війни втратила близько 19% свого населення: 1 млн 650 тис. українських вояків загинуло в боях, 7 млн чоловік становили жертви мирного населення, 2,4 млн вивезено на роботи до Німеччини, 700 міст і 2800 сіл спалено та зруйновано, 319 тис. господарств спалено, 33 тис. шкіл знищено тощо.

2 вересня 1945 р. підписала акт про беззастережну капітуляцію Японія – союзниця фашистської Німеччини у війні. Цим було завершено Другу світову війну. В ній брали участь 72 країни, у військові сили було мобілізовано близько 110 млн чоловік, з яких у війні загинуло майже 62 млн.

17 липня – 2 серпня 1945 р. в Потсдамі прийшла конференція (Берлінська, або Потсдамська) голів держав-переможців у Другій світовій війні – СРСР (Сталін), США (Трумэн) і Великої Британії (Черчілль, з 28 липня – Еттли), на якій було досягнуто домовленості з питань післявоєнного устрою в Європі. А протягом 20 листопада 1945 р. – 1 жовтня 1946 р. в Нюрберзі відбувся судовий процес над головними нацистськими військовими злочинцями (Нюрберзький процес). До відповідальності було притягнуто чимало вищих військових і державних діячів фашистської Німеччини, 12 з них страчено, 7 ув'язнено на тривалі строки або пожиттєво. На процесі було розкрито суть німецького фашизму та його небезпеку для всього людства.

Війна і наука [1]. Як відомо, війна, яку веде країна, змушує підпорядковувати її економіку, промисловість,

освіту, науку тощо військовим потребам. Згадаймо крилату фразу під час Великої вітчизняної війни – «все для фронту, все для перемоги», яка саме відображає суть воєнного часу і його нагальних вимог.

Зазвичай війна перериває стійкий науковий і технічний прогрес країни, проте водночас засвідчує виняткову роль науки, технологій і виробництва з фінансуванням і адміністративним ресурсом та державного забезпечення наукових досліджень. Якщо до Другої світової війни між наукою та промисловістю і існував певний зв'язок, то війна стала апогеєм в процесі інтеграції науки і технологій з промисловістю та державною машиною. Тріада «наука – промисловість – держава» особливо під час війни доводить свою «працездатність» та ефективність, не втрачаючи свого значення і в подальшому. Це приводить до створення не тільки нових виробництв, галузевих НДІ та КБ, але і до структурних змін у наукових, науково-технічних і освітніх установах. Яскравим свідченням цього є реалізація Манхеттенського проєкту в США та атомного і ракетного радянських проєктів. Скоординована наукова, технологічна і виробнича діяльність багатьох колективів учених, інженерів, конструкторів, виробників, підкріплена необхідними ресурсами та менеджментом при активній участі держави долає виникаючі труднощі і веде до успіху.

Війна змінює звичні способи і стиль роботи учених, методи і технології експериментів, ставлення до влади, організацію дослідницьких процесів, коли вони ведуться групами, командами, в яких має місце тісна співпраця вчених та інженерів. При цьому ставка робиться виключно на прагматичний підхід, коли має

значення тільки результат, швидкий та ефективний. Він забезпечується чітким визначенням мети, розробкою певних процедур, що уможливають одержати позитивне рішення, в тому числі методом «мозкового штурму». Ці зміни в організації науки й техніки приводять до швидкого одержання наукових знань,

проривних результатів, створення великих науково-дослідних інститутів, дорогого й складного наукового обладнання, формування великих міжнародних дослідницьких груп для реалізації спеціальних проектів, виникнення міждисциплінарних наук, а також нових наукових і науково-технічних напрямів.

Світова фізика в 1939–1945 рр.

В 1932 р. фізики проникли на новий рівень будови матерії, в ділянку атомного ядра, встановивши його протонно-нейтронний склад, що відкрило новий етап у розвитку фізики, на якому саме ядерна фізика продовжувала втримувати лідерство [3]. Головною «діючою особою» тут став виступати нейтрон, виявлений також 1932 р. В наступні роки було відкрито штучну радіоактивність, викликану бомбардуванням атомних ядер альфа-частинками (Ірен і Фредеріак Жоліо-Кюрі, 1934 р.) та нейтронами (Е. Фермі, 1934 р.), утворення десятків радіоактивних ізотопів нейтронним бомбардуванням (Е. Фермі, 1934 р.) та сповільнення нейтронів у водневмісних речовинах (Е. Фермі, 1934 р.) та ін. І як наслідок на початку 30-х років започатковано нейтронну фізику. Вінцем же нейтронних досліджень стало відкриття в грудні 1938 р. О. Ганом і Ф. Штраманном явища поділу ядер урану під дією нейтронів (Нобелівська премія з хімії 1944 р. О. Гану), яке відразу дістало всебічного теоретичного та експериментального дослідження. В результаті виявлено низку фактів, які засвідчили, що явище поділу ядер урану є фізичною основою ланцюгової ядерної реакції як джерела вивільнення величезної внутрішньоядерної енергії – контрольованої (в

ядерних реакторах) і неконтрольованої (в атомній бомбі).

При цьому було започатковано не тільки ядерне реакторобудування, ядерну техніку і промисловість, атомну зброю, але чимало нових супутніх наукових напрямів і технологій, зокрема сучасне матеріалознавство, в тому числі, радіаційне, синтез трансуранових елементів, нейтронну оптику, нейтронографію, обчислювальну техніку (перші електронні обчислювальні машини) та ін.

Розвивалися також пов'язані з ядерною фізикою прискорювальна техніка, фізика елементарних частинок і квантова теорія поля, фізика космічних променів. Виажливим для прискорювальної техніки виявився відкритий в 1943 р. М. Оліфантом, а в 1944 р. В.Й. Векслером і незалежно Е. Мак-Мілланом принцип автофазування, який зняв обмеження на енергію (найбільша становила близько 20 МеВ) частинок у циклотронах, зумовлену релятивістським зростанням їх маси під час прискорення. Було побудовано низку прискорювачів, використовуючих принцип автофазування – протонні синхроциклотрони, синхротрони та синхрофазотрони. Так, уже в 1946 р. в Берклі (США) став до ладу синхроциклотрон на енергію 380 МеВ.

Розглядуваний етап був підготовчим для квантової теорії поля (КТП)



Л. Мейтнер



О. Фріш



Є.К. Завойський



Е. Парселл

й фізики елементарних частинок, фундаментальні результати в яких припали на наступне десятиліття. Але в 1943 р. В.Гейзенберг в КТП ввів матрицю розсіяння, або S -матрицю, елементи якої являли собою амплітуди процесів розсіяння та взаємоперетворення частинок, і вона стала тут відігравати важливу роль.

У фізиці низьких температур і твердого тіла одержано також ряд знакових результатів. В 1940–1941 рр. Л.Д. Ландау на квантовій основі, використовуючи свою концепцію квазічастинок, побудував теорію надплинності гелію II, яка дала чітку і повну картину всіх відомих тоді властивостей гелію II і передбачила низку нових, зокрема, що він є сумішшю двох рідин – нормальної (в'язкої) і надплинної (ідеальної), другий звук, виявлений експериментально 1944 р., тощо. Роботи Л.Д. Ландау в цьому напрямі започаткували фізику квантових рідин.

В 30-х роках сформувалася фізика напівпровідників як окремий розділ фізики твердого тіла. Завдяки розвитку радіолокації, зокрема винайденню радару (Р. Ватсон-Ватт, 1935 р.), інтерес учених і інженерів сфокусувався на всебічному вивченні кристалічних детекторів. Використовувані в радарх кремнієві та германієві радіодетектори («котячі вуси») мали істотний не-

долік – низьку робочу напругу. Тому було вирішено дослідити ці матеріали (групи К. Ларк-Горовіца в Пердью університеті та Р. Оля в Белл лабс). Було одержано значно чистіші матеріали, можливість контролювати тип дефектів і домішок у них, а також виявити, що провідність в основному зумовлюється незначними дозами домішок. Саме в цей час Р. Оль запровадив поняття p -тип і n -тип провідності для кремнію і 1939 р. відкрив у ньому p - n -перехід (основний елемент транзистора).

В 1937–1940 рр. І. Рабі зі співробітниками розробив метод магнітного резонансу в атомних і молекулярних пучках, який використав для прецизійних вимірювань надтонкої структури спектрів, магнітних моментів протона і нейтрона та ін. Водночас це започаткувало радіоспектроскопію, бурхливий розвиток якої розпочався з середини 40-х років завдяки відкриттю і дослідженню різних резонансів – електронного парамагнітного (Є.К. Завойський, 1944 р.) та ядерного магнітного (Е. Парселл, Г. Торрі, Р. Паунд, 1945 р.). В 40-х роках остаточно було сформовано радіофізику [3].

Передумови створення атомної зброї (1939–1942) В грудні 1938 р. у ядерній фізиці було зроблено відкриття,

що вплинуло на весь хід цивілізаційного розвитку людства. У результаті опромінення ядер урану нейтронами німецькі фізико-хіміки О. Ган і Ф. Штрассманн виявили в продуктах реакції елемент середньої частини таблиці хімічних елементів – барій [4]. Правильну інтерпретацію дослідів Гана – Штрассманна дали Л. Мейтнер і О. Фріш уже в січні – лютому 1939 р. як результат поділу ядер урану під дією нейтронів, розвал ядра, що захопило нейтрон, майже навпіл, вважаючи його новим типом ядерної реакції. Цю концепцію поділу відразу було підтверджено експериментально самим О. Фрішем, який до того ж показав вибуховий характер реакції з величезним виділенням енергії. Тоді ж до подібних результатів дійшов і французький фізик-ядерник Ф. Жоліо-Кюрі. Наприкінці січня 1939 р. ефект поділу ядер урану нейтронами відтворив італійський фізик Е. Фермі в США й підтвердив вибуховий характер реакції [4].

У березні 1939 р. трьома групами фізиків, очолюваними відповідно Ф. Жоліо-Кюрі, Л. Сцілардом і Е. Фермі, експериментально було показано утворення в реакції поділу ядер урану вторинних нейтронів, важливих для забезпечення в критичній масі урану ланцюгової ядерної реакції поділу, незабаром визначено і їх кількість на один акт поділу. Тоді ж Е. Фермі в Міністерстві військово-морських сил США групі вчених і експертів відомства розповів про можливість здійснення керованої ланцюгової ядерної реакції поділу на повільних нейтронах у ядерному реакторі і неконтрольованої, вибухової, – на швидких в атомній бомбі [3].

Створення атомної бомби в США (1945). Ідея ядерної бомби досить

швидко ставала все більше реалістичної, і в серпні 1939 р. її виклав А. Ейнштейн у листі президенту США Ф. Рузвельту, в якому зазначалося, що в найближчому майбутньому в певній масі урану можна буде викликати ядерну ланцюгову реакцію поділу, що приведе до створення нового типу бомб, також зверталася увага на можливість подібного роду розробок у Німеччині. Рішення Ф. Рузвельта було красномовним і діловим. «Це вимагає дії», – написав він на листі. Реакцією на це стало створення в США наприкінці 1939 р. Уранового комітету для дослідження питань з урану, який у грудні 1941 р. реорганізовано, а в серпні 1942 р. у введенні армії створено Манхеттенський інженерний округ на чолі з генералом Л. Гровсом [5]. У дію було приведено величезні матеріальні, науково-технічні, промислові й людські ресурси, почалася реалізація комплексної багатопільової науково-технічної програми (Манхеттенський проект), кінцевою метою якої було створення атомних бомб.

Перші місяці 1939 р. започаткували і широкі теоретичні дослідження процесу поділу. До кінця року Н. Бор і Дж. Уїллер, виходячи з моделі ядра як рідкої краплі, докладно розглянули механізм поділу й супутні йому ефекти, зокрема дали оцінку енергії, виділюваної при поділі важкого ядра, походження вторинних нейтронів, поділ тепловими й швидкими нейтронами, передбачили спонтанний поділ ядер урану тощо. Теорію поділу ядер на основі краплинної моделі ядра незалежно побудував і Я.І. Френкель. Було встановлено, що поділ повільними нейтронами зазнає саме ядро рідкісного ізотопу урану – урану-235, якого в природному урані міститься



Е. Мак-Міллан



Г. Сіборг



Е. Сегре

Дж. Кеннеді

0,7%, розповсюджений же уран-238 ділиться тільки швидкими [3].

Хоч тоді ще не можна було дати відповідь на конкретні питання, пов'язані зі створенням бомби, і взагалі відповісти, коли буде здійснено ланцюгову ядерну реакцію, проте влітку 1940 р. з'явилася можливість ясно сформулювати завдання, визначити критичні розміри маси урану, хоч оцінки, одержані вченими, різко відрізнялися. Також здавалося ймовірним, що, застосовуючи різні речовини в якості поглиначів нейтронів, можна керувати ядерним ланцюговим процесом. Однак при цьому існував значний технологічний розрив між одержанням контрольованою ланцюговою реакцією поділу й використанням некерованої ланцюгової реакції в атомній бомбі для атомного вибуху, ефективність якого вимагала надзвичайно швидкого протікання реакції. Правда, розуміли, що одержання контрольованої реакції на повільних нейтронах є попереднім, але необхідним етапом на шляху створення атомної бомби. Як писав в 1945 р. у звіті про розробку атомної бомби Г. Сміт,

«загальна теорія ланцюгової реакції для повільних нейтронів до кінця 1941 р. була цілком ясна. Залишалися невизначеними тільки числові константи й технологічні можливості. Було також значно розвинуто теорію реакції на швидких нейтронах в ура-

ні-235. Зокрема зроблено нові оцінки критичних розмірів і перебачено, що, можливо, 10% повної енергії вивільниться при вибуху. Виходячи з цієї оцінки, 1 кг U-235 повинен бути за вибухом еквівалентним 2000 тонн тринітролуолу» [6, с. 75].

Слід зазначити, що дослідження вчених зосереджувалися також на альтернативному урану-235 розщеплювальному елементі, – плутонію-239. У лютому 1940 р. його одержали в мікроскопічних кількостях у Каліфорнійському університеті в Берклі Е. Мак-Міллан, Г. Сіборг, Дж. Кеннеді та А. Валь, в березні 1941 р. доведено, що він ділиться тепловими нейтронами, а через кілька місяців – і швидкими, тобто показано, що плутоній-239 може правити за ядерну вибухівку (Г. Сіборг, Е. Сегре, Дж. Кеннеді).

Наприкінці 1939 р. намітилися два підходи на шляху здійснення ланцюгової ядерної реакції поділу в урані [3]. Перший полягав у необхідності виділення з природного урану його рідкісного ізотопу–урану-235, відповідального за процес поділу урану повільними нейтронами. Одержання його в достатній кількості високої чистоти, для якої на той час уже було розраховано критичну масу (Ф. Перрен, Дж. Чедвік, Р. Пайерлс, Я.Б. Зельдович, Ю.Б. Харитон і ін.), думали легко приведе до здійснення ланцюгової

реакції поділу. Інший підхід передбачав використання природного урану. Однак при цьому його необхідно було розмістити так, щоб незважаючи на значне паразитне поглинання нейтронів ураном-238, домогтися позитивного балансу нейтронів розподілу, тобто уможливити ланцюгову ядерну реакцію в природному урані. Е. Фермі та його група в Колумбійському університеті були прихильниками цього підходу. При його реалізації Е. Фермі одержав низку вирішальних результатів. Ще в роботі «Утворення й поглинання нейтронів в урані» (липень 1939 р.) він вказав шлях зменшення витрат на резонансне поглинання — блокове розміщення урану і показав, що воду не можна використовувати як сповільнювач, оскільки поглинання теплових нейтронів воднем занадто велике [7, с. 17–20]. Тому незабаром Е. Фермі, Л. Сцілард, Дж. Пеграм і Г. Плачек одночасно запропонували використовувати як уповільнювач графіт. Навесні 1940 р. Е. Фермі почав експериментальні дослідження його властивостей. У цьому зв'язку велике значення мала його та Г. Андерсона робота (звіт від 25 вересня 1940 р.) «Утворення й поглинання повільних нейтронів у вуглецю», в якій наведено результати досліджень процесів уповільнення (дифузії) нейтронів, поглинання теплових нейтронів у графіті, знайдено константи дифузії, переріз захоплення нейтронів у графіті ($3 \cdot 10^{-27}$ см²), показано вплив домішок [7, с. 38–48].

Найважливішою характеристикою ланцюгової реакції поділу урану є середня кількість вторинних нейтронів η , що утворюються в урані при поглинанні одного теплового нейтрона. Визначення його були не цілком задовільними, тому Е. Фермі спробував

уточнити цю величину. Використовуючи графітову колону для сповільнення нейтронів, він знайшов $\eta = 1,73$ (звіт від 17 січня 1941 р.), що свідчило на користь реального здійснення ланцюгової реакції (влітку 1942 р. експеримент повторено з кращою точністю й одержано $\eta = 1,29$) [7, с. 57–78].

До весни 1941 р. було накопичено достатньо відомостей про деталі ядерного ланцюгового процесу, про різні фактори, що впливають на нього, про способи зведення до мінімуму небажаних ефектів. В результаті, невдовзі Е. Фермі побудував теорію ланцюгової реакції в ґратці з урану й графіту та вже навесні 1941 р. викладав групі своїх співробітників її основи, у тому числі формулу для коефіцієнта розмноження.

Результати експериментів на урані й графіті свідчили про реальність ланцюгової ядерної реакції в системі з природного урану й графіту, однак за умови вживання заходів проти небажаних втрат нейтронів. Зокрема, у системі скінченних розмірів деяка кількість нейтронів, дифундуючи крізь граничні поверхні, залишає систему. Такий витік можна звести до мінімуму й навіть до нуля збільшенням розмірів уран-графітової системи-ґратки. Для перевірки роботи ґратки великого об'єму за допомогою малої ґратки як моделі Е. Фермі запропонував здійснити так звані експоненціальні (проміжні) експерименти. Перші серії цих експериментів він провів улітку й восени 1941 р. разом з Г. Андерсоном, Дж. Вейлем, В. Зінном і Б. Фелдом. Для цього було створено ґратчасту структуру, складену з банок з окисом урану, розподілених серед ~ 30 т графіту (експоненціальний котел). Знизу до неї підводилося первинне нейтронне джерело й досліджувався розпо-

діл нейтронів по об'єму структури [7, с. 113–122]. Метою перших двох серій експоненціальних експериментів було визначення коефіцієнта розмноження k , що описує основні властивості ґратки, і дослідження деталей механізму процесу розмноження нейтронів. Було одержано значення $k = 0,87$, хоч воно виявилось меншим 1, проте було ясно, що в подальшому необхідно домогтися кращої чистоти, густини й геометрії урану [7, с. 671].

Над розв'язанням завдання здійснення керованої ланцюгової ядерної реакції поділу в США, крім групи Е.Фермі, працювали й інші групи фізиків. На початку 1942 р. всі вони були об'єднані в Металургійну лабораторію Чикагського університету, яку очолив А. Комптон. Першочерговими завданнями її були: створення ядерного реактора на природному урані й графіті й здійснення в ньому керованої ланцюгової ядерної реакції; хімічне виділення плутонію, утворюваного в реакторі в результаті реакції; одержання теоретичних і експериментальних даних для реалізації вибухової ланцюгової ядерної реакції з ураном-235 або плутонієм-239. Кінцевою метою лабораторії була розробка технології промислового виробництва плутонію-239 для його використання в атомних бомбах. Питаннями ланцюгової ядерної реакції займалася експериментальна група фізиків-ядерників на чолі з Е. Фермі, зокрема створення уранового котла (реактора), хімією плутонію й методами поділу – хімічна група, очолювана Ф. Спіддінгом (надалі С. Аллісоном і ін.), проектуванням промислових ядерних реакторів – теоретична група під керівництвом Ю. Вігнера. Трохи пізніше Металургійна лабораторія ввійшла в Манхетенський проект.

В березні 1942 р. Е. Фермі підготував звіт «Утворення нейтронів в уран-графітовій ґратці. Теоретична частина» [7, с. 102–111]. Досить подивитися на його структуру, щоб переконатися в тому, що він містив всі основні ідеї по ланцюговій ядерній реакції поділу з нерозділеними ізотопами урану, зокрема формулу для коефіцієнта розмноження й чітке формулювання мети експоненціальних дослідів. У Чикаго Е. Фермі на якісно новому рівні та в більшому масштабі продовжив експоненціальні експерименти, яких проведено близько 30. Поліпшення стосувалися вдосконалювання розмірів уран-графітової ґратки й використання графіту й урану більш високої якості. До осені 1942 р. виробництво матеріалів необхідної якості налагодили, відповідно змінилися й результати експоненціальних експериментів, які вже свідчили, що застосовуючи матеріали високої якості, можна побудувати установку, в якій пішла б ланцюгова ядерна реакція.

У червні 1942 р. з експоненціальних експериментів одержали коефіцієнт розмноження $k > 1$, у цей час почалися й розробки конструкції атомного котла. В місячному звіті від 15 серпня 1942 р. Е. Фермі, ґрунтуючись на експериментах з дуже чистим окисом урану, вперше пише про $k > 1$, показуючи, що в системі «графіт – окис урану» можна одержати $k \sim 1,04$ [7, с. 133–136]. Інакше кажучи, це означало, що при надлишку в 4% можна побудувати установку прийнятних розмірів для одержання ланцюгової ядерної реакції, залишивши при цьому деякий запас на можливі незначні забруднення. А в звіті від 26 листопада 1942 р. «Здійснення ланцюгової реакції» він навіть пише, що використанням урану у вигляді металу можна

підняти k до 1,07, і робить однозначний висновок про реальність одержання ланцюгової ядерної реакції. Тут же йдеться про важливість розробки методів керування реакцією, здатних підтримувати роботу системи на необхідному рівні виділення енергії, і про доцільність, крім керуючих стержнів, мати ще кілька аварійних, які спрацюють при зростанні інтенсивності реакції вище встановленої межі, а у випадку котлів з великим енерговиділенням передбачити також пристрій для заповнення системи рідиною або газом, які сильно поглинають нейтрони, що спрацює при відмові аварійних механізмів [7, с. 144–149].

14 листопада 1942 р. ухвалено рішення будувати урановий котел під трибунами університетського стадіону в центрі Чикаго. Почалося безпосереднє його складання, хоч підготовчі роботи розгорнулися під керівництвом Г. Андерсона й В. Зінна при загальному нагляді Е. Фермі ще в жовтні. Спорудження котла зайняло трохи більше місяця. Коли уклали 57-й шар, було встановлено, що котел, якщо забрати останній кадмієвий стежень, досягне критичності. Він був повністю висунутий 2 грудня 1942 р., і ланцюгову самопідтримувальну ядерну реакцію було одержано [7, с. 153–181].

Перший урановий котел CP-1 Е. Фермі відразу ж використав для вивчення його характеристик і проведення фізичних досліджень, зокрема вимірювання перерізів поглинання нейтронів. Після тримісячної роботи котла вчені й конструктори мали у своєму розпорядженні достатню кількість даних, що свідчить, в якому напрямку і як вести його перебудову з метою вдосконалення. Побудований другий урановий котел CP-2 в сере-

дині березня 1943 р. досяг критичності. Тут першочерговим завданням Е. Фермі і його співробітників було проведення досліджень, пов'язаних з розробкою й випробуванням захисту від радіації для потужних промислових реакторів – виробників великих кількостей плутонію, які повинні були будуватися в Ханфорде. Одержані результати дозволили запропонувати досить задовільні рекомендації захисту майбутніх ханфордських промислових реакторів.

На початку 1941 р. чітко визначилися два напрямки, що вели до створення атомної бомби: розділення ізотопів урану, тобто виділення урану-235 з природного, і одержання за допомогою ядерного реактора плутонію-239. Причому їх потрібно було мати у великих кількостях. Тому в травневих і липневому 1941 р. доповідях Спеціального комітету (голова А. Комптон), організованого для розгляду військових аспектів робіт з урану, викладалися питання створення бомби з урану-235 і плутонію-239. У листопадів доповіді Комітету вже прямо йшлося про можливість створення й критичну масу бомби з урану-235. У травні 1941 р. Е. Лоуренс у доповіді Національної академії наук США виклав можливість використання в бомбі плутонію. Таким чином, хоч до кінця 1941 р. ланцюгова ядерна реакція не була одержана, уран-235 не виділено у помітних кількостях, а плутоній-239 одержано тільки в мікроскопічних дозах, проте розглядалися технічні питання їхнього промислового виробництва. До того ж існувала значна впевненість, що практично можна здійснити критичну масу бомби.

Величезне значення мала також розробка проблеми розділення ізо-



А. Комптон



В. Зінн



Г. Юрі



Г. Брейт

топів урану, тобто виділення рідкісного ізотопу урану-235 із природного різними методами: електромагнітним, газової й термодифузії, центрифугуванням. Ці завдання вирішували групи Е. Лоуренса та Г. Юрі. Роботи з електромагнітного розділення ізотопів урану почалися ще 1941 р. у Каліфорнійському університеті в Берклі під керівництвом Е. Лоуренса, в грудні 1941 р. досягнуто перших успіхів, незабаром було вирішено використовувати цей метод у промисловому масштабі. Наприкінці 1943 р. у м. Клінтоні стала до ладу перша серія заводських електромагнітних установок, готових до випробування, а протягом зими 1944–1945 рр. Клінтонський завод уже почав виробництво урану-235 достатньої чистоти для використання його в атомних бомбах.

Дослідження відділення урану-235 від урану-238 методами газової дифузії й за допомогою центрифуг почалися влітку 1940 р. у Колумбійському університеті під керівництвом Г. Юрі. До кінця 1941 р. збагачення урану-235 було здійснено в лабораторних масштабах, до кінця 1942 р. точно сформульовано проблему розділення ізотопів урану методом газової дифузії (Г. Юрі, Дж. Даннінг). Промислова дифузійна установка успішно запрацювала навесні 1945 р. З 1940 р. про-

водилися роботи з розділення ізотопів урану також методом термодифузії (Ф. Абельсон, Морська дослідницька лабораторія). Навесні 1943 р. збудовано дослідну установку, що виконувала помітне розділення, а влітку 1944 р. у Клінтоні – термодифузійний завод, який мав виробляти збагачену сировину для електромагнітних роздільників і тим самим підвищити їхню продуктивність.

Одним з основних завдань Металургійної лабораторії було нагромадження даних з реакції на швидких нейтронах, яка повинна розвиватися в бомбі. Спочатку ця робота велася під керівництвом Г. Брейта, який координував подібні дослідження в тих університетах і інститутах, де було відповідне устаткування. Вивчалися поперечні перерізи розсіяння, поглинання й поділу, спектр енергій нейтронів поділу, запізнілі нейтрони та ін.

Влітку 1942 р. у Металургійній лабораторії організовано групу на чолі з Р.Оппенгеймером для вивчення теоретичних питань. Незабаром було вирішено значно розширити роботу групи й створити окрему лабораторію, виділивши її зі складу Металургійної. Таку лабораторію для дослідження, конструювання й виробництва атомної бомби створено на початку 1943 р. у Лос-Аламосе (нині Лос-Аламоська



Р. Опенгеймер



Дж. Кістяківський

національна лабораторія) і директором її став Р. Опенгеймер [8]. Будівництво Лабораторії, її оснащення необхідним обладнанням і апаратурою відбувалися дуже швидко, так що влітку в ній уже проводилися перші експерименти.

Для роботи в Лабораторії Р. Опенгеймер залучив провідних фізиків і до кінця 1944 р. у ній зібралися багато видатних, головним чином європейських учених, які змушені були в різний час емігрувати до США — Г. Бете, Ф. Блох, Е. Фермі, В. Вайскопф, Дж. фон Нейман, С. Улам, Е. Теллер, Е. Сегре, Б. Россі та ін. У результаті тут було досліджено теоретичні питання конструювання бомби й методів її виготовлення, уточнено й розширено низку ядерних констант, розроблено методи одержання високочистих матеріалів, спроектовано й створено (літо 1945р.) перші атомні бомби [6–9].

Зокрема, Г. Бете як керівник теоретичного відділу Лабораторії визначив критичну масу урану-235 в атомній бомбі, вивів формулу для розрахунку атомного вибуху (з Р. Фейнманом), досліджував його гідродинаміку й поширення від нього випромінювання, працював над нейтронним ініці-

атором; Дж. Кістяківський (вихідець з України), який очолював відділ вибухів, винайшов лінзоподібні вибухові заряди, розташовувані навколо плутонієвої кулі-бомби й формуючі ударну збіжну хвилю, яка стискає кулю з подільних матеріалів до критичної маси, що ініціює ланцюгову ядерну реакцію поділу в атомній бомбі (імпульсивна схема підриву).

16 липня 1945 р. у пустелі Аламагордо (штат Нью-Мексіко) проведено «презентацію» ядерного вибуху від атомного пристрою для вузького кола вчених і військових [9]. Це був тест на його «працездатність» і зданий він успішно, було показано принципову можливість атомного вибуху, тобто перевірено фізичні ідеї, принципи, розрахунково-теоретичні обґрунтування й конструкторські рішення, закладені в ядерному заряді. В результаті створено новий вид зброї — атомний, величезної руйнівної сили.

В серпні того ж року справжні атомні бомби США скинули на мирні японські міста Хіросіму й Нагасакі [10]. Їхнє атомне бомбардування було алогічним і невинуватим, оскільки переможний результат війни з Японією не викликав жодних сумнівів. Її можна назвати тільки злочином США проти людства й людяності. В результаті 115 тисяч людей було вбито, 300 тисяч одержали важкі опіки, 50 тисяч уражені променевою хворобою й приречені на повільну смерть від білокрів'я й злоякісних пухлин, міста фактично було стерто з лиця землі. У науку й техніку втрутилася політика — США вирішили лякати світ, започаткувавши політику брязкання атомною зброєю [11].

Фізика в Україні в розглядуваний період

В розглядувальний період в Україні функціонували Харківський і Дніпропетровський фізико-технічні інститути, Інститут фізики в Києві та Інститут фізики при Одеському університеті. З початком війни СРСР з гітлерівською Німеччиною ХФТІ було евакуйовано до Алма-Ати (Казахстан), Інститут фізики – до Уфи (Башкирія) і об'єднано з Інститутом математики, а ДФТІ – на Урал до Магнітогорська. В 1944 р. перші два інститути повернулися в Україну, відповідно в Харків і Київ.

15–20 листопада 1939 р. у Харкові відбулася VI Всесоюзна конференція по атомному ядру, на якій Ю.Б. Харітон доповів про роботу, виконану спільно з Я.Б. Зельдовичем, що присвячувалася розрахунку ланцюгової ядерної реакції поділу ядер урану в реакторі як регульованій керованій системі, для сповільнення нейтронів вони пропонували використовувати важку воду та вуглець. Також було з'ясовано умови виникнення ядерного вибуху та одержано оцінки його руйнівної дії.

17 жовтня 1939 р. у відділ винаходів Наркомату оборони СРСР надійшла заявка від кандидатів фізико-математичних наук, наукових співробітників ХФТІ В.О. Маслова і В.С. Шпінеля «Про використання урану як вибухової та отруйної речовини» [12, с. 36–38] (до речі, незалежно від інших ідею атомної бомби 1939 р. висунув Ф. Ланге). Конструкцію атомної бомби В.О. Маслов і В.С. Шпінель уявляли такою:

«Уранова бомба може являти собою сферу, розділену всередині на пірамідальні сектори, вершинами яких є центр сфери, а основами – її поверхня. Ці сектори-камери можуть вмішувати в собі кількість урану

тільки не набагато менше критичної. Стінки камер повинні бути порожніми і містити воду або якусь іншу водневомішувальну речовину (наприклад, парафін), поверхня стінок – вкрита вибуховою речовиною, що містить кадмій, ртуть або бор, тобто елементи, сильно поглинаючі, сповільнюючі водяним шаром, нейтрони... Наявність цих речовин навіть в дуже незначній кількості зробить разом з водяним шаром зовсім неможливим проникнення нейтронів з одних камер в інші, отже неможливим виникнення ланцюгової реакції в сфері. В потрібний момент за допомогою якогось механізму в центрі сфери можна здійснити вибух проміжних шарів. Оскільки швидкості вибухів можуть досягати тисячі метрів за секунду, то за час, менший 10^{-3} сек, внаслідок звільнення шару, який містить кадмій або бор чи ртуть, утворюватиметься надкритичний об'єм урану... Тому наслідком початку вибуху перегородок є вибух всієї маси урану. Збільшення вмісту такої бомби можна легко досягти, збільшивши її радіус при відповідному збільшенні загальної кількості камер-секторів, оскільки об'єм їх не може перевищувати певного розміру, що визначається критичними умовами. Необхідно зазначити, що наведена конструкція не є єдиною можливою» [12, с. 37–38].

У висновку Радієвого інституту АН СРСР, підписаного 17 квітня 1941 р. його директором академіком В.Г. Хлопіним, зазначалося, «що нині вона не має під собою реальної основи, крім того, по суті в ній дуже багато фантастичного» [12, с. 46].

Звичайно, претензія авторів заявки на винахід атомної бомби виглядає авантюрною і не серйозною. Адже досить згадати, як створювалися великими колективами учених і конструкторів перші американська і радянська атомні бомби, які труднощі вони долали, щоб переконатися в нереальності запропонованої авторами конструкції та кваліфікувати її винаходом недоречно. Проте 7 грудня 1946 р. (після вибухів американських атомних бомб над мирними японськими містами Хіросі-

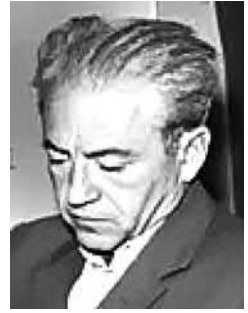
мою і Нагасакі), виходячи в основному з політичних міркувань, у відділі винаходів згадали про харківську заявку і видали авторське свідоцтво на «винахід» атомної бомби. В зв'язку з цим у деяких українських виданнях подекуди можна зустріти позитивне тлумачення цього факту з визнанням пріоритету за його авторами. Однак в подальшому ряд авторитетних учених, активних учасників радянського атомного проекту, піддали критиці це рішення 1946 р., вважаючи пропозицію В.О. Маслова і В.С. Шпінеля «неспроможною» та «претензійною» [12, с. 235–238].

В жовтні наступного року В.О. Маслов, В.С. Шпінель і Ф. Ланге подали до Бюро винаходів Наркомату оборони СРСР заявку на винахід способу приготування уранової суміші, збагаченої ураном-235 за допомогою багатоканерної центрифуги. На початку 1941 р. Ф. Ланге та В.О. Маслов надіслали ще одну заявку на спосіб розділення ізоотопів урану з використанням розробленої ними термоциркуляційної центрифуги. Загалом висновки на ці заявки були негативними та інтересу, на думку експертів, для військової справи не становили, проте водночас висловлювалася думка, що вони «заслужують на увагу». Невдовзі ідеї, висловлені в заявках харківських учених, було реанімовано [12, с. 237]. 28 вересня 1942 р. розпорядженням Державного комітету оборони було доручено Академії наук УРСР (академік Богомолець) організувати під керівництвом професора Ланге розробку проекту лабораторної установки для виділення урану-235 методом центрифугування.

Хоч в рамках радянського атомного проекту перевагу було надано дифузійному методу розділення ізоотопів



Ф. Ланге



В.С. Шпінель

урану, з середини 50-х рр. почалось впровадження центрифужного методу, ефективність якого перевищила ефективність дифузійного та інших методів розділення ізоотопів урану. В 1961 р. запущено в експлуатацію промислову ділянку з центрифугами першого покоління.

ЛАНГЕ Фріц (1899–1987) – німецький фізик. Після приходу 1933 р. у Німеччині до влади А. Гітлера емігрував у Лондон, у 1935–1943 рр. працював у УФТІ (завідувач лабораторії ударних напруг), 1943–1945 рр. – старший науковий співробітник Лабораторії №2 у Свердловську, 1946–1952 рр. – завідувач Лабораторії № 4 при НДІ-9 у Москві, 1952–1961 рр. працював у Дніпропетровську, Москві, з 1961 р. – директор Інституту біофізики в НДР [13, с. 184].

Наукові дослідження стосуються прискорювальної техніки та ядерної фізики. Розробляв імпульсні генератори високої напруги та методи прискорення з їх допомогою заряджених частинок, зокрема створив розрядну трубку з робочою напругою $2,4 \cdot 10^6$ В та генератор Маркса на $5 \cdot 10^6$ В. Розробляв пучкову зброю (рентгенівську пушку з дальністю дії 500–1000 м). Висунув ідею атомної бомби (1939) та методу центрифугування (1940) й установки для розділення ізоотопів урану для одержання урану-235, тоді ж побудував прототип розділювальної установки (центрифуги) і в подальшому домігся її стабільної роботи.

ШПІНЕЛЬ Володимир Семенович – російський фізик-експериментатор, доктор фіз.-мат. наук (1959), проф. (1961). Н. 17.10.1911 у Білій Церкві (нині Київ. обл.). Закінчив Київ. ун-т (1936). В 1936–39 – аспірант Укр. фіз.-техн. ін-ту (УФТІ)



Н.Д. Моргуліс



П.Г. Борзяк

в Харкові, 1939–41 – ст. наук. співробітник Лабораторії ударних напруг АН СРСР (згодом ввійшла до складу УФТІ), 1944–46 – Ін-ту теоретичної геофізики АН СРСР, з 1946 – у Н.-д. ін-ті ядерної фізики Моск. ун-ту (1952–86 – зав. лаб. ядерної спектроскопії, з 1986 – головний наук. співробітник), також викладав у ряді ун-тів. П. 24.06.2011 у Москві.

Наук. дослідження стосуються ядерної фізики, ядерної спектроскопії, гамма-резонансної спектроскопії, прикладної фізики. В 1937 з Ф. Ланге побудував імпульсний прискорювач електронів на 5 МеВ і вперше одержав імпульсне джерело гальмівного випромінювання та джерело фотонейтронів. Один із перших спостерігав збудження ядерної ізомерії гальмівним випромінюванням. Спільно з В.А. Масловим подав 1940 заявку на конструкцію атомної бомби (авторське свідоцтво видано 1946), проте більшість фізиків вважає її несерйозною і претензійною, адже на реалізацію атомної бомби (її ідейних і конструкторських засад) працювали великі колективи у США і СРСР. Тоді ж з Ф. Ланге запропонував метод розділення ізотопів урану з допомогою центрифуги, який в подальшому в модифікованому вигляді виявився ефективним. Ініціював у СРСР дослідження з гамма-резонансної спектроскопії, одержавши низку важливих результатів та її застосувань.

Засл. діяч науки і техніки РФ (1992). Ло-моносіб. пр. (1963) [447].

В 1939 р. в ХФТІ створено трикоординатну радіолокаційну станцію дециметрового діапазону «Зеніт», що давала можливість визначати з високою точністю три координати літака під час польоту (А.О. Слуцкін, О.Я. Усиков,

С.Я. Брауде, І.Д. Трутень, Й.М. Вігдорчик, І.М. Соркін).

В 1939–1944 рр. Б.Г. Лазарев і Л.С. Кан-Лазарева розробили методику досліджень при високих тисках і низьких температурах, що дістала поширення та високу оцінку фахівців.

В 1941 р. Б.Г. Лазарев і Б.Н. Єсельсон розробили метод одержання температур, нижчих 1°К, і сконструювали прилад, за допомогою якого було досягнуто температуру 0,71 °К, цього ж року було започатковано високо-частотні дослідження надпровідників (Б.Г. Лазарев, О.О. Галкін, В.Г. Хоткевич) [14].

В 1941 р. О.І. Ахієзер і І.Я. Помєранчук розробили теорію пружного та непружного розсіяння повільних нейтронів, встановили функції розподілу повільних нейтронів у кристалах та дослідили рефракцію нейтронів у магнітному полі. Незалежно від Е.Фермі вони передбачили «холодні» нейтрони і запропонували спосіб їх одержання. Ці результати мали істотне значення при проектуванні ядерних реакторів.

В 1941–1944 рр. О.Я. Усиков, С.Я. Брауде, Й.М. Вігдорчик, І.Д. Трутень розробили і випробували радіолокатор «Рубін». Під час його розробки І.Д. Трутень розв'язав задачу захисту приймального пристрою від дії потужного генераторного імпульсу, а 1942 р. з О.Я. Усиковим і Й.М. Вігдорчиком при його налагодженні відкрив невідоме явище (Бухарський ефект), пояснене 1947 р. утворенням «атмосферного хвилеводу», в 1944–1945 рр. – О.Я. Усиков створив радіолокаційний прилад для дистанційного визначення місця і характеру пошкоджень у високовольтних лініях електропередач, а 1946 р. – прилад для діагностики підземних силових кабелів. Ці прилади широко використовувалися при

відновленні після війни електричних мереж.

Тривала наукова робота і в Інституті фізики АН УРСР. Так, у відділі фізичної електроніки Н.Д. Моргуліс розробив іонний проектор – прообраз автоіонного мікроскопа, що дозволяв розгледіти поверхневу структуру торованого вольфраму. В 1940 р. П.Г. Борзяк відкрив явище негативної та «замороженої» фотопровідності напівпровідників. В 1940–1941 рр. С.І. Пекар побудував теорію контакту напівпровідників з металом у випадку сильних струмів, в 1941 р. В.Є. Лашкар'єв розробив новий метод визначення знаку носіїв струму поблизу запірного шару в напівпровідниках (метод термозонду), а Н.Д. Моргуліс та П. Зельцман для вивчення напівпровідникової природи оксидних катодів вперше застосували зондову методику. Після повернення 1944 р.

Інституту в Київ його директором призначено О.І. Лейпунського, однак невдовзі його залучено до роботи в атомному проекті [15].

У Магнітогорську ДФТІ спільно з цехами лабораторією Металургійного комбінату та Центрального заводу проводив роботу по підвищенню міцності танкової броні та з розробки сталей-замінювачів для деталей танків і для бронебійних снарядів. В 1944 р. його переведено до Москви і як Інститут металознавства й фізики металів він увійшов до складу Центрального науково-дослідного інституту чорної металургії.

В жовтні 1943 р. затверджено план реевакуації Академії переїзду її наукових установ в Україну, в 1944 р. його реалізовано, і Академія розпочала відновлювальну наукову та науково-організаційну діяльність на рідних теренах.

1. История человечества. – ЮНЕСКО – Издательский дом Магистр-пресс, 2005. – 7 т., XX век.

2. Кульчицький С., Павленко Ю., Руда С., Храмов Ю. Історія національної академії наук України в суспільно-політичному контексті. 1918–1998. – К.: Фенікс, 2000.

3. Храмов Ю.О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій і відкриттів. – К.: Фенікс, 2016. – 2-е вид.

4. Герлах В. Как было открыто деление урана / Нейтрон. – М.: Наука, 1975. – С. 53–68.

5. Гровс Л. Теперь об этом можно рассказать. – М.: Атомиздат, 1964.

6. Смит Г. Атомная энергия для военных целей. – М.: Трансжелдориздат, 1946.

7. Ферми Э. Научные труды. – М.: Наука, 1972. – т. 2.

8. Рузе М. Роберт Оппенгеймер и атомная бомба. – М.: Атомиздат, 1965. – 2-е вид.

9. Юнг Р. Ярче тысячи звезд. – М.: Госатомиздат, 1961.

10. Иойрыш А.И., Морохов И.Д. Хиросима. – М.: Атомиздат, 1979.

11. Гольшмидт Б. Атомная проблема. Политические и технические аспекты. – М.: Атомиздат, 1964.

12. УФН, 2002, с. 235–238.

13. История советского атомного проекта. – М.: «Янус-К», 1998.

14. 50 лет Харьковскому физико-техническому институту АН УССР. – К.: Наук. думка. 1978.

15. Інститут фізики НАН України. 80 років. – Львів: Євросвіт, 2009.

16. Зарубіжні вчені – вихідці з України в галузі фундаментальних і технічних наук – К.: Фенікс, 2017.

ПІСЛЯВОЄННЕ ДЕСЯТИЛІТТЯ В ІСТОРІЇ СРСР ТА УКРАЇНИ (1945–1955)

Суспільно-політичний контекст

Радянський Союз у Другій світовій війні втратив близько 42 млн чоловік та матеріальних цінностей на суму 2 трлн. 569 млрд крб, що у 14 разів перевищувало дохідну частину державного бюджету СРСР за 1940 р. Наслідки війни на території України були жахливі. В Україні загинуло більше 8 млн людей, 2,2 млн вивезено на примусові роботи до Німеччини, 10 млн втратило притулок. На руїни перетворено 714 міст та селищ міського типу, понад 28 тис. сіл, 16,5 тис. промислових підприємств, 18 тис. лікувальних установ, майже 33 тис. колгоспів, радгоспів, МТС.

Найважливішим завданням радянської влади в Україні в цей період було відновлення народно-господарського комплексу. Воно розпочалося вже з першої половини 1943 р. Так, 10 жовтня 1943 р. стала до ладу перша мартенівська піч у Маріуполі, 26 жовтня прийнято постанову про першочергові заходи по відновленню вугільної промисловості Донбасу. Поступово почала відроджуватися і його металургійна галузь, 12 грудня 1943 р. перший прокат видав Дніпровський металургійний завод у Дніпродзержинську. Протягом 1944 р. темпи відновлення великих енергетичних і промислових підприємств помітно зростали. Почалась відбудова і зруйнованих міст. В грудні 1945 р. прийнято постанову про допоміжні заходи по відбудові

Дніпрогесу, який став до ладу і дав перший струм 1950 р.

В 1946 р. Верховна Рада УРСР прийняла закон про п'ятирічний план відбудови і розвитку народного господарства республіки. З Уралу, Далекого Сходу, Поволжя та інших регіонів в Україну надходили кваліфіковані кадри, техніка та устаткування. Ставали до ладу зруйновані шахти Донбасу, заводи Запоріжсталь та Азовсталь, машинобудівні, текстильні, харчові підприємства Києва, Харкова, Дніпропетровська, Одеси, Львова тощо. Внаслідок цих зусиль валовий обсяг промислової продукції України в 1950 р. перевищив цей показник 1940 р. на 15%. Відродження промисловості України було завершено.

Але як і впродовж 30-х років, промислово-транспортне будівництво забезпечувалося головним чином за рахунок посиленої експлуатації колгоспного селянства та робітництва. З колгоспів фактично вивозилася вся вироблена продукція, а селянська молодь гналася на шахти Донбасу та в інші місця ударної праці. Жорстокішим став сільськогосподарський податок на присадибні господарства. Оподатковувались майже кожна тварина і кожне дерево. Це зумовило черговий, третій з часів Громадянської війни, масовий голод в Україні. Так, у 1946 р. колгоспники Київської області отримували за трудовень не більше 150 г зерна. У багатьох інших областях цей

показник дорівнював 100–50 г, а подекуди селяни взагалі не отримували ні хліба, ні грошей. Зрозуміло, що за таких умов проіснувати було майже неможливо. Водночас керівництво СРСР, проводячи політику поширення свого впливу на країни Центральної та Західної Європи, нарощувало поставки зерна до Польщі, Чехословаччини, Румунії, Болгарії, навіть до Франції. Експорт зерна з СРСР тільки у 1946 р. становив 1,7 млн тонн.

Отже, на початок 50-х років промислове виробництво, енергетика, транспорт в Україні в цілому вже перевищили довоєнні показники. Але село знову було обібрано і доведено до злиднів 1932–1933 рр.

На початку 1946 р. відбулася подія, яка значно вплинула на розстановку сил у світі. Після промов Й. Сталіна 9 лютого перед виборцями та 5 березня У.Черчилля у Фултоні в США в світі почалася «холодна війна» – стан воєнно-політичної конфронтації низки держав та їх груп. В своїй промові У.Черчилль висунув ідею створення воєнного союзу ряду західних країн для боротьби з світовим комунізмом і тоталітаризмом. Причина була цілком зрозумілою – посилення впливу СРСР у Європі та світі після Другої світової війни, зокрема контролю над східно-європейськими країнами, що сприймалося вчорашніми союзниками з антигітлерівської коаліції як загрозу. Агресивний характер позицій і дій США та їх союзників підігривався також тим, що США на той час були монополістом атомної зброї, маючи її вони вдалися до залікування та ядерного шантажу.

Початок «холодної війни» порушив нетривале, крихке післявоєнне співробітництво між СРСР і США, яке стало переходити у суперництво, конфрон-

тацію, і Європейський континент розділила «залізна завіса». В результаті 4 квітня 1949 р. створено воєнно-політичний союз західних країн на чолі з США (нині – НАТО). В жовтні 1954 р. до нього ввійшла Західна Німеччина, на що СРСР прореагував створенням в травні 1955р. воєнного союзу європейських соціалістичних держав (Варшавський договір). В рамках холодної війни та протистояння СРСР і США між ними почалася ракетно-ядерна гонка, яка призвела до значних воєнних витрат та вплинула на різні сторони життя обох країн. Холодна війна припинилася тільки в другій половині 80-х – на початку 90-х років в зв'язку з демократичними перетвореннями в багатьох країнах колишнього соціалістичного табору, зокрема в СРСР і наступним його розпадом у грудні 1991 р.

На суспільно-політичну ситуацію в Україні в розглядуваний період впливало також те, що в її західній частині тривала партизанська війна націоналістичних формувань проти радянського режиму. За умов розгортання насильницької колективізації та поширення голоду, її вічного супутника, до збройних формувань УПА та підпілля ОУН залучилася значна частина чоловічого населення Західної України, зокрема радикально налаштованої молоді. Вони протидіяли організації колгоспів і розгорнули терористичну діяльність проти всіх, хто співробітничав з радянською владою, зокрема брав участь в колективізації. Це підштовхувало радянське керівництво ширше використовувати проти партизан частини НКВС, які спалювали ті села, чиї мешканці підозрювалися у підтримці партизанських загонів. Страшенні жорстокості коїлися з обох боків. Але сили сторін були нерівними і, не маючи важкої зброї, постачання,

чисельно поступаючись радянським силам у багато разів, вояки націоналістичних формувань були заздалегідь приречені на знищення. За офіційними даними, в 1944–1953 рр. заарештовано 104 тис. «партизан» і тих, кого підозрювали у зв'язках з ними, на схід виселено майже 66 тис. сімей.

Не сподіваючись на можливість позбутися радянського ярма, залякані терором НКВС та втомлені війною, що тривала на їх теренах фактично 10 років, мешканці західноукраїнських областей примирювалися з гіркою радянсько-колгоспною дійсністю і відходили від руху опору. За таких умов він не міг триматися тривалий час, хоч окремі партизанські «боївки» діяли по лісах до середини 50-х років.

У післявоєнні роки ідеологічний тиск та відповідні репресії в СРСР порівняно з роками війни значно посилювалися. В Україні на цю загальносоюзну хвилю ідеологічної реакції накладалася ще боротьба з націоналізмом та греко-католицькою церквою, яка принципово стояла на антикомуністичних засадах і визнавала над собою тільки владу Ватикану. Засудження та репресії тривали і в наступні роки. Торкалися вони наукових установ, освітніх і культурних закладів та низки наукових напрямів. Досить згадати хоча б наступ на біологічні науки, який почався 1948 р. на славнозвісній сесії ВАСГНІЛ після офіційного визнання на ній «лисенковщини» як єдино правильної біологічної доктрини і фактичного знищення генетики. Планувалося подібна акція і по відношенню до фізики, яку однак було скасовано вищим керівництвом держави.

В 1948–1953 рр. у СРСР також проводилася політична кампанія, відома як «боротьба з космополітизмом». Во-

на спрямовувалася проти радянських євреїв – носіїв прозахідних тенденцій, у яких нібито було атрофовано почуття патріотизму та національної гідності. Їх звинувачували в «безродному космополітизмі» та ворожості до патріотичних почуттів радянських людей, чимало їх було звільнено з займаних посад і заарештовано. Кампанія супроводжувалася також боротьбою проти низькоплонства перед Заходом, за російські та радянські пріоритети в галузі науки та винахідництва, критикою низки наукових напрямів, наприклад вейсманізму – морганізму.

Важливою проблемою у післявоєнні роки було також врегулювання прикордонних питань між СРСР та його безпосередніми західними сусідами. В цілому вони були вирішені на Ялтинській конференції лідерів СРСР, США та Великої Британії у лютому 1945 р. 29 червня 1945 р. у Москві підписано договір між СРСР та Чехословаччиною про закріплення за СРСР Закарпатської України. 16 серпня того ж року укладено договір між СРСР і Польщею про радянсько-польський кордон. За цим договором радянська сторона погоджувалася на певну його зміну на користь Польщі. 9 вересня 1944 р. підписано угоду про переселення поляків з західних областей України до Польщі та відповідно українців з Польщі до України.

Впродовж 1944–1946 рр. близько 800 тис. поляків переселено до Польщі, але з українцями цей процес проходив важче, оскільки на відміну від поляків, які були переважно мешканцями міст і не хотіли залишатися під владою радянського режиму, українці здебільшого були селянами і не бажали втрачати клаптик землі та йти у «колгоспне рабство». Відносно добровільно до України переселилося

тільки близько 90 тис. чоловік. Тому з середини 1945 р. почалося контрольоване польською владою примусове переселення українців, внаслідок чого загальна кількість депортованих з Польщі до України до середини 1946 р. зросла до 500 тис. Між тим у важкодоступних місцевостях, головним чином, у передгір'ях Карпат, на Лемківщині, населення чинило цьому збройний опір, і 29 березня 1947 р. ЦК ПОРП прийняв рішення про військову акцію «Вісла», внаслідок якої українці, які ще залишалися в межах державних кордонів Польщі, примусово виселялися в її північні і північно-західні воєводства. Отже, зовнішній кордон, спільний для СРСР та УРСР, було остаточно визначено.

Між тим у Кремлі на межі 40–50-х років ситуація загострювалася. Сталін старів, все частіше хворів і більше був схильний підозрювати у змовах власне оточення. В країні почала нагнітатися атмосфера, подібна до тієї, що була в 30-х роках. Напередодні XIX з'їзду ВКП(б), що відбувся 5–15 жовтня 1952 р., на якому її перейменовано в КПРС, стало цілком зрозуміло, що Й. Сталін збирається провести зміну свого оточення. Початися хвиля масових репресій у загальносоюзному масштабі мала з арештів відомих єврейських діячів та масової депортації євреїв до Сибіру. 13 січня 1953 р. у «Правді» з'явилася стаття про єврейських шкідників-лікарів. Але в кінці лютого, у самий розпал підготовки «справи лікарів», Й. Сталін тяжко захворів і 5 березня помер. «Вождя» не стало, і члени Політбюро ЦК КПРС відразу розпочали між собою жорстоку боротьбу за владу.

В червні 1953 р. стосунки між вищими керівниками СРСР різко загострилися. Берія рвався до вищої

влади, спираючись на карні органи, які очолював. Це створювало небезпеку для всіх вищих керівників СРСР. Використовуючи на підтримку армії та членів Політбюро, М.С. Хрущову вдалося підготувати ліквідацію Берії, якого 9 липня заарештовано і розстріляно без суда і слідства. Його, одного з найжорстокіших катів доби сталінського режиму, було звинувачено в усіх гріхах, за які персональну відповідальність мав би нести кожний з тодішніх керівників КПРС та СРСР.

Падіння Берії сприяло підвищенню ролі керівника партії та натхненника антиберіївського заклоту М.С. Хрущова, який (як і Й.Сталін на початку 20-х років) швидко прибрав до рук партійний апарат і почав широку кампанію усунень з провідних номенклатурних посад креатур своїх політичних конкурентів, замість яких призначав своїх. З Г.М. Маленковим та В.М. Молотовим, при підтримці провідних маршалів, він утворив своєрідний триумвірат, в якому відігравав провідну роль.

Водночас у суспільстві посилювався рух за перегляд справ репресованих за доби сталінщини. У таборах і тюрмах їх все ще залишалось чимало, навіть після амністії. Під тиском їх родичів та колишніх друзів, багато з яких займали вже впливові посади, за умов проголошеного курсу на боротьбу зі зловживаннями репресивних органів, Політбюро ЦК на чолі з М.С. Хрущовим пішло на перегляд справ «ворогів народу». Почалися перші реабілітації і звільнення, які однак стосувалися ще не дуже багатьох осіб. Так, у 1953 р. звільнено тільки близько 4 тис. чоловік, а впродовж 1954–1955 рр. – 12 тис.

На початку 1955 р. майбутня перемога М.С. Хрущова в боротьбі за вищу владу в СРСР накреслилася

цілком виразно. Він зосередився на підготовці XX з'їзду КПРС, який і приніс йому не тільки вирішальний успіх на шляху просування до

вершини влади, а й відіграв ключову роль в історії СРСР, проклавши шлях до деєталінізації суспільного життя.

Створення атомної бомби в СРСР (1949)

Роботи з оволодіння атомною енергією, крім США, в період війни велися також в Англії, Канаді, Франції, Німеччині та Японії, у яких були свої наробки в ядерній фізиці, відповідна експериментальна база й кадри. В Англії в реалізації уранового проекту брали участь відомі фізики – Дж.П.Томсон (науковий керівник), Дж. Кокрофт, М. Оліфант, Р. Пайерлс, У. Пенні, О. Фріш, Дж. Чедвік і ін. у Німеччині – В. Боте, К. Вайцзеккер, О. Ган, Г. Гейгер, В. Гейзенберг (науковий керівник), В. Герлах, П.Хартек, Ф.Хоутерманс та ін. Так, Р. Пайерлс, О. Фріш і Дж. Чедвік одні з перших розрахували критичну масу урану-235, в якій могла б розвинути ланцюгова ядерна реакція поділу, К.Вайцзеккер в 1940 р. передбачив плутоній і властивість його ядер спонтанно ділитися, а в серпні 1941 р. з В. Гейзенбергом одержав докази можливості протікання в урані некерованої ланцюгової ядерної реакції поділу та ін. В Японії атомний проект очолював Й. Нішіна. В окупованій гітлерівцями Франції дослідження проводив Ф. Жоліо-Кюрі. Варто зазначити, що при реалізації американського уранового проекту використовувалися результати англійських фізиків-ядерників, однак американці ніяк не бажали ділитися своїми атомними секретами з англійцями, незважаючи на домовленості між керівниками їхніх країн.

Паралельно з деякими закордонними вченими Я.Б. Зельдович і Ю.Б. Харітон в 1939 р. в Інституті хімічної фізики АН СРСР виконали розраху-

нок ланцюгової реакції поділу ядер урану, побудувавши в наступні роки (1941–1942) її теорію. Можливість розвитку ланцюгової ядерної реакції в урані досліджував також у Харківському фізико-технічному інституті О.І.Лейпунський. Ще до війни у СРСР, у лабораторії І.В. Курчатова Ленінградського фізико-технічного інституту, здійснено перші експерименти з вивчення можливості здійснення ядерного ланцюгового процесу поділу урану швидкими нейтронами.

І.В. Курчатов чітко уявляв собі план досліджень у ядерній фізиці, які необхідно здійснити найближчим часом: з'ясувати умови розвитку ланцюгової ядерної реакції в масі металічного урану, в системі «уран – важка вода»; вплив нейтронів від розщеплення урану на хід ланцюгового процесу в системі «уран – вода»; визначити величини ефективних поперечних перерізів захоплення повільних нейтронів дейтерієм, гелієм, вуглецем, киснем та іншими легкими елементами; вирішити питання одержання важкої води у великих кількостях і збагачення природного урану його ізотопом ураном-235. Цей план робіт, викладений І.В. Курчатовим у листі до Президії АН СРСР у серпні 1940 р., свідчив про чітке бачення їм уранової проблеми в цілому, його погляд на комплексне її розв'язання й найближчу мету – одержання теоретичних і експериментальних даних, необхідних для створення установки, де протікала б контрольована

ланцюгова ядерна реакція поділу. Сказане вище свідчить, що безпосередньо в передвоєнний період лабораторія Курчатова в ЛФТІ була одним із провідних світових центрів ядерної фізики [2].

У листопаді 1940 р. І.В. Курчатов виступив на Всесоюзній нараді з фізики атомного ядра з доповіддю «Поділ важких ядер», у якому охарактеризував стан проблеми ланцюгової ядерної реакції на той період, включаючи результати робіт радянських фізиків [3, т. 2, с. 324–335]. У доповіді наводилася формула, що описує ядерний ланцюговий процес, і викладалися умови, при яких він здійснюється. Хоч висновок І.В. Курчатова про можливість реалізації ядерної ланцюгової реакції був оптимістичний, проте він бачив на цьому шляху й значні труднощі.

Велика Вітчизняна війна радянського народу проти гітлерівських загарбників і їхніх сателітів, що почалася 22 червня 1941 р., у значній мірі змусила скоротити або навіть згорнути в СРСР обсяги ядерних досліджень, тоді як у США, Англії й Німеччині вони інтенсифікувалися і спрямовувалися на створення атомної бомби, про що свідчили дані радянської розвідки, які почали надходити з вересня 1941 р. Тому 28 вересня 1942 р. Державний комітет оборони (ДКО) прийняв Постанову «Про організацію робіт з урану» відповідно до якої АН СРСР повинна була «відновити роботи з дослідження можливості використання атомної енергії шляхом розщеплення ядра урану й представити Державному комітету оборони до 1 квітня 1943 року доповідь про створення уранової бомби або уранового палива...» [4, с. 98–99; 5].

Розпорядження передбачало організацію в АН СРСР спеціальної

лабораторії атомного ядра, створення лабораторних установок для розділення ізотопів урану й проведення комплексу експериментальних робіт. 11 лютого 1943 р. ДКО прийняв постанову про початок практичних робіт зі створення атомної бомби, поклавши загальне керівництво ними на В.М. Молотова – заступника голови ДКО, 10 березня 1943 р. науковим керівником атомного проекту призначено І.В. Курчатова. 12 квітня 1943 р. на виконання рішення ДКО прийнято розпорядження Президії АН СРСР про створення для комплексного дослідження багатьох фізичних питань Лабораторії №2 АН СРСР на чолі з І.В. Курчатовим – науково-дослідного інституту нового типу (з 1949 р. – Лабораторія вимірювальних приладів АН СРСР, або ЛІПАН, потім – Інститут атомної енергії, нині – Російський науковий центр «Курчатівський інститут»). Уже в кінці 1945 р. кількість співробітників у Лабораторії досягла 230, на неї працювало 20 НДІ, які виконували різні конкретні науково-технічні завдання.

Разом з І.В. Курчатовим до керівництва роботами атомного проекту на першому етапі було залучено також А.І.Аліханова та І.К. Кікоїна. Наказом директора ЛФТІ А.Ф. Йоффе від 14 серпня 1943 р. у Лабораторію №2 (вона була створена на базі ЛФТІ в Казані) переведено таких співробітників інституту, крім названих, – М.О. Корнфельда, Л.М. Неменова, П.Я. Глазунова, С.Я. Нікітіна, Г.Я. Щепкіна, Г.М. Фльорова, П.Є. Співака, М.С. Козодаєва, В.П. Джелєпова. До роботи в Лабораторії І.В. Курчатов залучив і ряд теоретиків – Я.Б. Зельдовича, Ю.Б. Харітона, І.Я. Померанчука, І.І. Гуревича, пізніше А.Б. Мігдала й В.С. Фурсова, а також експеримента-

торів А.П. Александрова, Л.А. Арцимовича, Б.В. Курчатова, І.С. Панасюка, В.А. Давиденка, М.Г. Мещерякова, В.І. Мостового та ін.

25 квітня 1943 р. І.В. Курчатова представив уряду доповідь «Проблема урану», в якій, зокрема, виклав стан питання з ланцюговою ядерною реакцією в СРСР [3, т. 3, с. 20–57]. У ній розглядалися конкретні схеми використання ланцюгового розпаду урану: ланцюгова реакція у звичайному металічному урані й металічному урані-235; у сумішах із природного урану й важкої води; у системі із природного урану й графіту. І.В. Курчатова показав, що реалізація ланцюгової ядерної реакції в чистому урані-235 пов'язана з вирішенням дуже складного технологічного завдання – виділення цього ізотопу із суміші природного урану в промислових кількостях.

І.В. Курчатова розглянув і питання про ланцюгову реакцію в системі зі звичайного урану й графіту. Ця система повинна була містити 500–1000 т графіту і 50–100 т природного урану, велике значення мала також чистота графіту, тому що навіть незначні домішки (наприклад, бору або кадмію) у кількості лише 0,01% могли унеможливити лавіноподібний процес у системі. Представлена доповідь чітко фіксувала стан питання зі здійсненням ланцюгової ядерної реакції в ядерному реакторі та атомній бомбі, труднощі, які необхідно долати.

Шлях до одержання вибухової ядерної реакції в атомній бомбі лежав через одержання в необхідних кількостях урану-235 або плутонію-239. І.В. Курчатова і його найближчі помічники обрали шлях через одержання плутонію в ядерному реакторі й нагромадження його в достатній кількості. Тому найближчою метою ста-

ло створення ядерного реактора на природному урані зі сповільнювачем (важка вода або графіт). Розробка й створення уран-графітового реактора вимагали одночасного розгортання робіт з побудови теорії реактора, експериментальної перевірки теоретичних даних на уран-графітових ґратках, вимірювання основних ядерних констант урану й графіту, зокрема перерізів поділу й поглинання нейтронів, перерізів захоплення теплових нейтронів у графіті, одержання урану й графіту високої чистоти в промислових масштабах.

До кінця 1943 р. Я.Б. Зельдович, І.Я. Померанчук і І.І. Гуревич побудували теорію сповільнення й дифузії нейтронів у графіті. На її основі І.В. Курчатова зі співробітниками розвинув метод вимірювання перерізу захоплення повільних нейтронів графітом, довжин сповільнення й дифузії та започаткував експериментальні дослідження процесів сповільнення й дифузії нейтронів у графіті. На основі виконаних теоретичних розрахунків, даних експериментів і хімічних аналізів було сформульовано фізичні, хімічні й технологічні вимоги до графітових блоків. У результаті до серпня 1945 р. було розроблено спеціальний технологічний процес виготовлення графітових блоків необхідної чистоти, а з жовтня почався їх промисловий випуск.

Поряд з дослідженнями графіту І.В. Курчатова проводив також вивчення фізичних характеристик урану. Для нього було сформульовано певні фізико-технічні вимоги по його чистоті, густини та ін. Завдяки вжитим енергійним заходам вирішено складні питання хімії й металургії урану, розроблено тонкі аналітичні методи визначення в ньому домішок,



І.В. Курчатов



Ю.Б. Харітон

нарешті, налагоджено виробництво відповідних металічних уранових блоків для реактора. Вже в січні 1946 р. промисловість освоїла одержання металічного урану необхідної якості. Коли в Лабораторію №2 почали надходити графітові та уранові блоки, що відповідали реакторним вимогам, у ній значно розширилося проведення фізичних експериментів.

Створення влітку 1945 р. перших атомних бомб у США, атомне бомбардування мирних японських міст Хіросіми й Нагасакі і як наслідок цього спроба проводити по відношенню до СРСР політику атомного диктату змусили його різко форсувати уранову програму, щоб у найкоротший термін, незважаючи на важкі умови післявоєнного відновлення економіки й господарства країни, створити ядерну зброю й тим самим протиставити її атомним погрозам з боку США та їх союзників [5].

Справжня активізація робіт в оволодінні ядерною енергією в СРСР пов'язана зі створенням 20 серпня 1945 р. при ДКО Спеціального комітету (голова – Л.П. Берія) для «керівництва всіма роботами з використання внутрішньоатомної енергії урану», а також при Раднаркомі (Раді Міністрів) СРСР Першого головного управління (начальник – Б.Л. Ванніков), під-

порядкового Спеціальному комітету, «для безпосереднього керівництва науково-дослідними, проектними, конструкторськими організаціями й промисловими підприємствами з використання внутрішньоатомної енергії урану й виробництва атомних бомб» [6, с. 11–12].

Було визначено коло питань, якими повинен займатися Спеціальний комітет: «розвиток науково-дослідних робіт...; широке розгортання геологічних розвідок і створення сировинної бази СРСР по видобутку урану, а також використання уранових родовищ за межами СРСР (у Болгарії, Чехословаччині та ін. країнах); організація промисловості з переробки урану, виробництво спеціального устаткування й матеріалів, пов'язаних з використанням внутрішньоатомної енергії; будівництво атомно-енергетичних установок і розробка й виробництво атомної бомби» [6, с. 11].

Наведений короткий, але ємкий перелік завдань свідчив про державний, системний підхід до формування в СРСР атомної науки, техніки й промисловості. З учених у Спеціальний комітет увійшли І.В. Курчатов і П.Л. Капіца. При Комітеті тією ж постановою ДКО, підписаною його головою Й.В. Сталіним, було створено Технічну раду «для попереднього розгляду наукових і технічних питань, що виносяться на обговорення..., розгляду планів науково-дослідних робіт і звітів по них, а також технічних проєктів споруд, конструкцій і установок по використанню внутрішньоатомної енергії урану» [6, с. 11].

Головою Технічної ради було призначено Б.Л. Ваннікова, з учених до складу ради увійшли А.І. Аліханов (учений секретар), А.Ф. Йоффе, П.Л. Капіца, І.К. Кікоїн, І.В. Кур-

чатов, Ю.Б. Харітон і В.Г. Хлопін. Першому головному управлінню передавалося багато наукових, конструкторських, проектних і будівельних організацій і промислових підприємств, наукові й технічні кадри, створювалися в ньому й нові структури, низку академічних інститутів було зорієнтовано на виконання перерахованих вище завдань. Уже на першому засіданні Спеціального комітету 24 серпня 1945 р. заслухано інформацію І.В. Курчатова про стан і план робіт з використання атомної енергії, проведених Лабораторією №2. Безпосередньо для «розробки конструкції й виготовлення атомної бомби» при Лабораторії №2 рішенням Спеціального комітету від 16 березня 1946 р. створено Конструкторське бюро (КБ-11) у м. Саров Горьківської обл. (начальник – П.М. Зернов, головний конструктор – Ю.Б. Харітон), надалі відоме як Арзамас-16 [6, с. 78]. У грудні 1945 р. у Москві організовано Лабораторію №3 АН СРСР, або Теплотехнічну лабораторію (нині – Інститут теоретичної та експериментальної фізики) на чолі з А.І. Аліхановим, головне завдання якої – створення важководних реакторів і одержання в них плутонію для атомної бомби.

В результаті в дію під керівництвом Спеціального комітету приводилися величезні матеріально-технічні, фінансові, кадрові та ін. ресурси та формувався Військово-промисловий комплекс (ВПК). Радянський атомний проект повинен був стати широко-масштабною програмою створення в СРСР ядерного щита. На шляху практичного оволодіння ядерною енергією радянським ученим, інженерам, конструкторам і виробничникам необхідно було вирішувати широке коло складних завдань, для чого створити

розгалужену мережу нових наукових і науково-технічних центрів, нові галузі промисловості, перебудувати старі й підготувати нові кадри фахівців при існуючому дефіциті фізиків-ядерників і радіохіміків. На кінець 1945 р. у шести фізичних інститутах налічувалося всього близько 140 фізиків-ядерників, а в чотирьох інститутах, яким пов'язаних з радіохімією, – 100 радіохіміків. Існували також проблеми: сировинної бази по урану (до початку робіт з атомного проекту в СРСР було тільки одне родовище уранової руди у Фергані); нових технологій і матеріалів високої якості, зокрема графіту; високоточних вимірювальних приладів, складних математичних і теоретичних розрахунків, організаційно-господарських питань тощо.

В 1946 р. у І.В. Курчатова зі співробітниками з'явилася можливість здійснити експоненціальні досліди з уран-графітовою граткою, теорію яких побудував у січні 1944 г. І.Я. Померанчук. Було розроблено метод порівняльної оцінки ефективного перерізу захоплення повільних нейтронів графітом, за допомогою якого проведено вимірювання чистоти основної маси графіту (600 т), які показали, що промисловість освоїла випуск графіту для уран-графітових реакторів.

Велися також фізичні дослідження якості блоків урану. В міру надходження партій уранових і графітових блоків було виконано оцінки їх придатності. Послідовно зібрано, вивчено й розібрано чотири підкритичні моделі реактора (з 1 серпня по 15 жовтня 1946 р.). Дослідження й розрахунки дали можливість оцінити радіус активної зони реактора й необхідну кількість уранових і графітових блоків для його спорудження, яке почалося 15 листопада 1946 р. Керування лан-

цюговою ядерною реакцією здійснювалося двома кадмієвими стержнями. Реактор повинен був запрацювати на 55-м шарі ґратки. 25 грудня в 14 годин зібрано 54-й шар і почався підйом кадмієвих стержнів, у 18 годин у реакторі одержано ланцюгову ядерну реакцію. Керування реактором здійснював особисто І.В. Курчатов [2].

Створення ядерного реактора Ф-1 стало видатним досягненням радянської науки й техніки, що знаменувало народження в СРСР ядерної техніки, водночас це було завершення тільки першого етапу атомної програми. Вступ до ладу першого радянського ядерного реактора й проведені на ньому дослідження дозволили одержати низку важливих експериментальних, теоретичних і методичних результатів, зокрема виміряти основні ядерні константи, розробити метод кількісного контролю фізичних якостей графіту, урану та уран-графітових ґраток, визначити оптимальну ґратку для першого промислового ядерного реактора та уточнити його розрахункові характеристики, вивчити питання керування реактором, радіаційної безпеки, одержати плутоній-239, вивчити його хімічні властивості й розробити технологію його вилучення з опроміненого урану. Досвід, одержаний на реакторі Ф-1, здійснені на ньому дослідження дали можливість приступити до проектування й спорудження інших радянських ядерних реакторів, передусім, промислового реактора (науковий керівник – В.С. Фурсов), що був побудований і став до ладу вже 8 липня 1948 р. для виробництва плутонію. Технології одержання металічних урану й плутонію розроблялися в НДІ-9, створеного 8 грудня 1944 р. постановою ДКО в Москві на базі Інститу-

ту спеціальних металів НКВС СРСР (нині – Всеросійський науково-дослідний інститут неорганічних матеріалів ім. А.А. Бочвара) для проведення геолого-розвідувальних робіт з урану, методів переробки уранових руд, розробки технології одержання металічного урану, виділення з опроміненого в ядерному реакторі урану плутонію, одержання металічного плутонію й виробів з нього. В 1947 р. Б.В. Курчатов і Г.Н. Яковлев зі зразків опроміненого в реакторі Ф-1 урану виділили плутоній та вивчили його основні хімічні властивості. В 1948–1949 рр. введено в експлуатацію промислові ядерні реактори й налагоджено промислове виробництво плутонію, тим самим одержано в необхідній кількості розщеплювальний матеріал, для першої радянської атомної бомби (РДС-1) американської схеми (так вирішило вище керівництво країни), успішне випробування якої проведено 29 серпня 1949 р. [7]. Потужність вибуху становила 22 тис. тонн тротилового еквіваленту. В результаті було покладено кінець монопольному володінню США атомною зброєю.

Однак ще в 1948 р. в КБ-11 почалися розробки атомної бомби власної конструкції із кращими характеристиками за потужністю й габаритами. Так, уже в 1949 р. запропоновано варіант атомної бомби нової, досконалішої (РДС-3), у якій одночасно відбувалося сферичне зближення й стискання ядерноактивного матеріалу (Л.В. Альтшулер, Є.І. Забабахін, Я.Б. Зельдович, К.К. Крупніков). В 1951 р. вона була успішно випробувана й незабаром почала виготовлятися серійно.

З початку 90-х років у відкритій пресі стали з'являтися публікації, що розкривали роль радянської розвідки



Л.В. Альтшулер



Є.І. Забахін



Я.Б. Зельдович



К.К. Крупников

в створенні атомної бомби в СРСР [4, с. 61–134]. Справді, її інформація виявилася важливою для прийняття керівництвом країни рішення про широкомасштабне розгортання робіт з атомного проекту, а також для окремих питань, пов'язаних зі створенням ядерних реакторів, атомної бомби та атомної промисловості, але в цілому перша радянська атомна бомба була підсумком власних складних розрахунків, їх експериментальною апробацією й конструкторською реалізацією, а не сліпою копією схеми американської плутонієвої бомби. Так, в якийсь мірі вдалося виграти час, створивши атомну бомбу в 1949 р., а не в 1952–1953 рр., як передбачало багато зарубіжних експертів, порушивши тим самим плани США і їх союзників про світовий ядерний диктат. Однак варто розуміти, що атомна бомба — це складний продукт науки й техніки та закладених у ній принципів роботи, тому просте, механічне, копіювання тут просте неможливо.

Конкретизуємо роль радянської розвідки в створенні атомної бомби й вирішенні низки супутніх питань. В зв'язку з цим наведемо висловлювання «атомного розвідника» В.Б. Барковського:

«Взагалі різноманітність добутих відомостей без перебільшення вражає увагу. Це і методика визначення критичної маси ядерного заряду, і дані про ініціатор ланцюгової

реакції в плутонієвому заряді атомної бомби, і креслення форм для відливки елементів сферичного обтисного заряду вибухової речовини, а також схема і описання конструкції американської атомної бомби, випробованої в липні 1945 р., згідно з якими було спроектовано першу вітчизняну бомбу. Далі можна назвати докладні дані про конструктивні особливості газодифузійного каскаду, включаючи креслення секції цієї промислової установки, зразки і технологію виготовлення мемброн, інформацію про промисловий ядерний реактор з тепловою потужністю 100 тис. кВт для виробництва 100 г плутонію за добу. Серед різноманітних цінних матеріалів — звіт про вивчення спектра вторинних нейтронів і визначення коефіцієнту їх розмноження в масі чистого металічного урану, уточнені константи ядерних реакцій, норми припустимого радіоактивного опромінення, технологія виготовлення уранових стержнів у захисних оболонках, технологія вилучення урану з руди... В квітні 1945 р. одержано докладну інформацію про конструкцію американського, дослідного реактора Фермі... Додам, що в п'ятдесяті роки одержано докладні відомості про потужні енергетичні реактори і реактори для підводних човнів. З цього неповного переліку видно, наскільки широким був діапазон захоплення розвідкою теоретичних, експериментальних і технічних проблем створення атомної зброї та атомної промисловості в цілому і яким значним був внесок науково-технічної розвідки в їх вирішення» [4, с. 104–105].

Необхідно зазначити, що перші відомості розвідки щодо планів створення, наприклад, англійської атомної бомби почали надходити в Москву наприкінці 1941 р., а перший значний обсяг матеріалів одержано влітку

1942 р. від К. Фукса – фізика-антифашиста, який з 1934 р. працював в Англії і вирішив допомагати СРСР з ідеологічних міркувань [8, с. 887]. Він став важливим джерелом атомної інформації [4, с. 101–102], зокрема, за словами В.Б. Барковського, «кардинальне значення мало відомості про застосування плутонію як заряду атомної бомби, формування критичної маси методом імплузії» [4, с. 106].

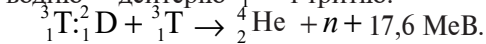
В радянському атомному проєкті працювали відомі вчені – Л.Д.Ландау, М.М. Боголюбов, І.Є.Тамм, А.І. Аліханов, М.М. Семенов, Я.Б.Зельдович, Ю.Б. Харітон, І.В.Курчатов, В.Г. Хлопін, В.Л. Гінзбург, Л.В. Альтшулер, І.М.Франк, Д.А. Франк-Каменецький, О.Й.Шальников, А.А. Бочвар, М.В. Келдиш та ін., а також молода генерація – А.Д. Сахаров, Ю.О. Романов, Є.І. Забабахін, Ю.М.Бабаєв, Ю.О. Трутнев, Л.П. Феоктістов та ін. Всі вони зробили непересічний внесок у розв'язання атомної проблеми. Список наукових керівників атомних під-

приємств і основних напрямків науково-дослідних робіт наведено в Додатку №2 до доповіді Л.П. Берії від 26 березня 1951 р. І.В. Сталіну [9, с. 675–676].

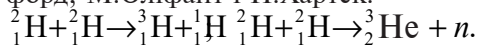
Учасниками радянського атомного проєкту був і ряд відомих німецьких фахівців, «імпортованих» у СРСР улітку 1945 р. Серед них – Г. Герц, М. фон Арденне, М. Штеєнбек, Г. Ціппе, П. Тіссен, М. Фольмер, Н.Ріль, Г. Вірц, Г. Позі та ін. [4]. Зокрема, Н. Ріль керував розробкою й виготовленням чистого металічного урану, М. Фольмер – методу одержання важкої води. Важливу роль в успішній реалізації першої фази атомного проєкту, в організації й створенні вітчизняної атомної промисловості та ядерної зброї відіграли Л.П. Берія, Б.Л.Ванніков, А.П. Завенягін, М.Г. Первухін, Б.Г. Музруков, Є.П. Славський та ін. У результаті в 1945–1949 рр. у СРСР було створено не тільки атомну бомбу, але також започатковано атомну науку, техніку й промисловість та сучасний ВПК [10, 11].

Створення водневих бомб у СРСР і США

Набагато більшу енергію, ніж при поділі ядер урану-235 або плутонію-239, одержують при синтезі легких ядер. Особливо значна енергія виділяється в реакціях, у яких утворюються ядра гелію ${}^4_2\text{He}$ в результаті злиття ядер ізотопів водню – дейтерію ${}^2_1\text{D}$ і тритію:



Тут 17,6 Мев – енергія, виділювана в одному елементарному акті синтезу. Вперше реакції синтезу ядер відкрили експериментально в 1934 р. на прискорювачі Е.Резерфорд, М.Оліфант і П.Хартек:



У першій реакції виявлено тритій (${}^3_1\text{H}$), у другій – гелій-3 (${}^3_2\text{He}$). Ядерні реакції синтезу між легкими атомни-

ми ядрами, що протікають при дуже високих температурах (10^7 – 10^8 К), називаються термоядерними. Вони є основним джерелом енергії зір і одним з основних механізмів нуклеосинтезу – утворення хімічних елементів у Всесвіті в ядерних реакціях. Спроби реалізувати термоядерний синтез у земних умовах привели до створення водневих бомб – зброї ще більш руйнівної сили, ніж атомні [12–14].

Наприкінці 1941 р., коли стало ясно, що атомна бомба реальна, Е. Фермі й Е. Теллер незалежно від Т. Хагівари висунули ідею ініціювання термоядерної реакції в середовищі з дейтерієм атомним вибухом. У наступному році Е. Теллер на її основі



Дж. фон Нейман



К. Фукс



Е. Теллер



С. Улам

почав розробку проекту створення американської водневої бомби (класичний супер). Відповідно до його концепції 1942 р., ядерну детонацію повинен викликати в довгому циліндрі (трубі), наповненому рідким дейтерієм, нейтронний потік, що утворюється від вибуху атомної бомби гарматного типу з урану-235. У тому ж році Е. Теллер відкрив принцип іонізаційної імплзії, який підвищував ефективність вибуху атомної бомби, а Е. Конопінський висунув ідею додавання до дейтерію тритію для зменшення температури запалювання термоядерної суміші.

Однак на шляху реалізації теллерівського проекту щоразу виникали труднощі, незважаючи на різні вдосконалення в конструкцію бомби та принципи здійснення її вибуху. Так, 1941 р. Дж. фон Нейман з метою підсилення вибуху первинної атомної бомби запропонував помістити всередину її, в уран-235, дейтерієво-тритієву суміш (ДТ-суміш) (атомна бомба з термоядерним підсиленням Дж. фон Неймана), а в 1946 р. К. Фукс – взагалі винести ДТ-суміш за її межі, у берилієвий відбивач, що прогрівається випромінюванням вибуху. Для втримання цього випромінювання в об'ємі відбивача передбачалося оточити ДТ-суміш (ініціюючий відсік) непро-

зорим екраном. Випромінювання, що виникає в активній зоні атомного заряду при вибуху й переноситься в зону з ДТ-сумішшю, повинно забезпечити її запалювання (принцип радіаційної імплзії), тобто викликати некеровану термоядерну реакцію. Поєднання ідей Дж. фон Неймана й К. Фука привело до нової конфігурації ініціюючого відсіку американської водневої бомби з використанням радіаційної імплзії.

В 1946 р. Е. Теллер запропонував конструкцію бомби, яку назвав «будильником». В ній розщеплювальні матеріали і термоядерне паливо розташовуються сферичними шарами, які чергуються, що повинно було збільшити густину палива й швидкість термоядерних реакцій, отже, кількість звільненої енергії. У наступному році він вирішив у «будильнику» використовувати як термоядерне паливо дейтерід літію для збільшення утвореного тритію. Слід зазначити, що роботи по «будильнику» й «трубі» велися паралельно.

В 1950 р. Е. Фермі й С. Улам виконали розрахунки, що свідчили про малу ймовірність протікання термоядерної реакції в дейтерії (реакції «дейтерій – дейтерій»). У тому ж році С. Улам і К. Еверетт більш точно визначили кількість тритію, необхідну для водневої бомби. Їх обчислення,

а також Дж. фон Неймана на ЕОМ «ЕНІАК» переконливо показали, що попередні оцінки Теллера, проведені на початковому етапі її розробки, значно занижені. Це доводило тупиковий шлях американської термоядерної програми «класичного супера» (1942–1950) і змусило від неї відмовитися як безперспективної.

В 1951 р. С. Улам запропонував нову схему водневої бомби з фізично відділеним вторинним вузлом, що містив термоядерний заряд і систему гідродинамічних лінз, які мали забезпечити його сильне стискання сфокусованим потоком нейтронів і ударних хвиль від вибуху атомної бомби. У тому ж році її вдосконалив Е. Теллер, запропонувавши для стискання та ініціювання вторинного термоядерного вузла використовувати не нейтрони й ударні хвилі від вибуху первинної атомної бомби, а її випромінювання – тобто принцип радіаційної імплузії Фукса. В результаті було розроблено новий варіант конструкції бомби – двоступінчастий (схема Улама – Теллера) для одержання двостадійного ядерного вибуху. Сформувався новий принцип конструювання «працездатної» термоядерної зброї.

Нову схему водневої бомби було викладено в звіті Е. Теллера й С. Улама в березні 1951 р., а в квітневому звіті Е.Теллер запропонував увести в схему ще елемент активного розщеплювального матеріалу (ініціатор) і розмістити його у вторинному вузлі бомби, всередині термоядерного заряду з метою ініціювати в ньому атомний вибух. Цю схему успішно протестовано 9 травня 1951 р. у випробуванні «Джордж», у якому вперше здійснено нерівноважне горіння термоядерної суміші. 1 листопада 1952 р. у випробуванні «Майк» на атолі Еніветок у Тихому океані здійс-

нено вибух 10 млн т у тротиловому еквіваленті стаціонарної термоядерної споруди заввишки в триповерховий будинок і вагою 65 т, що містив за термоядерне паливо рідкий дейтерій. Це був перший термоядерний вибух нетранспортабельного пристрою мегатонного класу. 1 березня 1954 р. США провели випробування «Браво» на атолі Бікіні потужністю 15 мегатонн, у результаті чого на японське рибальське судно випав радіоактивний дощ, що обурило й викликало протест широкої громадськості щодо випробувань ядерної зброї. Проведені експерименти стали проміжним етапом американських учених, інженерів і конструкторів на шляху створення справжньої (авіаційної) водневої бомби, скидання якої з літака США здійснили 21 травня 1956 р. [5]. Активними учасниками американського атомного проекту були також Г. Агню, С. Аллісон, Г.Андерсон, Г. Бете, Н.Бредбері, Р.Гарвін, В. Зінн, Г. Йорк, Дж. Кеннеді, Дж. Кістяківський, Н. Метрополіс, М. Розенблют, Дж. Так, Р. Фейнман [8].

В 1945 р. інтерес до водневої бомби виник і в СРСР. Я.І. Френкель у доповідній записці І.В. Курчатову розглянув питання про використання високих температур, створюваних при вибуху атомної бомби, для ініціювання термоядерних реакцій, зокрема утворення гелію з водню. У наступному році І.І. Гуревич, Я.Б. Зельдович, І.Я. Померанчук і Ю.Б. Харітон надіслали І.В. Курчатову пропозицію у формі звіту «Використання ядерної енергії легких елементів», у якому розглянули атомний вибух як детонатор для забезпечення вибухової термоядерної реакції в дейтерії й дали перші в СРСР оцінки можливості її здійснення. На основі звіту на Технічній раді при Спеціальному

комітеті було заслухано повідомлення Я.Б. Зельдовича. В червні того ж року в Інституті хімічної фізики АН СРСР створено теоретичну групу в складі Я.Б. Зельдовича (керівник), О.С. Компанейця й С.П. Дьякова для дослідження можливості звільнення енергії при синтезі легких ядер.

З 1945 р. по каналах радянської розвідки стала надходити інформація про американські роботи з водневої бомби. Так, в 1947–1948 рр. К.Фукс повідомив важливі дані по «класичному суперу» [4, с. 109]. Передані К.Фуксом матеріали в березні 1948 р. доведено до вищого керівництва країни. У результаті було вжито термінових заходів по прискореному розгортанню робіт у цьому напрямку. 10 червня 1948 р. вийшла постанова Ради Міністрів СРСР «Про доповнення плану роботи КБ-11», відповідно до якої КБ-11 повинно до 1 червня 1949 р.

«зробити... теоретичну та експериментальну перевірку даних про можливість здійснення конструкції... РДС-6 (водневої бомби – *авт.*) і розробити до 1 січня 1949 р. на основі наявних попередніх даних ескізний проект РДС-6; ...виконати за участю Фізичного інституту АН СРСР теоретичні дослідження з наступних питань: визначення граничного діаметра для горіння чистої речовини «120» (дейтерію – *авт.*) і суміші речовин «120» і «130» (третій – *авт.*) до 1 січня 1949 р.; аналіз впливу домішок різних кількостей речовини «130» до речовини «120» на швидкість реакції до 1 лютого 1949 р.; запалювання речовини «120» сумішами речовини «120» з речовиною «130» до 1 березня 1949 р.; ... для розробки РДС-6 зобов'язати КБ-11 (Зернова, Харітона) організувати в складі КБ-11 спеціальну конструкторську групу з 10 науковців і 10 інженерів-конструкторів» [6, с. 494–495].

У той же день прийнято постанову Ради Міністрів СРСР [6, с. 495–498], яка зобов'язувала директора Фізичного інституту АН СРСР академіка С.І. Вавилова

«організувати дослідницькі роботи з розробки теорії горіння речовини «120», ... для чого у двотижневий строк створити в Інституті спеціальну теоретичну групу працівників під керівництвом чл.-кор. АН СРСР Тамма й д. ф.-м.н. Біленького (заст. керівника групи) за участю акад. Фока. Доручити Ваннікову, Курчатову й Первухіну в місячний строк затвердити програму й строки здійснення зазначених робіт.

Доручити Вавилову й Харітону в місячний строк подати на затвердження Науково-технічної ради Першого головного управління план експериментальних робіт з дослідження реакцій речовини «130» і речовини «230» (гелію-3 – *авт.*) з речовиною «120».

Для ув'язки теоретичних і розрахункових робіт і контролю за виконанням завдань, передбачених даною Постановою, організувати при Лабораторії №2 АН СРСР закритий семінар у складі акад. Ландау, акад. Петровського, акад. Соболева, акад. Фока, чл.-кор. Зельдовича, чл.-кор. Тамма, чл.-кор. Тихонова, чл.-кор. Харітона, проф., доктора Шолкіна» [6, с. 496–497].

Цими постановами офіційно було дано старт роботам зі створення радянської водневої бомби, а 26 лютого 1950 р. Рада Міністрів СРСР прийняла безпосередню постанову про її розробку «Про роботи зі створення РДС-6» (після січневої директиви Г. Трумена прискорити подібні роботи в США) [15, с. 283–288]. Незабаром у групу Тамма у ФІАНі ввійшли також А.Д. Сахаров, В.Л. Гінзбург і Ю.О. Романов. В 1950 р. її перевели в КБ-11. Почалася інтенсивна широкомасштабна робота в зовсім новому напрямку [13, 16].

Ще в 1948 р. А.Д. Сахаров висловив ідеї, що стали вирішальними для реалізації радянської термоядерної програми, зокрема запропонував для термоядерної бомби гетерогенну конструкцію (незалежно від «будильника» Теллера) з шарів дейтерію, тритію, їх хімічних сполук і урану-238, яку назвав «слойкою». Вона давала можливість реалізувати повною мірою схему «поділ – синтез – поділ» для підси-



А.Д. Сахаров



І.Є. Тамм



М.В. Келдиш



А.М. Тихонов

лення енергії вибуху. Це він виклав у своєму першому звіті від 20 січня 1949 р. У ньому також містився принцип іонізаційного стискання слойки, методи розрахунку детонаційної хвилі в ній і схеми ініціювання, зокрема використання додаткового заряду для попереднього стискання слойки (фактично ідея двоступінчастої бомби, до якої А.Д.Сахаров повернувся на початку 1954 р.). Важливим для слойки була пропозиція В.Л.Гінзбурга про використання в складі термоядерного палива дейтеріда літію-6 (незалежно від Е. Теллера), яку він виклав у звіті від 3 березня 1949 р.

Сахарівські ідеї знайшли підтримку багатьох учених, у т.ч. головного конструктора водневої бомби Ю.Б. Харітона. У результаті роботи зі слойки було визнано пріоритетними. Однак з 1948 р. в зв'язку інформацією від К. Фукса по «класичному суперу», що містила описання двоступінчастої конструкції американської водневої бомби з використанням радіаційної імплзії, у нас групою Зельдовича почав розвиватися напрямок «труба».

Керівниками робіт зі створення водневих бомб – виробів РДС-бс (типу слойки) і РДС-бт (типу труби) були відповідно Ю.Б. Харітон і К.І.Шолкін. Однак згодом роботи по трубі виявилися безперспективними, коли бу-

ло доведено нереальність одержання ядерної детонації в трубі, і на початку 1954 р. ухвалено рішення про закриття цього проекту.

В згадуваній доповіді Л.П. Берії Сталіну від 26 березня 1951 р. про хід виконання завдань Уряду по розвитку атомної промисловості зазначалося:

«Попередні розрахунково-теоретичні та експериментальні роботи підтвердили можливість створення водневої бомби з багатшаровим зарядом із тритію, дейтерію, літію й урану (РДС-6с). Наближені розрахунки показали можливість одержання для бомби вагою до 5 т і габаритах серійної бомби (РДС-1) повного тротилового еквівалента до 750 тис. тонн» [9, с. 670].

Слойку успішно випробувано в серпні 1953 р. Вона являла собою одноступінчастий термоядерний заряд порівняно незначної потужності (400 тис. тонн тротилу), неприйнятний і за габаритами. Необхідна була бомба компактніша й «легка», випробуваний пристрій, підірваний на вежі, не був бомбою. Тому тривали роботи над потужнішим термоядерним зарядом типу слойки, однак не викликала задоволення й нова її конструкція. До того ж випробування 1 березня 1954 р. США нового потужного термоядерного заряду показало, що там знайдено новий ефективний шлях у конструюванні й технології двоступінчастої термоядерної зброї. Це змусило радянських учених і

конструкторів інтенсифікувати свої дослідження й розробки. До двоступінчастої конструкції бомби з новим механізмом обтиснення вторинного термоядерного вузла (основного заряду) з використанням випромінювання первинної атомної бомби (радіаційної імплзії), а не продуктів її вибуху на початку 1954 р. прийшли А.Д. Сахаров, Я.Б. Зельдович, Ю.О. Трутнєв, Ю.М. Бабаєв та ін.

«Прозріння сталося в перші місяці 1954 року... – писав Г.А. Гончаров. – До цього моменту вчені СРСР зрозуміли безперспективність «труби» і форсованих варіантів одноступінчастої конструкції типу «слойки» та впритул підійшли до ідей конфігурації Улама – Теллера. Вже існувала двоступінчаста схема, що містила чимато елементів конфігурації Улама – Теллера, але не був усвідомлений і запропонований її найважливіший принцип – використання для обтиснення термоядерного вузла енергії випромінювання первинної атомної бомби... Напружені міркування та осмислювання всієї наявної інформації й нагромадженого досвіду в березні–квітні 1954 року привели до цілі. Новий механізм обтиснення вторинного термоядерного вузла з використанням енергії випромінювання первинної атомної бомби було відкрито (перевідкрито – *авт.*). Були зрозумілі й перспективи, які відкриває використання енергії випромінювання первинного атомного заряду для забезпечення симетричного стиснення термоядерного вузла» [16, с. 908–909].

Роботи над бомбою за новою схемою (радянському аналогу конфігурації Улама – Теллера) проходили в КБ-11 у швидкому темпі, за словами Ю.Б. Харітона, в «режимі мозкового штурму» і були спрямовані на реалізацію нових ідей у конкретній конструкції водневої бомби нового покоління, що одержала найменування РДС-37. Керівниками робіт по РДС-37 були А.Д. Сахаров, Я.Б. Зельдович (начальники теоретичних відділів), Д.А. Франк-Каменецький, Є.І. Забабахін і Ю.О. Романов (у статті Ю.Б. Харітона [13] наведено і список

виконавців цих робіт). Загальне керівництво математичними розрахунками здійснювали М.В. Келдиш і А.М. Тихонов. Наприкінці червня 1955 р. результати розрахунково-теоретичного обґрунтування виробу РДС-37 розглянула комісія на чолі з І.Є. Таммом, а 22 листопада 1955 р. було проведено його успішне випробування, виконаного у вигляді авіаційної бомби, скинутої з літака.

Тут варто також сказати про інформацію, одержувану науково-технічною радянською розвідкою по водневій бомбі [4, с. 108–109]. Вперше така інформація загального характеру була «добута» нею в 1945 р. і стосувалася самої ідеї створення термоядерної зброї, у якій повинні відбуватися реакції синтезу в суміші дейтерію із тритієм; наводилися дані про температуру в епіцентрі вибуху першого атомного пристрою (більше 70 млн. градусів), що свідчило на користь можливості ініціювання ДТ-реакції вибухом атомної бомби; давалася схема пристрою термоядерного заряду, що включала атомну бомбу гарматного типу, запал із суміші дейтерію Д і тритію Т, проміжний і основний детонатори. В 1947 р. отримано дані про літій як компонент термоядерного палива. Але особливо важливі матеріали було одержано в 1948 р. від К.Фукса, що містили, зокрема, конкретне описання двоступінчастої водневої бомби з використанням радіаційної імплзії. Якою мірою одержувана по каналах розвідки інформація впливала на хід проведених у СРСР робіт з водневої бомби, однозначної відповіді не існує. З нею знайомили обмежене коло людей з атомного проекту. Так, у різний час до неї мали допуск, крім Б.Л. Ваннікова, І.В. Курчатова і Ю.Б. Харітона, також Я.Б. Зельдович,

Д.А. Франк-Каменецький і А.Д. Сахаров, однак в ознайомленні з пізніми матеріалами, наприклад І.Є. Тамму та О.С. Компанейцу було відмовлено.

До багатьох ідей і конструкторсько-технологічних рішень наші фізики та інженери незалежно від американців приходили самі, через рік і більше. Наприклад, конструкція водневої бомби, заснована на принципі радіаційної імплзії й вторинного відсіку Фукса, була ними розроблена (перевідрита), як відзначалося вище, тільки на початку 1954 р. На наш погляд, причиною тут була надмірна секретність, коли основних, переважно молодих, розробників з матеріалами розвідки знайомили або з великим запізненням, або не знайомили зовсім, трансляторами їх були керівники атомного проекту, на той час уже наукові функціонери з номенклатурним мисленням. Сприйняти, переварити й трансформувати в нове, своє бачення, первинну інформацію від закордонного джерела легше було саме молодим учасникам проекту, безпосереднім виконавцям робіт. У цьому зв'язку доречно висловлювання одного з учасників атомного проекту О.І. Павловського:

«Історія робіт зі створення зброї (ядерної – авт.) США й СРСР підтверджує, що вчені, позбавлені інформації про роботи один одного, мислять однаково, що зумовлюється внутрішньою логікою наукового процесу».

Це співзвучно якоюсь мірою з розхожим афоризмом у середовищі фізиків – «ідеї ширяють у повітрі».

Але незважаючи ні на що, початкове відставання СРСР в атомному проєкті в кілька років було незабаром успішно переборено, і в 1955–1956 рр. СРСР і США досягли паритету в створенні термоядерної зброї, а по деяких питаннях радянські вчені й інженери виявилися попереду. Відставання СРСР від США в три роки від

часу відкриття аналога кінфігурації Улама–Теллера було ліквідовано розробкою та успішним випробуванням слойки, а також подальшими роботами зі створення значно досконаліших зразків термоядерних зарядів.

В 1955 р. у Челябінську-70 (нині м. Снежинськ, Росія) організовано новий ядерно-збройовий центр – Всесоюзний науково-дослідний інститут технічної фізики по вдосконалюванню термоядерної бомби й розробці її серійних зразків (науковий керівник в 1955–1960 рр. – К.І. Шолкін, в 1960–1984 рр. – Є.І. Забабахін), в якому невдовзі Є.І. Забабахін, Ю.О. Романов і Л.П. Феоктистов розробили серійну водневу бомбу, поставлену на озброєння. Розвиток принципів, що лежали в основі РДС-37, привело Ю.О. Трутнева і Ю.М. Бабаєва у Всесоюзному науково-дослідному інституті експериментальної фізики в Арзамасі-16 до нової конструкції бомби. Випробувана в 1958 р. вона визначила в подальшому обличчя радянських термоядерних зарядів.

30 жовтня 1961 р. на висоті 4 км на архіпелазі Нова Земля в Арктиці було підірвано радянську 50-мегатонну водневу бомбу – «цар-бомбу», розраховану на 100 мегатонн (розробники А.Д. Сахаров, В.Б. Адамський, Ю.М. Бабаєв, Ю.Н. Смірнов, Ю.О. Трутнев). Випробування показало, що закладені в бомбі принципи дають можливість конструювати термоядерні заряди практично необмеженої потужності. Хоч випробування було успішним і її вибух справив вражаючий вплив на опонентів на Заході й мав велике політичне значення, але на озброєння вона не надійшла.

Працюючи над створенням зброї масового знищення, яким були атомні й водневі бомби, деякі вчені зрозуміли



К.І. Шолкін



Є.І. Забабахін



Л.П. Феоктістов



Ю.О. Трутнев

небезпеку для людства їхнього широкого використання, нагромадження й поширення, згубність наслідків ядерних випробувань (Р. Оппенгеймер, Дж. Франк, Дж. Кістяківський, Дж. Ротблат, А.Д. Сахаров і ін.). Так, Р. Оппенгеймера за виступ проти створення американської водневої бомби було знято з усіх постів і обвинувачено в 1953 р. в «нелояльності». Наприкінці 50-х розпочав кампанію за припинення й обмеження ядерних випробувань А.Д. Сахаров. Поступово його сфера суспільно-політичних інтересів розширилася, включивши моральні, екологічні й правові проблеми. В 1968 р. він опублікував за кордоном нарис «Міркування про прогрес, мирне співіснування та інтелектуальну свободу», що набув широкого розголосу. У результаті його відсторонили від секретної роботи та в 1969 р. перевели старшим науковим співробітником у Фізичний інститут АН СРСР. З 1970 р. основним сенсом життя А.Д. Сахарова став захист прав людини й жертв політичних репресій у СРСР. В 1975 р. йому присуджено Нобелівську премію миру [17, 18].

Подальший розвиток термоядерної зброї проходив в напрямку її вдосконалення й спеціалізації. Виникло ядерне протистояння двох великих держав – СРСР і США, що тривало до кінця 80-х років. Водневі бомби було створено також в Англії (1957), Китаї (1967), Франції (1968).

Інформацію про більшість фізиків – учасників атомних проектів вміщено в Біографічному словнику книги автора «Історія фізики» (2006) [8, с. 345–1000] та Біографічному словнику «Зарубіжні вчені – вихідці з України в галузі фундаментальних і технічних наук» [19], а також у публікації [20].



Ю.О. Романов



Ю.М. Бабасв

Створення в США й СРСР ракетної техніки як складової збройних сил

Як відомо, перші балістичні ракети створено в Німеччині на початку 40-х років, що започаткувало сучасне ракетобудування. Ними стали бойові керовані балістичні рідинні ракети «Фау-2» (А-4) німецького конструктора В. фон Брауна. «Фау-2» була сконструйована в 1941 р., 3 жовтня 1942 р. відбувся її перший успішний пуск, а 22 грудня А.Гітлер підписав наказ про виробництво бойових ракет «Фау-2», назвавши їх «зброєю відплати», і 7 вересня 1944 р. першу таку ракету випущено по Лондону [21].

В 1941 р. В. фон Браун розробив також проект міжконтинентальної бойової балістичної ракети з дальністю польоту близько 4500 км. Це була двоступінчаста балістична ракета А-9/А-10, яку виготовили в грудні 1944 р., 8 січня 1945 р. відбувся її експериментальний пуск, через 7 с після старту ракета вибухнула. Невдалим був і другий її пуск, вона повинна була завдати ракетного удару по території США.

По Англії й різних цілям у Європі Німеччина випустила 10800 ракет «Фау-2», однак понад 5000 не досягли мети. Проте сотні тисяч будинків в Англії й Бельгії було зруйновано, жертви серед мирного населення Лондона становили більше 2700 убитих і близько 6500 поранених.

Після перших повідомлень про використання Німеччиною принципово нової зброї – ракет «Фау-2» у США також стала активно розвиватися програма створення керованих балістичних ракет. Ще 1938 р. у Каліфорнійському технологічному інституті в Пасадене створено Лабораторію реактивного руху, яку очолив Т. фон

Карман [22]. У ній почалися розробки ракетних технологій, і 1944 р. у співробітництві з Бюро боєприпасів Армії створено першу балістичну твердопаливну ракету «Прайвіт». Її запущено в грудні того ж року, призначалася для дослідницьких цілей. На цих ракетах опрацьовувалися їхні конструкції й вивчалися особливості польоту. У листопаді 1944 р. армійським відомством США й корпорацією «Дженерал електрик» розпочато програму «Гермес» по створенню балістичних рідинних ракет.

У цей час із Великої Британії стали надходити уламки німецьких ракет «Фау-2», які вивчалися американськими інженерами для відтворення. Відразу після закінчення війни з Німеччиною близько 100 трофейних зібраних ракет «Фау-2» з технічною документацією було вивезено в США, де за участю провідних німецьких спеціалістів їм досить швидко було надано робочого стану. 2 травня 1945 р. В. фон Браун – технічний директор ракетного центру в Пенемюнде й головний конструктор ракети «Фау-2» здався в полон американцям. В подальшому він активно працював у ракетно-космічному комплексі США. В результаті американці одержали не тільки готові ракети, але і їх основних розробників на чолі з головним конструктором [22]. 10 травня 1946 р. відбувся перший успішний пуск «Фау-2» на американській землі. Ракети запускалися з метою збору наукової й військової інформації, а також для дослідження верхніх шарів земної атмосфери. Незабаром стало ясно, що трофейні ракети «Фау-2» уже поступаються власним американським ра-

кетам і не задовольняють нагальним вимогам учених і військових.

Після успішного завершення експериментів на ракетах «Прайвіт» Лабораторія реактивного руху приступила до створення власної першої балістичної рідинної ракети «ВАК-Корпорал» (конструктор У. Пікеринг [22]). Запуск її відбувався з шахти. Успішний пуск «ВАК-Корпорал» стався 30 жовтня 1945 р. В 1946–1947 рр. запуснено ще 8 ракет серії («ВАК-Корпорал В»).

В 1950 р. армія США ініціювала на базі ракет «Корпорал» розробку бойової тактичної балістичної ракети SSM-G-17, перший експериментальний політ якої відбувся в 1952 р., на озброєння прийнята в 1954 р. В подальшому створено тактичні балістичні ракети з ядерними зарядами: некерована MGR-1 і керована MGR-5. Останню було розроблено в 1950–1953 рр., в 1954 р. випробувана, в 1955 р. прийнята на озброєння.

В лютому 1946 р. у Лабораторії реактивного руху висунуто ідею двоступінчастої балістичної рідинної ракети «Бампер». Першим її ступенем була доопрацьована ракета «Фау-2» В. фон Брауна, другим – модифікована ракета «ВАК-Корпорал» У.Пікеринга. 24 лютого 1949 р. при вертикальному польоті ракети «Бампер» її другий ступінь, відділившись на висоті близько 100 км, піднявся на 393 км, маючи корисний вантаж майже 23 кг. В 1951 р. програму «Бампер» було закрито.

Восени 1948 р. В. фон Браун почав розробляти бойову балістичну ракету оперативно-тактичного призначення «Редстоун» з ядерним боезарядом. Вона була одноступінчастою, рідинною, з автономною інерціальною системою керування, прямим розвитком «Фау-2» і базовою для наступних мо-

дифікацій сім'ї ракет «Редстоун». Перший пуск її відбувся 20 серпня 1953 р. надійшла на озброєння в 1956 р.

Німецький досвід у створенні балістичних ракет і самі ракети «Фау-2» використовував і Радянський Союз. Уже в квітні 1945 р. до Німеччини спрямовано групу радянських фахівців з метою знайти технічну документацію по «Фау-2», її зразки або частини для дослідження конструкції й технології виготовлення. В групу входили В.П.Бармін, В.С. Будник, В.П.Глушко, А.М.Ісаєв, С.П. Корольов, В.І.Кузнецов, В.П. Мішин, Н.А.Пилюгін, Ю.О.Победоносцев, М.С. Рязанський, М.К.Тихонравов та ін. [23].

В березні 1946 р. створено Інститут для вивчення питань відновлення «Фау-2», начальником Інституту призначено генерала Л.М. Гайдукова, заступником і головним інженером – С.П. Корольова. Підсумком його діяльності й групи була зібрана інформація з трофейних зразків частин ракети «Фау-2», що дозволила відновити основну технічну документацію на саму ракету, її обладнання, зібрати близько 20 екземплярів «Фау-2» і почати роботи з її відтворення.

13 травня 1946 р. Рада Міністрів СРСР прийняла Постанову «Питання реактивного озброєння», яка дала старт роботам зі створення бойової ракетної техніки в країні [23, с. 36–42], що невдовзі привело до становлення в СРСР ракетно-космічної галузі.

Найшвидше створення сучасних балістичних бойових ракет – носіїв атомних і термоядерних бомб – було необхідним кроком СРСР, єдиною альтернативою проти погроз учорашніх союзників по антигітлерівській коаліції. Так, США мали численну авіацію і флот, її військові бази буквально оточували територію Радянського Со-

юзу. В цій ситуації йому необхідно було створити в найкоротший термін ракетну складову своїх збройних сил, що й переслідувала дана Постанова (у той час США не надавали особливої уваги розвитку цього виду озброєнь).

У країні відразу ж почалося формування широкої мережі науково-дослідних, проектно-конструкторських і дослідно-виробничих структур, у яких розгорнулися широкомасштабні роботи з ракетної техніки (новий напрямок у ВПК), зокрема при Міністерстві озброєння СРСР створено НДІ-88 як головну координуючу організацію.

Першочерговим завданням радянських ракетників стало відтворення ракети «Фау-2» із застосуванням вітчизняних матеріалів і технологій. Відразу в НДІ-88 почалися роботи зі створення вітчизняної копії ракети «Фау-2» (головний конструктор – С.П. Корольов), що завершилися її запуском 10 жовтня 1948 р. з полігона Капустин Яр поблизу Сталінграда. Це була бойова балістична рідинна ракета Р-1.

7 травня 1949 р. здійснено старт Р-1 з відокремленою бойовою частиною, 28 листопада 1950 р. її прийнято на озброєння. У вересні 1950 р. у НДІ-88 організовано Особливе конструкторське бюро (ОКБ-1) на чолі з С.П. Корольовим. Незабаром у ньому було створено ракету Р-2, також прототип «Фау-2». У ній недоліки, властиві Р-1, не було повністю усунуто, хоч збільшено дальність польоту й точність стрільби. Ракети Р-1 і Р-2, маючи незначну дальність польоту і слабку ефективність, не могли бути стратегічною зброєю. Тому в ОКБ-1 розроблено ракету Р-5, яка конструктивно й за техніко-тактичними характеристиками відрізнялася від своїх попередниць. Це була перша радянська бойова балістична ракета

власного виробництва. Р-5 була одноступінчастою з моноблочною головною частиною вагою 1350 кг. Маса конструкції ракети зменшено вдвічі порівняно з Р-1, а дальність польоту збільшено в 5 разів. Її модифікація – ракета Р-5М була з відокремлюваною головною частиною. В лютому 1956 р. її запустили з ядерною боеголовкою, у червні прийняли на озброєння. Це була перша ракета середньої дальності з автономною й радіокорекційною системами керування.

Однак розглянуті бойові балістичні ракети мали істотний недолік. Їхні двигуни працювали на рідкому кисні – потужному окислювачі, що в сполученні з ефективним паливом (наприклад, гас) давав можливість одержувати високі значення питомого імпульсу. Але підготовка цих ракет до пуску з РРД, що використовували таке паливо, вкрай складна, тривала, зберігання її з заправленими паливом баками було неможливим, що різко знижувало боєздатність ракети. Тому вже на початку 50-х років почали розглядати можливість створення РРД, який працює на висококиплячих компонентах палива, що дозволило б ракеті тривалий час перебувати в заправленому стані. Розробка такої ракети (Р-11) почалася в НДІ-88 в 1951 р. під керівництвом М.К. Янгеля, і в червні 1955 р. ракетний комплекс із Р-11 прийнято на озброєння. Незабаром було розроблено модернізовану ракету Р-11М с ядерною головною частиною, на основі якої створено ракетний комплекс із самохідною пусковою установкою.

Паливом у ракетах Р-11 і Р-11М були (гас Т-1) і окислювач АК-20 (20% чотириокису азоту та 80% азотної кислоти), що давало можливість ракеті перебувати заправленою мі-

сяць. Перехід на тривалозберігаюче паливо вимагав підвищення якості використовуваних конструкційних матеріалів, зокрема їхньої стійкості в агресивному середовищі, забезпечення стабільності компонентів палива при тривалому перебуванні в баках ракети й багато чого іншого. Ракети мали автономну систему керування.

В подальшому розробкою бойових ракет на висококиплячих компонентах палива стало займатися ОКБ-586, створене 10 квітня 1954 р. у Дніпропетровську (нині – КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля) [23, с. 312–316; 29]. Головним конструктором КБ було призначено М.К. Янгеля, його заступником В.С. Будника. Незабаром тут створено бойові ракети Р-12, Р-14 і Р-16, які виготовив Дніпропетровський машинобудівний завод. Наявність на бойовому посту ракет Р-5М і Р-12 стало підставою для організації в СРСР ракетних військ стратегічного призначення як основи ракетно-ядерного щита. Необхідно зазначити, що в реалізації ракетного проекту брала участь і низка установ України, зокрема Інститут математики АН УРСР, Інститут механіки АН УРСР, ХФТІ, Інститут проблем матеріалознавства АН УРСР.

Основні тактико-технічні характеристики ракети Р-12

Довжина з головною частиною – 22,77 м

Діаметр корпусу – 16,52 м

Стартова маса – 41,9 т

Дальність стрільби – 2080 км

Закидвана вага – 1,4–1,6 т

Головна частина – термоядерна, моноблочна, потужність заряду – 1 Мт або 2,3 Мт.

В 1954 р. в ОКБ-1 під керівництвом С.П. Корольова почалася розробка керованої двоступінчастої міжконтин-

тентальної балістичної ракети (МБР) Р-7.

Основні тактико-технічні характеристики ракети Р-7

Довжина ракети – 31,4 м

Максимальний поперечний розмір у збиранні – 11,2 м

Діаметр циліндричної частини центрального блоку – 3 м

Стартова маса – 283 т

Загальна маса палива – понад 250 т

Компоненти палива – газ Т-1 і рідкий кисень

Максимальна дальність польоту – 8000 км

Потужність ядерного заряду – 3 Мт

Точність стрільби – 10 км.

21 серпня 1957 р. здійснено її перший пуск [24]. Вона була першою в світі МБР і могла використовуватися як бойова, так і як ракета-носій (перший успішний пуск американської МБР «Атлас-1» відбувся 17 грудня 1957 р.). Створення Р-7 та її успішний пуск було видатним досягненням радянської ракетної науки й техніки, що мало також велике військово-політичне значення. Вона виводила на навколосемні орбіти перші штучні супутники Землі й космічні кораблі, хоч розроблялася безпосередньо як носій термоядерної бомби [26–28]. Це був ривок Радянського Союзу в ракетно-космічній науці й техніці, завдяки якому він вийшов у її лідери, випередивши на якийсь час США.

Реалізація атомного і ракетного проектів привела не тільки до створення ракетно-ядерної зброї, але вплинула взагалі на розвиток науки, техніки і промисловості та на прискорення науково-технічного прогресу. Було започатковано нові науково-технічні напрями, які дістали бурхливого розвитку в подальшому, – ядерне реакторобудування, атомна промисловість,

розробка високоякісних матеріалів для нової техніки, радіаційне та космічне матеріалознавство, хімія урану й плутонію, практична космонавтика, створення обчислювальної техніки та обчислювальної математики, квантової та напівпровідникової електроніки, радіоастрономії й супутникової астрономії та ін. Відбулися і структурні зміни в науково-технічних та освітніх установах.

Окремо зупинимось на виникненні в СРСР в цей період обчислювальної техніки. В ході реалізації атомного і ракетного проектів необхідно було розв'язувати значний обсяг розрахункових задач, які спочатку виконувалися на арифмометрах, електромеханічних машинах спеціальних логарифмічних лінійках. Активно почали створюватися розрахункові структури. В 1944 р. в Математичному інституті АН СРСР організовано розрахункове бюро на чолі з К.А. Семендяєвим, в Лабораторії №8 Геофізичної комплексної експедиції АН СРСР – розрахункову групу під керівництвом А.М. Тихонова, в Ленінграді працювала група Л.В. Конторовича, яка розв'язувала задачі для КБ-11 в Арзамасі, в ЛІПАНі організовано два розрахункові відділи під керівництвом С.Л. Соболева тощо. Проводилися роботи з проектування перших радянських ЕОМ – в Інституті електротехніки АН УРСР (С.О. Лебедєв), СКБ №245 (С.Я. Базилевський) та Енергетичному інституті АН СРСР (С.І. Брук).

Як відомо, перші ЕОМ побудовано в 1943 р. – «Колос» в Англії (А. Тьюрінг) та «Марк-1» в США (Г. Ейкен), в 1944 р. в США створено електронну цифрову обчислювальну машину ЕНІАК (Дж. Мочлі, Дж. Еккерт) та ЕДВАК, у якій використовувались

ідеї Дж. фон Неймана. В СРСР першу ЕОМ «МЕСМ» створено 1950 р. С.О. Лебедєвим в Інституті електротехніки АН УРСР у Києві, а невдовзі ЕОМ «Стріла» в Росії.

На початковому етапі математикам атомного проекту довелося не тільки розв'язувати певні задачі, але й брати участь в їх постановці, необхідно було побудувати відповідний обчислювальний процес і виконувати масові розрахунки. Зокрема, група Тихонова брала участь у розв'язанні задачі з оцінки атомного вибуху. Для цього А.М. Тихонов і О.А. Самарський розробили метод скінченних різниць в лагранжевих змінних, а О.А. Самарський ще для прискорення одержання результатів – спосіб розпаралелювання рахунку. Розрахунками складних систем з одержання високоякісних розщеплювальних матеріалів з урану-235 і плутонію-239 займався С.Л. Соболев. Було розроблено розрахункові методики для простих моделей розгалужених процесів (Г.І. Марчук та ін.). Виникло важливе поняття – обчислювальний експеримент, яке значно сприяло розвитку ЕОМ та обчислювальної математики в цілому. Загальне керівництво математичними розрахунками в радянському атомному проекті здійснювали М.В. Келдиш та А.М. Тихонов.

В 1953 р. створюється Інститут точної механіки та обчислювальної техніки АН СРСР і Відділення прикладної математики в Математичному інституті АН СРСР, формуються обчислювальні колективи в ряді КБ і провідних вишах. В результаті в 50-х роках з'являється обчислювальна техніка і пов'язані з нею інформаційні технології.

Створення ракетно-ядерної зброї в розглядуваний період проходило

на тлі складних військово-політичних процесів, в умовах ідеологічного протистояння СРСР і США з їхніми союзниками [5]. Причина ясна – розходження в державних устроях цих країн, а також посилення впливу Радянського Союзу в Європі й світі після Другої світової війни, зокрема контролю над східно-європейськими країнами, сприймане вчорашніми союзниками по антигітлерівській коаліції як загрозу. Не влаштували їх і результати Ялтинської конференції, яка визначила поділ світу на сфери впливу. Агресивний характер позиції й дій США та їхніх союзників зумовлювався також тим, що з 1945 р. США були єдиною державою, яка мала атомні бомби. В ході війни з Японією вони підірвали їх над японськими містами Хіросімою й Нагасакі, хоч результат війни з нею було вирішено. Атомну зброю масового ураження США використовували для залякування та ядерного шантажу, як погрози її застосування проти потенційного супротивника. Маючи стратегічну перевагу в озброєннях і монополією на ядерну зброю, американські військові навіть почали будувати плани превентивного удару по СРСР, що не могло не загострити відносини між двома великими державами.

Як вже зазначалося, на початку 1946 р. у світі розпочалася холодна війна, коли короткочасне, крихке післявоєнне співробітництво між СРСР і США почало переходити в конфронтацію [25]. В 1949 р. створено військово-політичний союз західних країн (нині – НАТО), а в 1955 р. Варшавський договір – військовий союз європейських соціалістичних держав на чолі з СРСР. У розглядуваний період СРСР перший створив термоядерну зброю, ще більш руйнівну за атом-

ну, а також бойові балістичні ракети (міжконтинентальні) для його доставки в будь-яку точку земної кулі, про що йшлося вище. Раннє відставання СРСР від США в ракетно-ядерному озброєнні в результаті такого ривка було ліквідовано, що стало потрясінням для Заходу на чолі зі США. У рамках їхнього протистояння між ними почалася ракетно-ядерна гонка, хоч воювати стало небезпечно для всіх [25]. Вона призвела до надмірних військових витрат, концентрації передових технологій у військовій сфері, шалене «змагання» впливало на багато сторін життя обох країн, жажливо виглядала також кількість накопичених бомб і суми військових витрат.

На цьому етапі реалізації радянських атомного і ракетного проєктів і як наслідок створення ракетно-ядерної зброї в СРСР формувався на нових засадах і його військово-промисловий комплекс (ВПК) – спільна назва об'єднання взаємопов'язаних структур суспільно-політичної, фінансово-економічної, військово-промислової та науково-технічної сфер країни для гарантування її безпеки. Він включав спеціалізовані науково-дослідні інститути і КБ, дослідно-конструкторські організації і промислові підприємства здебільшого закритого типу, які здійснюють розробку і виробництво військової і спеціальної техніки, військову промисловість, підрозділи збройних сил і силових структур, державного апарату та науки. На замовлення ВПК працювало і чимало академічних інститутів. Масштаби ВПК та його вплив на зовнішню й внутрішню політику країни визначив ступінь її мілітаризації. Так, на розвиток ВПК у СРСР витрачалася третина його матеріальних, фінансових і науково-технічних ресурсів, і

географія його була надзвичайно широкою [30].

Одними з найважливіших галузей ВПК були структури з розробки й виробництва ракетно-космічної техніки та ядерної зброї. Так, великі науково-дослідні й дослідно-конструкторські організації було зосереджено в Москві та Підмосков'ї (Дубна, Корольов, Реутов, Хімки), Міассі та Залізнодорожській, Москва та Підмосков'я були також центрами по випуску ракетно-космічної техніки, зокрема в Москві та Корольові створювалися балістичні ракети, в Дубні – противозрадянські ракети, Златоусті та Красноярську – балістичні ракети для атомних підводних човнів, Дніпропетровську в КБ «Південне» та на Південному машинобудівному заводі – балістичні ракети на висококиплячих компонентах палива, в Хімках – ракетні двигуни.

Відомими космодромами були

космодроми Капустин Яр поблизу Сталінграда (на початковому етапі), Плесецьк в Архангельській області та Байконур у Казахстані. В Підмосков'ї розташовано також центри керування космічними польотами.

Великими науково-виробничими центрами ядерного комплексу з розробки та виробництва ядерних боєприпасів були Всесоюзний науково-дослідний інститут експериментальної фізики в Сарові (Арзамас-16) та Всесоюзний науково-дослідний інститут технічної фізики в Снежинську (Челябінськ-70).

Після реалізації атомного і ракетного проєктів кураторство створеною системою ВПК перейняло на себе Міністерство середнього машинобудування СРСР, а після розпаду СРСР у 1991 р. в Росії та Україні, організовано відповідно Рособоронпром і Укроборонпром, але це вже окрема сторінка історії.

Світова фізика в 1945–1955 рр.

В ці роки продовжували інтенсивно розвиватися «ядерні науки», підпорядковані реалізації атомних проєктів, зокрема створенню термоядерної зброї, про що йшлося вище [2]. Було побудовано ядерні реактори у Канаді (1945), СРСР (1946), Англії (1947), Франції (1948). Енергетичні ядерні реактори стали реальним джерелом енергії, одержуваної з атомних ядер, здатні забезпечити виробництво електроенергії в промислових масштабах на атомних електростанціях (АЕС). В 1954 р. стала до ладу перша в світі АЕС в Обнінську під Москвою (І.В. Курчатов, Д.І. Блохінцев, А.К. Красін), в 1956 р. введено в експлуатацію АЕС в Англії, 1957 р. – у США і 1959 р. – у Франції. Цим було започатковано атомну енергетику. Ядерні установки

почали встановлювати і на підводних човнах.

На основі ідеї термоізоляції високотемпературної плазми магнітними полями (І.Є. Тамм, А.Д. Сахаров; Л. Спітцер; П. Тонеман; 1950 р.) дістали інтенсивного розвитку термоядерні дослідження, було розроблено перші проєкти термоядерних установок – токамака (1950) та стеларатора (1951). Ці два напрями в подальшому одержали бурхливого розвитку.

Інтенсифікувалися дослідження у галузях, пов'язаних з ядерною фізикою, – фізика і техніка прискорювачів і фізика елементарних частинок. Уже в 1946 р. з'явилася низка нових типів прискорювачів, у яких принцип циклічності поєднувався з прин-

ципом автофазування. Винайдення в 1950–1952 рр. принципу сильного фокусування (Н. Крістофілос, 1950 р.; Е. Курант, М. Лівінгстон, Х. Снайдер; Дж. Блюїтт, 1952 р.), уможливило подальше збільшення енергії прискорювальних частинок. В 1952 р. в Брукхейвені став до ладу сильнофокусуючий протонний синхрофазотрон на енергію 2,3 ГеВ, а 1954 р. в Берклі – на 6,3 ГеВ. Це привело до створення якісно нової експериментальної бази і започаткування фізики високих енергій, дало можливість в подальшому планувати й здійснювати відкриття нових частинок у лабораторних умовах. Так, в 1948 р. на синхроциклотроні одержано перші штучні піони, 1953 р. – каони, 1950 р. відкрито нейтральний піон, 1952 р. – першу резонансну частину – протон-нуклонний резонанс (Е. Фермі), 1955 р. – антипротон (Е. Сегре, О. Чемберлен, Нобелівська премія з фізики 1959 р.) та ін.

А до цього нові частинки відкривалися в космічних променях (позитрон, 1932 р., К. Андерсон, Нобелівська премія з фізики 1936 р.; мюон, 1936 р., К. Андерсон, С. Неддермейер). В 1947 р. с. Пауелл із співробітниками і незалежно Д. Перкінс у ядерних фотоемальсіях, опромінених космічними променями на великій висоті над Землею, відкрили заряджені частинки масою $300 m_e$, які ідентифікували (1935) з піонами Юкави (Нобелівська премія з фізики 1950 р., С. Пауеллу). В тому ж році камерою Вільсона в космічних променях виявлено нестабільні важкі заряджені й нейтральні частинки з незвичайними, як тоді здавалося, властивостями (Дж. Рочестер, К. Батлер), і їх назвали дивними (вони народжувалися в сильних взаємодіях, розпадалися повільно, що доведено 1953 р.). Це були перші ка-



Л. Спіцер



Н. Крістофілос

они і гіперони. Для них запровадили нову характеристику (квантове число) – дивність і закон збереження дивності, який «зобов'язує» дивні частинки і жити «довго», і народжуватися колективно (асоціативно). На цьому етапі також встановлено низку інших законів збереження, які діють тільки в мікросвіті – лептонного заряду та баріонного (1953). Чотири класичні закони проявляються в макро- і мікросвіті, решта – тільки в мікросвіті. Інтенсивно розроблялися методи спостереження і реєстрації окремих актів перетворення частинок, викликаних їх зіткненнями одна з одною або з атомними ядрами, а також відповідна реєструюча апаратура.

Але найфундаментальніше відкриття на прискорювачах відбулося в 1954–1955 рр. В 1953 р. стала до ладу перша черга Станфордського лінійного електронного прискорювача Марк III. На ньому було одержано перші електронні пучки енергії до 225 МеВ, з якими Р. Хофштадтер з колегами відразу розпочав експерименти з пружного розсіяння електронів на протонах мішені, і того ж року було одержано свідчення такого розсіяння. Вже наступного року стало ясно, що протон не є точковим об'єктом, а має розподілену структуру (Нобелівська премія з фізики 1961 р.). Зазначені



С. Пауелл



О. Чемберлен



Дж. Рочестер



К. Батлер

експерименти Хофштадтера започаткували дослідження внутрішньої структури нуклона, було перейдено на новий рівень будови матерії – в ділянки розміром 10^{-13} см.

В 1946–1948 рр. Дж. Гамов побудував модель фізичних процесів у ранньому розширювальному Всесвіті, надзвичайно щільному та гарячому (після Великого вибуху) – модель гарячого Всесвіту Гамова, в рамках якої передбачив його реліктове випромінювання.

З фізикою елементарних частинок тісно пов'язана квантова теорія поля (КТП), а також квантова електродинаміка (КЕД) як її розділ, що описує електромагнітні взаємодії. Їх започаткував ще 1927 р. П. Дірак, увівши поняття квантованого поля – своєрідного синтезу понять класичного поля Фарадея–Максвелла і поля ймовірності квантової механіки. Після цього в наступні 15–20 років проходив процес формування та звикання до цього нового підходу, за яким класичні частинки і поля стали розглядатися як два різні прояви одного об'єкту – квантованого поля.

Наприкінці 30-х років у КЕД виникла ситуація, коли при спробі обчислити тонку структуру атомних спекторів одержувалися нескінченні результати. Згодом з'ясувалося, що

поява в теорії нескінченностей (розбіжностей) пов'язана з впливом на електромагнітні процеси фізичного вакууму (поляризації вакууму), а також з реакцією поля, що спричиняє зміну заряду й маси електрона (польові добавки до маси і заряду електрона). Тобто всі розбіжності у КЕД зводяться до обчислення цих радіаційних поправок, пов'язаних з проходженням частинок крізь квантовий вакуум, і зусилля фізиків спрямовувалися на пошук шляхів їх усунення. Для цього було використано процедуру перенормування маси і заряду – віднімання одних нескінченностей з інших (компенсація розбіжностей).

Перший продемонстрував плідність ідеї перенормування Г. Бете, який 1947 р. теоретично обчислив зміщення рівнів енергії зв'язаних станів електрона в зовнішньому полі (лембівський зсув), який експериментально місяцем раніше виміряли У. Лемб (молодший) і Р. Різерфорд. Результати теорії та експерименту виявилися збіжними (Нобелівська премія з фізики 1955 р. У. Лембу). В тому ж році



Р. Хофштадтер

Г. Брейт висловив думку в дусі цієї ідеології, що електрон повинен мати аномальний магнітний момент, який виявили і виміряли в 1948 р. П. Каш і Г. Фоллі (Нобелівська премія з фізики 1955 р. П. Кашу). Завдяки розглянутим результатам концепція перенормування маси і заряду електрона утвердилася в теорії та уможливила пояснити чимало спостережуваних ефектів. На цій основі в 1946–1949 рр. С. Томонага, Ю. Швінгер і Р. Фейнман розробили сучасну форму КЕД (Нобелівська премія з фізики 1965 р.). В 1949 р. Р. Фейнман дав графічний метод, представлення амплітуд розсіювання і взаємного перетворення частинок, розвинутий тоді ж Ф. Дайсоном, який завершив формування КЕД [2].

В наступні роки Ф. Дайсон, А. Салам і М.М. Боголюбов побудували загальну теорію перенормувань. Широке застосування теорії перенормувань та КЕД сприяли і розвитку самої КТП, яка в наступні десятиліття набула майже сучасного вигляду. В ній активно почали використовуватися: ренормалізаційна група, математичний апарат якої розробили в 1954 р. Ч.М. Гелл-Манн і Ф. Лоу; калібрувальні поля, запроваджені 1954 р. Ч. Янгом і Р. Міллсом, які сформулювали першу неабеліву калібрувальну теорію поля (теорія (Янга–Міллса); перенормовані теорії.

В 1950 р. Х. Альфвен відкрив магнітогідродинамічні хвилі (передбачив у 1942 р.), вмороженість магнітного поля в космічну плазму, заклавши основи космічної електродинаміки, або

магнітної гідродинаміки (Нобелівська премія з фізики 1970 р.).

Бурхливо розвивалася в статистичній фізиці термодинаміка необоротних процесів, передусім пов'язана з ім'ям І. Прігожина (Нобелівська премія з хімії 1977 р.). В 1947 р. він ввів тут поняття виробництва ентропії і надав нового змісту другому початку термодинаміки, записавши його в іншому вигляді, сформулював теорему, з якої випливає новий критерій еволюції системи (критерій Прігожина) – виробництво ентропії для необоротних процесів у відкритій системі прямує до мінімуму (теорема Прігожина). Розглядаючи питання про стійкість фізичних систем, І. Прігожин відкрив того ж року новий тип динамічних станів матерії – дисипативні структури, до яких приводять необоротні процеси. Являють собою стійкі просторово неоднорідні структури, що виникають внаслідок розвитку нестійкості в однорідному нерівноважному дисипативному середовищі, розміри якого перевищують деякі критичні значення. Ці нестійкості «запускаються» флуктуаціями, які подекуди приводять до виникнення порядку. Не випадково, що його книга з співавторкою називається «Порядок з хаосу». В результаті І. Прігожин спільно з Й. Мейкснером і С. де Гроотом створив нерівноважну термодинаміку [2].

Використавши асимптотичні методи нелінійної механіки, М.М. Боголюбов одержав у статистичній фізиці низку важливих результатів. Так, у праці «Проблеми динамічної теорії в статистичній фізиці» (1946) він побудував досить повну теорію збурень для розв'язання різних її проблем, поширив її і на квантові системи та запропонував метод одержання кінетичних рівнянь – метод ланцюжків



П. Каш



У. Лемб



С. Томонага



Ю. Швінгер



Р. Фейнман

рівнянь для функцій розподілу комплексів частинок (метод Боголюбов – Борна – Гріна – Кірквуда – Івона), який дав можливість йому побудувати кінетичні рівняння для системи взаємодіючих частинок. А його ідея про ієрархію часів релаксації в багаточастинковій системі (1945) відіграла значну роль в описанні нерівноважних процесів, зокрема при вивченні їх різних стадій. В результаті М.М. Боголюбов заклав основи теорії кінетичних явищ [2].

В квантовій статистиці він розробив метод вторинного квантування і застосував його для визначення енергетичного спектра слабо збуджених квантових систем, побудувавши мікроскопічну теорію надплинності бозе-систем (1947). Теорія надплинності розвивалася також Л.Д. Ландау та його учнями, який запровадив поняття про квантові рідини і побудував їх фізику.

Надпровідність, відкрита Г. Камерлінг-Оннесам у 1911 р., тривалий час не діставала пояснення. В 1950 р. Л.Д. Ландау і В.Л. Гінзбург розробили феноменологічну теорію надпровідності, узагальнивши теорію Лондонів, розв'язали її основне протиріччя, пов'язане з неможливістю одержати додатну поверхневу енергію. За параметр порядку для надпровідного переходу вони обрали деяку скалярну комплексну Ψ -функцію, звідси

і назва їх теорії – Ψ -теорія, в якій одержано чимало фундаментальних результатів (Нобелівська премія з фізики 2003 р. В.Л. Гінзбургу) [2].

В експериментальній фізиці твердого тіла тривало відкриття нових резонансів. В 1951 р. К. Гортер спостерігав антиферромагнітний резонанс, в 1953 р. Дж. Дрессельхаус, А. Кіп і Ч. Кіттель – циклотронний резонанс у напівпровідниках, 1955 р. Р. Декстер та ін. – у металах. Відкриті резонанси мали велике значення для фізики і дістали застосування також у хімії, біології, медицині.

В 1951 р. відкрито ізотопічний ефект – залежність температури надпровідного переходу металу від його ізотопного складу (Е. Максвелл; К. Рейнольдс та ін.), який свідчив про зв'язок надпровідності з електронно-фононою взаємодією і відіграв певну роль в побудові в 1957 р. теорії надпровідності (БКШ). Електронно-фонону взаємодію передбачив Г. Фрьоліх і побудував її теорію (1950) незалежно від Дж. Бардіна (1951) (теорія Фрьоліха–Бардіна).

В 1946 р. С.І. Пекар запровадив уявлення про полярони у випадку сильного зв'язку. В 1946–1948 рр. А.Ф. Прихотько експериментально довела колективний характер поглинання світла молекулярними кристалами, який 1948 р. О.С. Давидов



Х. Альфвен



І. Пригожин



М.М. Боголюбов



В.Л. Гінзбург

співвідніс до екситонів Френкеля, тобто ідентифікував екситон як квазічастинку.

На цьому етапі бурхливого розвитку дістала фізика і техніка напівпровідників завдяки винайденню 1948 р. транзистора (Дж. Бардін, У. Браттейн). Цьому передувало створення в 30-і роки теоретичної бази напівпровідників, удосконалення методів очищення матеріалів, особливо германію й кремнію, та розробка у період війни методів керування електричними властивостями напівпровідників. В результаті в 1946 р. стало можливим виготовляти порівняно чисто полікристалічної матеріали і керувати їх електричними властивостями, вводячи відповідні кількості донорних і акцепторних домішок. В 1948 р. У. Шоклі і Дж. Пірсон виявили ефект, що став відігравати важливу роль у вивченні властивостей поверхонь на-

півпровідників та ініціював низку експериментів, кульмінацією яких стало створення 1948 р. точково-контактного транзистора – першого германієвого підсилювача (Дж. Бардін, У. Браттейн), в роботі якого значну роль відігравав відкритий транзисторний ефект – керування струмом у кристалічному детекторі зміною напруги на емітері в результаті чого інжектвані дірки збільшують струм колектора. В тому ж році було вирішено докладно вивчити $p-n$ -переходи – монокристали напівпровідників, у яких вміст донорів і акцепторів змінюється контрольовано. В 1950 р. розроблено технологію одержання дисконаліших монокристалів германію, в результаті було створено перший якісний $p-n$ -переход (в 1952 р. одержано монокристали кремнію). В 1949 р. У. Шоклі побудував нову теорію провідності напівпровідників,



Е. Максвелл



Г. Фрьоліх



Дж. Бардін



У. Браттейн



М.Г. Басов



О.М. Прохоров



Ч. Таунс



А. Кастлер

невдовзі підтверджено експериментально. Того ж року він запропонував площинний транзистор, що складався з двох $p-n$ -переходів, з'єднаних послідовно — $n-p-n$ або $p-n-p$ -транзистори. Вони з'явилися в 1951 р. і невдовзі витіснили точково-контактні. В 1956 р. У. Шоклі, Дж. Бардіні і У. Браттейн за дослідження напівпровідників і відкриття транзисторного ефекту 1956 р. удостоєні Нобелівської премії з фізики.

В наступні роки відбувалися удосконалення транзисторів, поліпшувалися їх характеристики, надійність в роботі, сфери застосування зростало їх виробництво. В 1951 р. У. Шоклі запропонував використовувати в транзисторах гетеропереходи. Бурхливий розвиток транзисторної електроніки швидко почав витісняти електронні лампи в багатьох радіотехнічних при-

строях. В 1954 р. побудовано першу ЕОМ на транзисторах [2].

В 40-х роках завдяки створенню і розвитку теорії нелінійних коливань (Л.І. Мандельштам, М.Д. Папалексі, О.О. Андронов та ін.), досягненням фізичної електроніки та електродинаміки остаточно було сформовано радіофізику як самостійний напрям, методи якої стали проникати в інші галузі фізики.

В 1954 р. створено принципово новий генератор електромагнітного випромінювання — квантовий, що використовує квантові системи та ефект індукованого (вимушеного) випромінювання, — молекулярний генератор на пучку молекул аміаку, або мазер (М.Г. Басов, О.М. Прохоров; Ч. Таунс та ін.) (Нобелівська премія з фізики 1964 р.). Цим було започатковано квантову електроніку. Її виникнення було підготовлено успіхами радіоспектроскопії, з якої вона «постала». Значну роль тут відіграли дослідження А. Кастлера та його групи основних і збуджених станів атомів, квантових переходів у них, когерентних ефектів тощо, а також розроблений ним метод оптичної накачки (Нобелівська премія з фізики 1966 р.). Основоположними тут були також ідеї А. Ейнштейна про спонтанне та індуковане випромінювання атомами (1916) та П. Дірака



У. Шоклі



Дж. Бардін

про тотожність квантів вимушеного і первинного випромінювань (1927). В 1951 р. Е. Парселл і Р. Паунд здійснили інверсію населеностей квантової системи і спостерігали індуковане випромінювання в радіодіапазоні. Вони

тоді ж запровадили важливе поняття від'ємної температури квантової системи, яка характеризує ступінь її збудження і широко використовується при описанні процесів у квантових приладах [2].

Фізика в Україні в 1945–1955 рр.

В зазначений період фізичні дослідження в Україні в основному проводилися в Харківському фізико-технічному інституті АН УРСР, Інституті фізики АН УРСР, щойно створеній в Києві Лабораторії металофізики АН УРСР та Науково-дослідному інституті фізики при Одеському університеті. Наприкінці 1955 р. на базі радіофізичного сектору УФТІ організовано Інститут радіофізики і електроніки АН УРСР, а Лабораторію металофізики АН УРСР перетворено на Інститут з тією ж назвою.

Нижче наводиться короткий і стислий огляд їх основних досягнень в післявоєнний період (1945–1955).

Харківський фізико-технічний інститут [31]. Як і до війни лідером у багатьох напрямках фізики залишався Харківський фізико-технічний інститут, директором якого з 1944 р. був К.Д. Синельников. У післявоєнні роки він був ідейним натхненником і керівником широкої прискорювальної програми для задач ядерної фізики. За

його безпосередньою участю створено низку лінійних прискорювачів електронів і протонів. У цьому напрямі прискорювальної техніки ХФТІ став провідним у СРСР. У 1951 р. запущено перший у країні лінійний прискорювач протонів на енергію 20 МеВ, а в 1952 і 1954 рр. – перші лінійні прискорювачі електронів на енергію відповідно 0,7 і 3,5 МеВ. Значну роль у створенні лінійних прискорювачів і проведенні на них досліджень відіграли роботи експериментаторів І.О. Гришаєва, В.Т. Толока, Л. Душина й теоретиків О.І. Ахієзера, Я.Б. Файнберга, М.О. Хижняка, К.М. Степанова та ін. Під керівництвом А.К. Вальтера в Інституті розвивався також напрям електростатичних прискорювачів. В 1953 р. тут запущено прецезійний прискорювач Ван де Граафа на енергію електронів 4 МеВ.

Значний цикл робіт розпочато К.Д. Синельниковим з учнями В.Є. Івановим, В.Ф. Зеленським, В.Амоненком, Є. Нечипоренком, Ф. Бусолом та ін. в галузі фізичного матеріалознавства. На початку 50-х років перевідкрито явище радіаційного росту урану (К.Д. Синельников, В.Ф. Зеленський), розпочато широкі дослідження берилію і магнієво-берилійових сплавів (В.Є. Іванов, І.І. Папіров, Г.Ф. Тихінський), закладено (1950–1952) фізичні основи вакуумної металургії та побудовано (1952–1953) вакуумні прокатні стани (К.Д. Синельников, В.Є. Іванов). У цей же період починає формуватися



В.Є. Іванов



В.Ф. Зеленський

і наукова школа К.Д. Синельникова в галузі експериментальної фізики.

Традиційно пріоритетним напрямом у ХФТІ є фізика і техніка низьких температур, його очолював Б.Г. Лазарєв. Дослідження проводились в широкому тематичному спектрі – надпровідність, фізика гелію, низькотемпературна міцність і пластичність, кінетичні й гальваноманітні явища в надпровідниках тощо. Зокрема, відкрито два типи поведінки надпровідників під тиском (Б.Г. Лазарєв та ін., 1944–1948 рр.), детекторні властивості надпровідників (Б.Г. Лазарєв, О.О. Галкін, 1948 р.), явище стрибкоподібного характеру загасання струму в надпровідному кільці при зміні температури (Б.Г. Лазарєв, О.О. Галкін, Я. Кан, 1951 р.), яке в значній мірі використовувалося при створенні надпровідних матеріалів, знайдено і вивчено ефект де Хааса–ван Альфена у широкій групі металів (Б.Г. Лазарєв, Б.І. Веркін), чим доведено його загальнометалічну природу. Б.Г. Лазарєвим та Б.Н. Єсельсоном розроблено (1950) ефективну методику виділення ізотопу ${}^3\text{He}$ з природного та розпочато докладні дослідження фазових діаграм He–He. В 1949–1951 рр. Б.І. Лазарєв і Є.С. Боровик виконали піонерські дослідження з розробки криоадсорбційного методу одержання високого вакууму. В 50 роках у ХФТІ починає формуватися і криогенна школа Б.І. Лазарева.

Теоретичну фізику ХФТІ очолювали керівники двох теоретичних відділів – О.І. Ахієзер та І.М. Ліфшиц, які в 50-ті роки започаткували тут свої наукові школи як дві гілки харківської теоретичної школи, початок якої поклав Л.Д. Ландау. В 1948 р. О.І. Ахієзер спільно з Я.Б. Файнбергом передбачив пучкову нестійкість плазми, в 1955 р. з О.Г. Ситенком –

дифракційне розщеплення дейтрона. Я.Б. Файнберг розробив теорію лінійних прискорювачів на біжучій хвилі і запропонував нові методи прискорення – змінно-фазове фокусування (1953) та прискорення хвилями густини заряду в плазмових хвилеводах і в некомпенсованих електронних та іонних пучках (1955).

В 1945–1952 рр. І.М. Ліфшиц створив послідовну теорію локальних збурень реального кристалу, зокрема вперше проаналізував фононний та електронний спектри кристалів з дефектами. В 1948 р. він розвинув теорію двійникування, а в 1950 р. показав, як квантується рух електрона зі складним законом дисперсії в магнітному полі (умова квантування Ліфшиця–Онсагера). В 1954 р. І.М. Ліфшиц і А.М. Косевич встановили зв'язок осциляцій магнітних властивостей металів з формою їх поверхні Фермі (формула Ліфшиця–Косевича), започаткувавши дослідження з сучасної електронної теорії металів.

Значних результатів досягнуто також у галузі радіофізики. А.О. Слуцкін, його учні та співробітники продовжували широкі дослідження і розробки зі створення магнетронних генераторів міліметрового діапазону імпульсної та неперервної дії.

«Після війни, повернувшись до Харкова, за ініціативою А.О. Слуцкіна його колектив зайнявся міліметровими хвилями і досяг досить важливих результатів, – згадував С.Я. Брауде. – До цієї роботи він залучив університетську молодь та уфінських аспірантів. Почавши, по суті, на порожньому місці, до кінця своїх днів А.О. Слуцкін прийшов з великими досягненнями. Колектив співробітників на чолі з А.О. Слуцкіним створив у СРСР практично всі основні елементи міліметрової радіотехніки».

В ці ж роки завершилося формування школи А.О. Слуцкіна, яка після його смерті в 1950 р. не розпалася. Перший



Б.І. Лазарєв



Б.І. Веркін



О.О. Галкін



Б.Н. Єсельсон

її напрям — «магнетронний» очолив О.Я. Усиков, інший напрям, пов'язаний з поширенням радіохвиль, — С.Я. Брауде. Створений А.О. Слуцьким сильний колектив радіофізиків, його школа та одержані ними результати привели до того, що 1955 р. на базі радіофізичного сектору ХФТІ створено Інститут радіофізики і електроніки АН УРСР, який очолили його учні — О.Я. Усиков і С.Я. Брауде [32].

Згідно з постановою Ради Міністрів СРСР від 13 серпня 1955 р., ХФТІ було залучено до виконання завдань, пов'язаних з розробкою ракети Р-12 в ОКБ-586, зокрема зі створенням теплозахисних засобів для її відокремлюваної головної частини й корпусу та матеріалів для газових рулів.

Інститут фізики АН УРСР [33]. В 1946 р. С.І. Пекар в Інституті запровадив поняття полярона і побудував

у 1946–1950 рр. теорію поляронів у границі сильного зв'язку, фундаментом якої стало рівняння для визначення енергетичного спектра полярона (рівняння Пекаря) та формула для ефективної маси полярона (формула Пекаря–Ландау). У 1951 р. він спільно з М. Дейгеном запропонував метод деформаційного потенціалу, а в 1949–1953 рр. з учнями заклав основи теоретичної оптики кристалів з дефектами. В 1953 р. С.І. Пекар і М.О. Кривоглаз розвинули загальну теорію форми смуг домішкового поглинання в кристалах і передбачили дуже вузьку безфононну лінію в його спектрі (оптичний аналог ефекту Мессбауера).

В 1946–1948 рр. тут А.Ф. Прихотько експериментально відкрила колективний характер поглинання світла молекулярними кристалами. Спираючись на цей результат і поняття екситона, запроваджене у фізику 1931 р. Я.І. Френкелем, О.С. Давидов побудував (1948) теорію поглинання світла молекулярними кристалами і передбачав розщеплення невироджених молекулярних термів (давидовське розщеплення). Наслідком цього було експериментальне відкриття екситона Френкеля і започаткування фізики екситонних станів, яка в Києві в подальшому дістала бурхливого розвитку.



О.І. Ахієзер



І.М. Ліфшиць



О.Я. Усиков



С.Я. Брауде



С.І. Пекар



О.С. Давидов

В Інституті В.Є. Лашкар'єв вперше спостерігав (1946) біполярну дифузію нерівноважних носіїв струму, заклав (1949–1952) основи вчення про фотоерс і спільно з В.І. Ляшенком розпочав піонерські дослідження поверхневих явищ у напівпровідниках. З 1950 р. тут значного розвитку дістають дослідження германію. В ці післявоєнні роки починає формуватися і наукова школа В.Є. Лашкар'єва в галузі фізики і техніки напівпровідників.

Н.Д. Моргуліс з учнями і співробітниками продовжував роботи з фізики поверхні, розпочавши систематичні дослідження електронно-адсорбційних явищ на металах. В 1949 р. він спільно з П. Марчуком відкрив явище термоemisійного перетворення енергії, чим започаткував новий напрям в енергетиці. У ці ж роки проводжувала формуватися його школи з фізичної електроніки.

Лабораторія металофізики АН УРСР [34]. Після переведення в 1944 р. Дніпропетровського фізико-технічного інституту АН УРСР до Москви і включення його до складу Центрального науково-дослідного інституту металургії як Інститут металознавства і фізики металів на чолі Г.В. Курдюмовим ряд його співробітників (В.І. Данилов, В.Н. Гріднев, О.З. Голик, Г.В. Радчен-

ко та ін.) повернувся з Магнітогорська працювати в Україну, ставши з часом відомими фахівцями в галузі фізики твердого тіла і металознавства (В.І. Данилов вже тоді був авторитетним спеціалістом з фізики рідкого стану).

Щодо Г.В. Курдюмова, то хоч він і працював у Росії, очолюючи названий вище Інститут, однак його вплив на металознавчі дослідження в Україні залишався визначальним. Він ініціював створення Лабораторії металофізики АН УРСР, подавши 22 серпня 1945 р. до Раднаркому УРСР доповідню про необхідність організації в системі Академії наук УРСР названої вище лабораторії.

«Значні успіхи вчення про метали й сплави в останні два десятиріччя зобов'язані головним чином розвитку фізичних методів дослідження, особливо рентгенівських, і створенню фізичних уявлень про властивості металів і сплавів і процесах, що відбуваються при різного роду їх обробки, – писав він. – Нині стало можливим вирішувати питання поліпшення властивостей металів, створення нових сплавів і способів їх обробки на основі глибокого розуміння фізичних явищ у металах і сплавах, тоді як ще нещодавно вдосконалення властивостей металів відбувалося головним чином емпіричними шляхами. В зв'язку зі швидко зростаючою роллю фізики в науці про метали необхідно широко розвивати науково-дослідні роботи в галузі фізики металів і готувати кадри фізиків-металознавців. Приймаючи до уваги викладене вище і відсутність в Україні науково-дослідного центру з фізики металів, доцільно створити в системі Академії наук УРСР спеціальну Лабораторію металофізи-

ки, враховуючи наявність у складі Академії наук УРСР провідних спеціалістів у цій галузі. В найближчий час передбачено організувати три відділи Лабораторії – відділи фазових перетворень; кристалізації; дифузії, що відповідають основним напрямам сучасного металознавства... [35].

В результаті постановами Раднаркому УРСР від 15 листопада 1945 р. та Президії АН УРСР від 21 грудня 1945 р. на базі відділу металофізики Інституту чорної металургії АН УРСР, лабораторії кристалізації Інституту металознавства і фізики металів (Москва) та відділу дифузійних процесів Інституту фізики АН УРСР організовано Лабораторію металофізики АН УРСР зі статусом науково-дослідного інституту. В її складі було три відділи: фазових перетворень (завідувач Г.В. Курдюмов); кристалізації (В.І. Данилов); дифузії (С.Д. Герцрікен), 1950 р. в ній організується відділ теорії твердого тіла (А.А. Смірнов).

В Лабораторії досліджувалися основні фізичні явища, що відбуваються під час гартування та відпуску сталі, при дифузії та кристалізації металів і сплавів, зокрема питання кінетики зародження центрів на твердій поверхні та в переохолодженні розчинах. Г.В. Курдюмов передбачив (1948) і спільно з Л.Г. Хандросом відкрив (1949) термопружну рівновагу при фазових перетвореннях мартенситного типу (ефект Курдюмова). Значний цикл робіт проведено В.І. Даниловим з учнями в галузі процесів кристалізації. У ці ж роки завершено створення його школи у фізиці рідкого стану.

В 1945–1951 рр. керівником Лабораторії був Г.В. Курдюмов, який мав в Україні багато учнів і послідовників і створив тут Київську металознавчу школу. Ї не випадково, що організований 1955 р. на базі Лабораторії Інститут металофізики АН УРСР носить його



Г.В. Курдюмов



В.І. Данилов

ім'я. В 1951–1954 рр. очолював Лабораторію В.І. Данилов. Після створення на її базі Інституту його першим директором був у 1955 р. А.А. Смірнов, з вересня 1955 р. його очолював В.Н. Гріднев.

В 1955 р. в Інституті функціонувало 6 відділів: фазових перетворень (Г.В. Курдюмов), кристалізації та ультразвуку (А.О. Лашко), металознавства (В.М. Свечников), дифузії (С.Д. Герцрікен), термофізичних досліджень (В.Н. Гріднев), теоретичний (А.А. Смірнов).

Вже в 1955 р. А.А. Смірнов і М.О. Кривоглаз побудували теорію дифузії в упорядкованих сплавах і передбачили низку ефектів, пов'язаних з впливом упорядкування на дифузію, згодом виявлених експериментально.

М.М. Боголюбов (тоді професор Київського університету) розробив асимптотичні методи нелінійної механіки і переніс їх у статистичну фізику, де вони дістали подальшого розвитку і привели до низки принципових і важливих результатів. В основоположній роботі «Проблеми динамічної теорії в статистичній фізиці» (1946) він побудував досить загальну форму теорії збурень для розв'язання різних питань статистичної фізики, узагальнив її на квантово-механічні системи, розробив метод одержання кінетичних рівень для систем взаємодіючих частинок і заклав осно-

ви сучасної теорії кінетичних явищ. М.М. Боголюбовим також висунуто й обґрунтовано фундаментальну ідею про ієрархію часів релаксації в системі багатьох частинок, яка відіграє значну роль в статистичному описанні нерівноважних процесів. У 1947–1948 рр. він розробив мікроскопічну теорію надплинності бозе-систем.

Науково-дослідний інститут фізики при Одеському університеті. В післявоєнні роки розширилася проблематика Інституту і включила вивчення властивостей іонних кристалів і фотографічних матеріалів, фізику аеродисперсних систем, напівпровідникову електроніку. Виконано цикл досліджень спектрів поглинання тонких слабкозабарвлених під дією світла шарів галюїдного

срібла (Е.А. Кириллов, Т.Я. Сера, Е.А. Нестеровська, С.Я. Плотицер, 1946–1953 рр.), а Е.А. Кирилловим виявлено тонку структуру спектрапоглинання фотохімічного забарвлення галюїдного срібла. У 1954 р. Т.Я. Сера та А.Г. Гуменюк, показали, що інтенсивність максимумів смуг поглинання зменшується зі зниженням температури. Методику, розроблену при дослідженні тонкої структури, використано при вивченні фотографічних процесів. Г.Л. Михневич зі співробітниками розробляв теорію кристалізації переохолоджених рідин [36]. У ці роки в Інституті Е.А. Кирилловим починає формуватися школа з наукової фотографії [37].

1. Кульчицький С., Павленко Ю., Руда С., Храмов Ю. Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному контексті. 1918–1988. – К.: Фенікс, 2000.

2. Храмов Ю.О. Фізика. Історія фундаментальних фізичних ідей, теорій і відкриттів. – К.: Фенікс, 20015. – 2-е вид.

3. Курчатов И.В. Избранные труды. – М.: Наука, 1982–1984. – 3 т.

4. История советского атомного проекта. Документы, воспоминания, исследования. – М. – Янус. – 1998. – вып. 1.

5. Храмов Ю.А. Военно-политические и научно-технические предпосылки активизации работ в ядерной и ракетной науке и технике в СССР в 1945–1954 годах с целью создания ракетно-ядерного оружия // Наука и науковедение, 2015, №3, с. 95–122.

6. Атомный проект СССР. Документы и материалы. – М. – Саров: Физматлит – ВНИИ. 1999. – Т. II, кн. 1.

7. Создание первой советской ядерной бомбы. – М.: Энергоатомиздат, 1995.

8. Храмов Ю.А. История физики. – К.: Фенікс, 2006.

9. Атомный проект СССР. Документы и материалы. – М. – Саров: Физматлит – ВНИИ, 2005. – Т. II, кн. 5.

10. Круглов А.К. Как создавалась атомная промышленность СССР. – М.: ЦНИИ атоминформ, 1995.

11. Наука и общество: история советско-

го атомного проекта (40–50-е годы) / Труды Международного симпозиума ИСАП-96. – М.: Изд АТ, 1999.

12. Гончаров Г.А. Основные события истории создания водородной бомбы в СССР и США // УФН. 1996. №10, с. 1095–1104.

13. Харитон Ю.Б., Адамский В.Б., Смирнов Ю.Н. О создании советской водородной (термоядерной) бомбы // УФН, 1996, №2, с. 201–205.

14. УФН, 1991, №5.

15. Атомный проект СССР. Документы и материалы. – М.: Физматлит, 2008. – Т. III. Водородная бомба (1945–1956), кн. 1.

16. Гончаров Г.А. К истории создания водородной бомбы // УФН, 1997, №8, с. 903–912.

17. Сахаров А.Д. Воспоминания. – М.: Права человека, 1996. – 2 т.

18. Андрей Дмитриевич. Воспоминания о Сахарове. – М.: «Терра», 1990.

19. Зарубіжні вчені – вихідці з України в галузі фундаментальних і технічних наук. – К.: Фенікс, 2017.

20. Создатели ядерного оружия. КБ-11. – Саров: Изд-во РФЯЦ – ВНИИЭФ, 2004.

21. Храмов Ю.А. Начальный этап ракетно-космической науки и техники // Наука и науковедение, 2015, №4.

22. Храмов Ю.А., Костюк Г.Г., Мушкало Ю.И. Пионеры ракетно-космической науки и техники // Наука и науковедение, 2016, №2, с. 86–110.

23. Задача особой государственной важности. Из истории создания ракетно-ядерного оружия и Ракетных войск стратегического назначения (1945–1959). Сборник документов. – М.: Российская политическая энциклопедия, 2010.
24. Волков Е.Б., Филмонов А.А., Бобырев В.Н., Кобяков В.А. Межконтинентальные баллистические ракеты СССР (РФ) и США. История создания, развития и сокращения. – М., 1996.
25. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны. – М.: Машиностроение, 1999. – 2-е изд.
26. Творческое наследие академика С.П. Королева. Избранные труды и документы. – М.: Наука, 1980.
27. Академик С.П. Королёв. Ученый, инженер, человек. – М.: Наука, 1987.
28. Однажды и навсегда: документы и люди о создателе ракетных двигателей и космических систем Валентине Петровиче Глушко. – М.: Машиностроение, 1998.
29. Конструкторское бюро «Южное» (1954–2014). – Днепропетровск, 2014.
30. Быстрова И.В. Военно-промышленный комплекс в экономике СССР в годы холодной войны. – М.: ИРИ РАН, 2000.
31. 50 лет Харьковскому физико-техническому институту АН УССР. – К.: Наук. думка, 1978.
32. Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины. 50 лет. – Харьков, 2005.
33. Інститут фізики НАН України. 80 років. – Львів: Євровіт, 2009.
34. Институт металлофизики АН УССР. – К.: Наук. думка, 1980.
35. ЦДАДО України, ф. 2, ок. 7, спр. 2739, арк. 61–62.
36. Історія Одеського університету за 100 років. – К.: Вид-во Київ. ун-ту, 1968.
37. Грушицька І.Б., Сухотеріна Л.І. Є.А. Кириллов – фундатор Одеської школи наукової фотографії // Наука і наукознавство, 2015, №3, с. 129–137.

СРСР ТА УКРАЇНА В ПЕРІОД «ВІДЛИГИ» (1956–1964)

Суспільно-політичний контекст

14–25 лютого 1956 р. відбувся XX з'їзд КПРС, на якому виступив перший секретар ЦК КПРС М.С. Хрущов з доповіддю про культ особи Й. Сталіна. Більшість партійців та пересічних громадян СРСР була нею шокована, і XX з'їзд КПРС запам'ятався всім саме завдяки цій промові, яка розвінчувала культ особи Сталіна й започаткувала масові реабілітації та звільнення в'язнів з концтаборів, безпідставно звинувачених у попередні роки. У країні розгорнулася кампанія десталінізації – процес, який з легкої руки популярного в ті часи радянського письменника І.М. Еренбурга дістав назву «відлиги». 30 червня 1956 р. прийнято постанову ЦК КПРС «Про подолання культу особи та його наслідків».

Невдовзі М.С. Хрущов розпочав боротьбу за реорганізацію загальносоюзних міністерств та скорочення її кількості, що викликало опір з боку практично всіх членів Президії ЦК, але йому вдалося на грудневому 1956 р. пленумі ЦК провести рішення про надання більшої самостійності Радам Міністрів і міністерствам союзних республік. Для України це мало значні позитивні наслідки, оскільки її керівництво з другої половини 50-х років отримало помітно більшу свободу в прийнятті рішень щодо проблем внутрішнього життя республіки. На лютовому 1957 р. Пленумі ЦК М.С.Хрущов з новою силою наполягав на необхідності проведення значної децентралізації керування виробни-

цтвом. Спираючись на рядових членів ЦК, він більшістю голосів провів відповідні рішення. В результаті прихильники М.С. Хрущова склали більшість і в Раді Міністрів СРСР, і він уже міцно спирався на номенклатуру союзних республік, передусім українську.

За таких умов В.М. Молотов, Л.М.Каганович і Г.М. Маленков – найближчі соратники Сталіна не могли спокійно дивитися, як влада вислизає з їх рук і вони відтискуються на другорядні ролі. Користуючись відсутністю в Москві трьох членів Президії ЦК з хрущовського оточення, вони домоглися 18 червня її скликання і висунули вимогу переобрати М.С. Хрущова, вважаючи його політику на посаді першого секретаря ЦК як «троцькістську та опортуністичну». Але М.С. Хрущову і його прихильникам вдалося відтягнути голосування на кілька днів. Коли ж Президія зібралася в повному складі, він заявив, що таке рішення має приймати тільки Пленум ЦК КПРС. Він відбувся 22 червня 1957 р., на ньому ставленики і прихильники М.С. Хрущова склали помітну більшість. Пленум за його поданням прийняв рішення про засудження «антипартійної групи» у складі Маленкова, Кагановича і Молотова, вивів їх із складу членів Президії ЦК і членів ЦК КПРС. Перемога була повною, тим більше, що М.С. Хрущова підтримували міністр оборони Г.К. Жуков та вище командування Радянської Армії.

Після цього М.С. Хрущову для утвердження майже одноосібної влади необхідно було позбутися також Г.К. Жукова, що і було зроблено 26 жовтня 1957 р. М.С. Хрущов звинуватив його у бонапартизмі, Г.К. Жукова було усунуто з усіх посад і відправлено у відставку.

Після XX з'їзду КПРС реабілітації в СРСР набули масового характеру, і переважну більшість політв'язнів було звільнено в тому ж 1956 р. Цей процес мав велике громадське і соціально-психологічне значення. В суспільстві знову почали відроджуватися моральні поняття, сплюндровані і відкинуті номенклатурою в часи сталінського деспотизму. Між тим питання про обмеження панування номенклатури ще не набуло суспільного значення. Отримавши майже одноосібну владу у КПРС, М.С. Хрущов став роздмухувати гасло повернення до «ленінських норм» партійного життя. Офіційна пропаганда почала створювати ідеалізований образ Леніна як альтернативу Сталіну.

Водночас впродовж 1956–1958 років, новий лідер радянської номенклатури послідовно зміцнював свої владні позиції. Істотним кроком на цьому шляху стало призначення його головою Ради Міністрів СРСР 27 березня 1958 р. після усунення з цієї ключової посади М.О. Булганіна. З цього моменту і до жовтня 1964 р. М.С. Хрущов обіймав обидві найважливіші у радянській системі посади – першого секретаря ЦК КПРС і голови Ради Міністрів СРСР, що робило його владу майже такою ж необмеженою, якою була влада Сталіна. Інша річ, що він не користувався нею для знищення та ув'язнення мільйонів людей, але і за часів його правління мали місце криваві ексцеси, зокрема

розстріл робітників Новочеркаська 2 червня 1962 р., які протестували проти зниження життєвого рівня, викликаного підвищенням цін на продукти харчування.

Реабілітація торкнулася не тільки мільйонів раніше засуджених громадян, а й окремих народів депортованих наприкінці війни. У своїй доповіді на XX з'їзді КПРС М.С. Хрущов висловив «обурення» з приводу депортацій під час війни карачаївців, балкарців та калмиків, але обійшов мовчанкою етнічні групи, які постраждали від такої політики, – чеченців, інгушей, кримських татар, а також німців, литовців, латишів, естонців, мешканців західних областей України і Білорусії, висланих у східні райони СРСР. Найрішучіше тоді повели себе чеченці та інгуші, які попри всі заборони і погрози почали масово повертатися на батьківщину. Влада змушена була відступити, і їм 1956 р. було відновлено національну автономію.

Трагічнішою виявилася доля кримсько-татарського народу, якому було відмовлено в праві повернутися на рідну землю. Кримську область за указом Президії Верховної Ради СРСР від 19 лютого 1954 р. передано зі складу РРФСР до складу УРСР. Цю подію було приурочено до помпезних святкувань 300-річчя підписання Переяславської угоди між Україною та Російським царством, так званого «возз'єднання України з Росією».

В період «відлиги» морально-політична атмосфера в СРСР у цілому, зокрема в Україні, набула якісно нового забарвлення. Почали проникати культурні віяння з Заходу. Але в Україні ці процеси розгорталися повільніше, ніж у центрі, оскільки були обтяжені місцевою специфікою. Якщо в Росії реабілітовані були практично всі жер-

тви сталінського терору, то в Україні – тільки 58%, а за межею виправдан-ня залишилися жертви репресій 20 – початку 30-х років та учасники руху опору 40 – початку 50-х років. Фактично реабілітація не торкнулася тих, кого було звинувачено у націоналізмі. Більше того, політичні репресії, спрямовані проти національно орієнтованих громадських діячів, зокрема тих, хто відкрито висловлювався за вихід України зі складу СРСР (Л. Лук'яненко, І. Кандиба та ін.), продовжувалися і в другій половині 50 – на початку 60-х років. Не вщухала також ідеологічна кампанія боротьби з націоналізмом, особливо галаслива в західних областях республіки.

Попри все це зрушення в Україні за цих часів були виразними. Наслідком, зокрема, була значна «українізація» місцевої номенклатури, більше за персональним складом, але деякою мірою і в мовному відношенні. Республіка отримувала все більше автономії. Важливою на цьому шляху була постанова ЦК КПРС і Ради Міністрів СРСР про реорганізацію міністерств СРСР у зв'язку з передачею підприємств низки галузей народного господарства у відання союзних республік. Внаслідок політики децентралізації управління господарством в СРСР за ініціативою М.С. Хрущова в 1957 р. утворено 105 економічно-адміністративних районів, з яких 11 припадало на Україну, 25 союзних міністерств скасовано. Територіальний принцип керування господарством впроваджувався замість надмірно централізованого, міністерсько-галузевого. Під контроль раднаргоспів України було передано понад 10 тис. промислових підприємств, і на кінець 1957 р. вони контролювали 97% заводів і фабрик у республіці.

Тоді ж відбулися істотні кадрові зміни в керівництві республікою. 26 грудня 1957 р. пленум ЦК Компартії України звільнив від обов'язків першого секретаря ЦК О.І. Кириченка, місце якого зайняв М.В. Підгорний. 28 лютого 1961 р. з посади голови Ради Міністрів УРСР звільнено Н.Т. Кальченка. Головою Ради Міністрів тоді ж призначено В.В. Щербицького, який не сходив з олімпу найвищої влади республіки до кінця «перебудовних» часів. Створення раднаргоспів надавало місцевим номенклатурам значної самостійності у вирішенні економічних, соціальних і культурних питань, підвищувало їх статус.

Заходи по децентралізації та про-будження регіональних ініціатив швидко принесли позитивні результати, особливо у сільському господарстві. Так, у 1958 р. порівняно з 1953 р. валовий збір зерна в Україні зріс на 28%, а обсяг валової сільсько-господарської продукції порівняно з 1950 р. – на 65%. Неабияку роль в цьому відігравали підвищення зарплат колгоспникам і розвиток їх присадибних господарств. При цьому значно зріс життєвий рівень робітників, дещо меншою мірою – службовців. Так, протягом 1951–1958 рр. середні прибутки робітника зросли на 230%. Значним зрушенням у житті мешканців міст став початок широкого житлового будівництва, спрямованого на розв'язання житлової проблеми. Багато родин переселилося з підвальних та напівпідвальних приміщень у будинки («хрущовки»). Підвищилися темпи електрифікації сіл, ширшим стало шляхове будівництво та транспортне обслуговування, особливо в сільській місцевості.

Однак це зовсім не означало радикального відходу від командно-адмі-

ністративної системи керування народним господарством, що склалася в попередні десятиліття. Навпаки, певна децентралізація компенсувалася прийняттям і примусовим проведенням у життя волонтаристських, науково необґрунтованих рішень. Класичними прикладами цього є «кукурудзяна епопея», галасливі кампанії по здачі державі м'ясо-молочної продукції тощо. Все це швидко почало гальмувати піднесення сільськогосподарського виробництва, і впродовж 1958–1964 рр. обсяг валової продукції сільського господарства республіки зріс тільки на 3%.

Отже, за хрущовських часів в економіці складалася суперечлива ситуація. З одного боку, він сам проявив неабияку енергію в справі обмеження кількості та повноважень загальносоюзних міністерств та проведенню заходів по децентралізації економіки країни, що швидко дало позитивні наслідки. З іншого боку, М.С. Хрущов своїми невиваженими діями та несподіваними і непідготовленими рішеннями блокував нормальний розвиток виробництва.

Згадані процеси безпосередньо пов'язані також зі ставленням до нього центральної та республіканської номенклатур. На початку «відлиги» їх представники у своїй більшості підтримували його особисто та той політичний курс, який проводився з його ініціативи. Завдаючи ударів по верхівці старої номенклатури у Москві, М.С. Хрущов відкривав дорогу до відповідальних посад представникам номенклатури другого ешелону, розкривав для партійних і господарських керівників на місцях, головним чином на республіканському рівні, широкий простір для ініціативи та прийняття самостійних рішень. Тому

на кілька років він став визнаним лідером правлячих верств радянського суспільства.

Але невдовзі ситуація почала змінюватися для нього в гірший бік. Апаратники, які зайняли свої посади при його підтримці або його безпосередніх ставлеників, почали відчувати себе у своїх нових кріслах впевнено і комфортно, не побоюючись повернення до влади своїх усунутих попередників або можливих масових репресій з боку силових структур. За таких умов бурхлива реорганізаційна діяльність М.С. Хрущова, до того ж не завжди корисна для справ, схильність до частих кадрових змін почала дратувати номенклатурну бюрократію, яка прагнула перш за все до стабілізації власного становища. Обурювало її і те, що в суспільстві складалася незалежна громадська думка, у пресі з'являлися критичні статті, навіть про діяльність керівників вищих рангів.

Сам він поводив себе на межі 50–60-х років вкрай непослідовно. З одного боку, на XXII з'їзді КПРС, який проходив 17–31 жовтня 1961 р., він підтвердив курс на десталінізацію, і тіло Сталіна було винесено з мавзолею. У руслі цієї політики проводив роботу журнал «Новий мір», де у листопаді 1962 р. з'явилася повість О. Солженіцина «Один день Івана Денисовича». З другого боку, з санкції М.С. Хрущова восени 1958 р. у засобах масової інформації розв'язано брутальну кампанію цькування Б.Пастернака, роман якого «Доктор Живаго», надрукований на Заході, було відзначено Нобелівською премією з літератури. Це обурило інтелігенцію та сприяло формуванню в її середовищі більш негативного ставлення до радянського лідера. Черговим кроком у напрямку відчуження творчої інте-

лігенції від нього була спровокована ним кампанія критики модерного мистецтва.

Почались і критичні звернення до нього з боку провідних учених, зокрема академіка А.Д. Сахарова, який в грудні 1958 р. закликав радянське керівництво та його особисто покінути з випробуваннями водневої бомби. В цьому контексті своє місце знаходить і виступ 7 вересня 1961 р. на партійній конференції в Москві начальника кафедри Військової академії ім. М.В.Фрунзе генерала П. Григоренка, який попереджував щодо небезпеки нового культу особи.

Передова частина суспільства, чию енергію було пробуджено потужним імпульсом розвінчання «культу особи», прагнула йти вперед і відчувала для цього в собі достатні творчі сили. Але М.С. Хрущов та його оточення немовби злякалися цих несподівано для них пробуджених сил і намагалися їх приборкати, взяти в партійно-ідеологічні шори. Це вело до неминучого конфлікту між хрущовським керівництвом та інтелігенцією, особливо її молодого частиною, представники якої невдовзі дістали назву «шестидесятників».

Ситуація в Україні у цьому аспекті мала свою специфіку порівняно з російським центром. Останній ні на рівні партноменклатури, ні на рівні творчої інтелігенції тоді не цікавився національними проблемами, але для України, як і для деяких інших національних республік, вони зберігали свою актуальність. В межах СРСР утворювалися національно-політичні структури, з якими карні органи розправлялися з надзвичайною жорстокістю. Протягом 1954–1959 рр. в Україні притягнуто до судової відповідальності і піддано різним формам

переслідувань за «антирадянську діяльність» близько 3500 осіб. Зокрема, на початку 1961 р. заарештовано групу львівських юристів, які збиралися агітувати за конституційний вихід України зі складу СРСР. Членів цієї групи – «Української спілки робітників і селян» (Л. Лук'яненко, І. Кандибу, С. Віруна та ін.) звинуватили у «зраді Батьківщини» і засудили на максимальні строки ув'язнення.

В тому ж році КДБ викрив у Львові підпільну організацію «Український національний центр», керівника якої розстріляли, а членів засудили до значних строків ув'язнення. Однак ці справи не мали широкого резонансу в українському суспільстві за межами західних областей. Більший розголос набули виступи молодих тоді українських літераторів, які виступили з новаторськими творами, – Л. Костенко, В. Симоненко, І. Драч, М. Вінграновський та багато інших. По-новому розкрився талант і таких вже визнаних митців, як О. Довженка і В. Сосюри. Сміливішу громадянську позицію щодо розширення сфери функціонування української мови, зайняли класики української поезії радянських часів, зокрема М.Т. Рильський.

Це пробудження національно-культурно-мовної свідомості також входило у протиріччя з офіційним курсом хрущовського керівництва, яке 1958 р. під гаслом наближення освіти до реалій життя взяло курс на переведення вивчення національних мов, зокрема української, на факультативну основу. Національно орієнтована частина інтелігенції була цим обурена, і фактично таке рішення не було впроваджено у життя. Отже, об'єктивно М.С. Хрущов впродовж свого правління втрачав підтримку не тільки партноменклатури, а й інтеліген-

ції, налаштованої як загальнодемократично, так і національно.

Специфічно склалися відносини М.С. Хрушова з Академією наук СРСР. В травні 1959 р. він захопився ідеєю реорганізації АН СРСР шляхом її роздроблення на кілька академій, яка не залишала його і в подальшому. Норавливість АН СРСР та її «неслухняність» з низки питань наприкінці квітня 1961 р. призвела до чергового конфлікту і чергової погрози М.С. Хрушова «розпустити» Академію. В результаті її президент О.М. Несмеянов вимушений був піти у відставку. В квітні 1963 р. М.С. Хрущов подав до Президії ЦК КПРС проект записки «З питань подальшого розвитку науки». Проект було надіслано для зауважень і пропозицій президенту АН СРСР М.В. Келдишу, президенту АН УРСР Б.Є. Патону, голові Сибірського відділення АН СРСР М.О. Лаврентьеву та голові Державного комітету з координації науково-дослідних робіт К.М. Рудневу. Відповіді невдовзі було одержано, проаналізовано та враховано в новому варіанті «Записки», проте М.С. Хрущов вирішив питання «відкласти».

Після нової «виходки» академіків, коли на Загальних зборах АН СРСР 26 червня 1964 р. завдяки виступам В.О. Енгельгарда, А.Д. Сахарова і І.Є. Тамма було забалотовано в академіки М.І. Нуддіна, палко підтримуваного Т.Д. Лисенком, а його самого розкритиковано як винуватця ганебного відставання радянської біології, зокрема генетики, від світової, М.С. Хрущов виступив 11 липня 1964 р. на Пленумі ЦК КПРС, хоч виступ його не передбачався, з вимогою прийняття радикальних рішень стосовно Академії наук. Зокрема, він сказав:

«...Для політичного керівництва, я вважаю, у нас досить нашої партії та Центрального Комітету, а якщо Академія наук буде втручатися, ми розгонимо Академію наук до дідька, оскільки Академія наук, якщо так говорити, нам не потрібна, наука повинна бути в галузях виробництва, там вона з більшою користю йде, це необхідно було для буржуазної російської держави... Зараз, в соціалістичних умовах, це віджило своє, це придаток і проявляє він себе досить погано» [2].

Однак Академія наук вистояла як окрема структура і збагатила науку значною кількістю фундаментальних результатів. І, як не парадоксально, але в період перебування М.С. Хрушова на вищому щаблі влади фундаментальна наука в СРСР, зокрема в Україні, бурхливо розвивалася.

Уповільнення на межі 50–60-х років темпів приросту сільськогосподарського виробництва вимусило хрущовське керівництво підвищити ціни на деякі вироби харчової промисловості. Це, як і незадовільний стан з постачанням харчових продуктів у міста та промислові селища міського типу, відчутно вдарило по рівню життя робітників. У багатьох містах почалися стихійні виступи протесту і страйки. Найтрагічнішим у цьому процесі був розстріл 2 червня 1962 р. демонстрації робітників Новочеркаська, які виступили з протестами проти зниження життєвого рівня. Але робітничий рух на цьому не припинився, і у 1963 р. робітничі страйки та вуличні демонстрації мали місце у Кривому Розі, Донецьку, Краснодарі, Грозному, Муромі, Ярославлі, навіть у Москві.

Так само глухе незадоволення накопичувалося і серед селянства. Від хрущовського керування вони зазнавали майже щорічних утисків і безпідставних нововведень, які торкалися, зокрема, їх права на утримання худо-

би, сінокосів тощо. На це накладася чергова антирелігійна кампанія, яка розпочалася в СРСР 1958 р. і зачепила багато на той час ще діючих церков (особливо по селах), які масово почали зачинятися. Це також налаштовувало селянство проти хрущовського керівництва.

Певну роль у дискредитації М.С. Хрущова відіграла і його авантюристична зовнішня політика. До початку 60-х років позиції СРСР у світі в цілому зміцнилися. Але, з іншого боку, різкі і подекуди невважені кроки М.С. Хрущова на міжнародній арені періодично створювали в радянському суспільстві зайве напруження. Так, чутки про нову неминучу війну почали поширюватися на початку 60-х років під час Карибської кризи – жорсткого протистояння СРСР і США на Кубі, яке особливо загострилося в жовтні 1962 р. у зв'язку з розміщенням тут радянських ядерних балістичних ракет, спрямованих у бік США.

В цей період СРСР перший створив термоядерну бомбу (1955), більш руйнівну та жакливу за атомну, а також бойові міжконтинентальні балістичні ракети для її доставки в будь-яку точку земної кулі (1957). Колишне відставання СРСР від США в ракетно-ядерному озброєнні внаслідок такого ривка було ліквідовано, що стало потрясінням для Заходу на чолі з США, проте водночас це призвело у рамках холодної війни, протистояння СРСР і США до чергового витка ракетно-ядерної гонки озброєнь, що зумовило надмірні військові витрати та вплинуло на різні сторони життя обох країн.

Створення в СРСР термоядерної зброї та міжконтинентальних балістичних ракет доставки термоядерних зарядів у будь-яку точку земної кулі,

тобто ракетно-ядерного щита, сталося в результаті успішної реалізації атомних і ракетних проєктів, водночас це започаткувало і формування сучасного військово-промислового комплексу (ВПК) та його бурхливий розвиток, який забирав на себе значні матеріальні та ін. ресурси, хоч і фінансував чимало фундаментальних наукових досліджень і розробок. Він являв собою альянс військової промисловості, армії та пов'язаної з ними частин державного апарату й науки, значно впливав на внутрішню і зовнішню політику країни та був своєрідним індикатором ступеня її мілітаризації.

Істотну роль у дискредитації М.С. Хрущова відіграла і продовольча криза 1963–1964 рр. Підтримуючи комуністичні, радикал-соціалістичні та націоналістично-антиколоніальні рухи в світі, хрущовське керівництво витратило на це величезні кошти, в тому числі й значну кількість харчових продуктів, що не доходили до вітчизняного споживача, який не приховував свого обурення. До того ж абсурдні рішення директивного плану щодо сільського господарства негативно відбивалися на його стані і гальмували розвиток. А хрущовське захоплення розширенням посівів кукурудзи, як і його інші численні «ініціативи», набували широкого резонансу у вигляді анекдотів. До цього додалися посуха і неурожай літа 1963 р. Прагнучи якось виправити ситуацію, М.Хрущов вирішив розділити партійні органи на сільськогосподарські та промислові, провівши відповідну постанову на листопадовому 1963 р. Пленумі ЦК КПРС. Негативні наслідки цього рішення для особистої влади Хрущова виявилися досить швидко.

Переліченими необачливими діями М.С. Хрущов наближав своє усунення від влади, тим більше, що практично всі соціальні групи радянського суспільства – інтелігенція, як російська і російськомовна, так і національна, військові, робітники, селяни та ін. – від нього відвернулися. Народ все більше починав дивитися на нього як на кумедну фігуру, що тільки дискредитує престиж держави. До цього додавалися труднощі з постачанням харчових продуктів і свідомий перехід на антихрущовські позиції більшості представників номенклатурного класу в центрі і на місцях. На осінь 1964 р. громадська думка цілком визріла, щоб прийняти усунення М.С. Хрущова від керівництва країною, а партійна ієрархія, зокрема її провід, достатньо згуртувалася для проведення відповідної акції.

Натхненником заколоту став секретар ЦК КПРС з ідеологічних питань М.А. Суслов. На роль наступника М.С. Хрущова було обрано поміркованого Л.І. Брежнєва, який, як тоді виглядало, не мав намірів монополізувати в своїх руках всю владу у державі і був справжнім виразником інтересів партноменклатури. З червня 1963 р. він був секретарем ЦК КПРС, а з травня 1960 р. по червень 1964 р. займав посаду голови Президії Верховної Ради СРСР.

У своїх намірах М.А. Суслов та Л.І. Брежнєв цілком розраховували і на колишнього першого секретаря ЦК Компартії України М.В. Підгорного, який на той час вже обіймав посаду одного з секретарів ЦК КПРС. Так само заколотників підтримували перший секретар ЦК Компартії України П.Ю. Шелест, перший заступник голови Ради Міністрів СРСР О.М. Косигін та інші представники вищого

партійно-державного істеблішменту. Але головним було те, що вони могли розраховувати на підтримку всього корпусу номенклатури та військових і службовців КДБ, на схвальну оцінку своїх дій з боку більшості в усіх верствах суспільства.

13 жовтня 1964 р. на засіданні Президії ЦК КПРС проти М.С. Хрущова виступив М.А. Суслов з великим переліком звинувачень. М.С. Хрущов спочатку намагався боротися, але невдовзі відчув, що перебуває в ізоляції, і погодився на відставку з усіх посад. Наступного дня, 14 жовтня 1964 р., відкрився Пленум ЦК КПРС, на якому прийнято рішення про усунення М.С. Хрущова з посад першого секретаря ЦК КПРС і голови Ради Міністрів СРСР, а також про виведення його зі складу ЦК КПРС. Пленум визнав за неможливе у майбутньому поєднання в одній особі постів першого секретаря ЦК КПРС та голови Ради Міністрів СРСР. Закладались основи панування купки вищих партійних бонз, що дістало назву «колективного керівництва».

В історії Академії наук УРСР період «відлиги» відіграв особливу роль. Вагоме збільшення бюджетних асигнувань на освіту і науку створило умови для її розвитку, особливо в галузі природничих і технічних наук. Так само сприятливо лібералізація суспільно-політичного життя позначилась на розвиткові суспільних і гуманітарних наук. В академічних інститутах сформувалося ціле покоління шестидесятників, яке відіграло значну роль в національному відродженні. В першій половині 60-х років Академія стала перетворюватися з майже київської на всеукраїнську організацію. Поряд з Харковом і Львовом центрами академічної науки стали Донецьк і Севастополь.

Світова фізика в 1956–1964 рр.

На цьому етапі тривав розвиток суб'ядерної фізики, квантової електроніки, оптики та спектроскопії, фізики твердого тіла й конденсованого стану, фізики плазми, новий імпульс отримали астрофізика, фізика космосу та космологія, започатковано синергетику [3].

Фізика елементарних частинок. Р. Хофштадтер продовжив дослідження пружного розсіяння електронів високих енергій на протонах і одержав у 1957–1958 рр. значення електричного і магнітного формфакторів протона і нейтрона, чим остаточно довів їх складну структуру, тобто, що нуклон не точковий об'єкт, а протяжний розміром 10^{-13} см. Це фундаментальне відкриття швидко прийняла фізична спільнота.

Було побудовано низку нових прискорювачів заряджених частинок на високі енергії, заснованих на нових принципах. Так, у 1956 р. опубліковано перші розробки методу зустрічних пучків і конструкцій установок з ними – колайдерів (Д. Керст, Х. Крейн, Дж. О'Ніл, К. Саймон та ін.), а вже 1961 р. у Фраскати (Італія) став до ладу перший $\bar{\nu}\bar{\nu}$ -колайдер АДА з енергією електронів у пучках 250 МеВ (Б. Тушек та ін.). Саме з колайдерами пов'я-

зано успіхи у фізиці високих енергій та елементарних частинок у наступні роки, оскільки досягнуті енергії електронів на тогочасних синхротронах були недостатніми для здійснення їх непружного розсіяння на протонах мішені, хоч вперше такі експерименти проведено в 1955–1957 рр. В. Панофським з колегами в Станфорді. Це ініціювало розробку нових, потужніших прискорювачів, зокрема Станфордського лінійного прискорювача електронів на 21 ГеВ (СЛАК), будівництво якого почалося в 1963 р., а 1967 р. він став до ладу. Саме з ним пов'язано прорив у вивченні матерії.

На розглядуваному етапі зроблено чимало відкриттів у фізиці елементарних частинок: виявлено антинейтрон (О. Піччіоні та ін., 1956 р.); антинейтрино (Ф. Рейнес, К. Коуен молодший, 1956 р.; Нобелівська премія з фізики 1995 р. Ф. Рейнесу); порушення закону збереження парності в слабких взаємодіях (Т. Лі, Ч. Янг, 1956 р.; Нобелівська премія з фізики, 1957 р.), що доведено 1957 р. експериментально в бета-розпаді (Ц. Ву та ін.); в 1964 р. виявлено порушення CP -інваріантності в розпадах нейтральних каонів (Дж. Кронін, В. Фітч; Нобелівська премія з фізики, 1980 р.); доведено існування двох типів нейтрино – електронного та мюонного (Л. Ледерман, Дж. Шварц, Дж. Штейнбергер, 1962 р.; Нобелівська премія з фізики 1988 р.); в 1960 р. відкрито великий клас сильно взаємодіючих короткоживучих частинок з часом життя 10^{-22} – 10^{-23} сек – резонансів (Л. Альварес, Нобелівська премія з фізики 1968 р.).

З цього часу кількість народжуваних частинок стало швидко зростати,



Д. Керст



Б. Тушек



О. Піччіоні



Ф. Рейнес



Т. Лі



Ч. Янг

і вчені почали будувати класифікаційні схеми симетрії частинок та їх взаємодій — комбінації частинок (сім'ї) за певними ознаками. В результаті було наведено деякий порядок у заплутаній картині майже з 200 частинок.

В 1961 р. М. Гелл-Манн і незалежно Ю. Неєман на основі $SU(3)$ -симетрії розробили схему класифікації адронів («восьмирічний шлях»), в якій їх згрупували в унітарні мультиплети трьох типів, передбачивши низку нових частинок, зокрема омега-мінус-гіперон Ω^- . На основі цієї моделі було систематизовано мезони і баріони (Нобелівська премія з фізики 1969 р., М. Гелл-Манн). В решті-решт, вона привела М. Гелл-Манна до гіпотези кварків. Стало викликати сумніви і саме поняття «елементарної частинки».

Революційний крок на шляху створення адекватної моделі будови адронів зробили в 1964 р. незалежно М.

Гелл-Манн і Дж. Цвейг, припустивши, що всі адрони, зокрема нуклони, є різними комбінаціями невеликою кількості істинно фундаментальних частинок з дробовими зарядами, названих М. Гелл-Манном кварками. Він постулював три сорти (аромати) кварків — u -кварк з електричним зарядом $+\frac{2}{3}e^-$ і масою 310 МеВ, d -кварк і s -кварк з електричним зарядом $-\frac{1}{3}e^-$ і масами відповідно 310 МеВ і 505 МеВ (трикваркова модель). Використовуючи цей набір кварків можна побудувати протон з двох u -кварків і одного d -кварка, нейтрон з двох d -кварків і одного u -кварка. Отже, всі відомі в 60-і роки адрони успішно описувалися трикварковою моделлю. В 1964 р. Дж. Бьоркен і Ш. Глешоу передбачили четвертий кварк — зачарований (c -кварк) з новим квантовим числом c — зачарування, або чарм (шарм).



Л. Альварес



В. Фітч



Л. Ледерман



Дж. Кронін



М. Гелл-Манн



Дж. Цвейг



Дж. Бьоркен



Ш. Глешоу

Проте трикваркова модель стикалася з низкою труднощів, зокрема вона припускала існування трьох однакових кварків зі спіном $1/2$ в одному стані, що суперечило принципу Паулі, оскільки кварки є ферміонами. Примирення досягли введенням нового квантового числа – кольору (М.М. Боголюбов, Б.В. Струминський, А.Н. Тавхелідзе, 1964 р.; Й. Намбу, М. Хан, 1965 р.), який став відповідальним за сильну (колірну) взаємодію між кварками на кшталт електричного заряду в електромагнітній.

В квантовій теорії поля почала інтенсивно розвиватися теорія дисперсійних співвідношень. В 1955–1957 рр. М.М. Боголюбов і Д.В. Ширков дали нове формулювання КТП, було також започатковано аксіоматичну теорію КТП (М.М. Боголюбов, 1955 р., А. Вайтман, 1956 р.). В 1959 р. Т. Редже для описання розсіяння час-

тинок висунув концепцію полюсів амплітуд розсіяння адронів (полюси Редже). В 1955 р. М.М. Боголюбов і Д.В. Ширков розробили послідовну теорію ренормалізованої групи.

В першій половині 60-х років у КТП стали використовувати калібрувальні поля (поля Янга–Мілса), які зберігають інваріантність теорії при розширенні симетрії від глобальної до локальної. Це стало можливим, коли ці поля проквантували і з'ясували, що безмасове поле Янга–Мілса і поле, взаємодіюче з ферміонами, є перенормованими. Було запропоновано спосіб «м'якого» введення мас у ці поля шляхом спонтанного порушення симетрії, в результаті чого система втрачала частково або повністю свою симетрію. В 1960 р. Й. Намбу математично описав спонтанне порушення симетрії стосовно елементарних частинок, пов'язавши його з появою безмасової частинки (бозон Намбу–Голдстоуна), відкривши тим самим механізм спонтанного порушення симетрії (Нобелівська премія з фізики 2008 р.). Тоді ж Дж. Сакураї побудував теорію компенсуючих векторних полів – першу феноменологічну калібрувальну теорію $SU(2) \times U(1)$, в якій передбачив ізоскалярний і три ізовекторні мезони. В 1960 р. Т. Лі і Ч. Янг припустили, що слабкі взаємодії зу-



Й. Намбу



П. Хігс



Дж. Лоусон



О.М. Крохін



Л. Купер



Дж. Шріффер

мовлені проміжними векторними бозонами (відкриті в 1983 р.).

В 1964 р. незалежно Р. Браун і Ф. Енглер, П. Хігс і Г. Гуральник, К. Хаген і Т. Кіббл запропонували механізм появи маси у безмасового калібрувального поля (масивна безспінова частинка, або бозон Хігса) внаслідок спонтанного порушення локальної симетрії (механізм Хігса). (Нобелівська премія з фізики 2013 р. Ф. Енглера та П. Хігсу). Цей механізм став основою при побудові перенормованих калібрувальних теорій з масивними векторними полями. Роль бозона Хігса по-справжньому усвідомили тільки в 70-х роках. Він відіграє ключову роль в Стандартній моделі елементарних частинок та їх взаємодій, оскільки є відповідальним за масу всіх частинок. Експериментально відкритий 2012 р. на Великому адронному колайдері.

Інтенсифікувалися роботи з фізики високотемпературної плазми (10^8 К) з метою дослідження можливості здійснення керованого термоядерного синтезу в спеціальних установках на основі принципу магнітної термоізоляції, почалася розробка конкретних методів його реалізації. В 1957 р. Дж. Лоусон сформулював критерій (критерій Лоусона), якому повинна підпорядковуватись плазма, щоб у

ній протікала термоядерна реакція зі стійким виходом енергії: температура $-2 \cdot 10^8$ К, густина -10^{14} см $^{-3}$, час -1 сек.

Слід зазначити, що з огляду на надзвичайні труднощі розв'язання проблеми керованого термоядерного синтезу і необхідність об'єднання для цього колективних зусиль учених багатьох країн, І.В. Курчатов 1956 р. у Харуелле (Англія) зробив доповідь про радянські роботи в галузі термояда, чим започаткував активне міжнародне співробітництво вчених в галузі мирного атома.

На початку 60-х років М.Г. Басов і О.М. Крохін висунули ідею лазерного термоядерного синтезу. Активно розвивалася також атомна енергетика, будувалися потужні АЕС, атомні криголами тощо.

Фізика твердого тіла й конденсованого стану. На цьому етапі більшість результатів, одержаних у фізиці твердого тіла й конденсованого стану, стосувалося розкриттю природи й механізмів прояву квантових явищ. До них відносилася, зокрема надпровідність, відкрита ще в 1911 р. Вирішальним в її поясненні був початок 50-х років. Незалежно Г. Фр'юліх (1950) і Дж. Бардін (1951) побудували теорію надпровідності, в якій використано електронно-фононну взаємодію, що



Л. Есакі



Б. Джо́зефсон



І. Жівер

виявилася ключовою при створенні теорії. Того ж року відкрито ізотопічний ефект, який свідчив про зв'язок надпровідності з електронно-фононою взаємодією (Е. Максвелл, К. Рейнольдс та ін.). В 1956 р. Л. Купер відкрив ефект, який полягав у тому, що при низьких температурах навіть слабе притягання між електронами в металі поблизу поверхні Фермі може привести до їх спарювання з утворенням пар (ефект Купера). Цей ефект привів 1957 р. його Дж. Бардіна і Дж. Шріффера до створення мікроскопічної теорії надпровідності (теорія БКШ), яка розкрила, нарешті, природу цього загадкового явища на основі бозе-ейнштейнівської конденсації (надплинності) куперівських електронних пар (Нобелівська премія з фізики 1972 р.).

Наприкінці 50-х – на початку 60-х років виникли нові напрями у фізиці твердого тіла – фізика тунельних явищ і тунельна спектроскопія, в основі яких лежить тунельний ефект. У 1957 р. А. Чиновет і К. Мак Кей спостерігали тунелювання в кремнієвих $p-n$ -переходах, коли p - і n -області розміщено дуже близько одна від одної. В наступному році Л. Есакі в експериментах з германієвим тунельним діодом, який містив $p-n$ -перехід з дуже малою товщиною запірного шару (діод Есакі), спостерігав тунелювання – ділянку від'ємного

опору (Нобелівська премія з фізики 1973 р.). Робота діода Есакі чітко доводила існування тунелювання в твердих тілах, а сам тунельний діод був першим квантово-електронним приладом. Це також показало, що

тверде тіло є не тільки конструкційним матеріалом нової техніки, але й відіграє роль тонких фізичних приладів (напівпровідникових, надпровідних). Роботи Есакі започаткували тунельну спектроскопію.

В 1960 р. І. Жівер відкрив тунелювання електронів між двома надпровідниками, розділеними тонкою оксидною плівкою в 20 \AA (Нобелівська премія з фізики 1973 р.). Цей ефект став найчутливішим зондом дослідження надпровідного стану речовини.

Однак можливий випадок, коли через тонкий шар ізолятора (кілька міжатомних відстаней) між двома надпровідниками може протікати незагасаючий надпровідний струм при нульовій напрузі. В 1962 р. Б. Джо́зефсон у своїй дипломній роботі показав, що через контакти з двох слабо зв'язаних між собою надпровідників (джозефсонівський контакт, ДК) можуть тунелювати не тільки електрони, але й електронні пари і передбачив при цьому низку ефектів: протікання через ДК постійного тунельного струму навіть при нульовій напрузі на контакті (стаціонарний ефект Джо́зефсона); при прикладеній до ДК постійної напруги V протікання тунельного струму, осцилюючого з частотою $\nu = 2eV/\hbar$ (нестационарний ефект Джо́зефсона) та ін. (Нобелівська



Р. Мессбауер



Г. Хакен



А. Шалов



Т. Мейман

премія з фізики 1973 р.). Підтверджені на початку 60-х років ефекти Джозефсона привели до значних досягнень у вимірюваннях електричного струму, напруги, магнітного потоку (надпровідні вольтметри і магнітометри), створення ін. приладів (інфрачервоні детектори, запам'ятовуючі пристрої, СКВІДи тощо).

На цьому етапі І.М. Ліфшицем з колегами розроблено сучасну електронну теорію металів, в ідейну основу якої покладено уявлення, що електронні властивості металів у значній мірі визначаються геометрією та топологією їх поверхні Фермі. Її створенню сприяли експериментальні дослідження Б.Г. Лазарева з учнями магнітних, електричних і гальваноманітних властивостей металів. І.М.Ліфшицем, Н. Моттом і Ф. Андерсеном також сформовано теорію неупорядкованих систем.

В 1958 р. Р. Мессбауер відкрив гамма-резонансну флюоресценцію без віддачі – явище, що лежить в основі гамма-резонансної спектроскопії (Нобелівська премія з фізики, 1961 р.). В 1959 р. Р. Фейнман висунув ідею нанотехнологій, яка на межі ХХ–ХХІ ст. дістала масштабних застосувань.

В квантовій теорії поля почала інтенсивно розвиватися теорія дисперсійних співвідношень. В 1955–

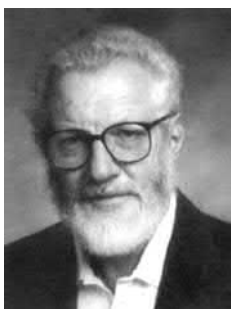
1957 рр. М.М. Боголюбов і Д.В. Ширков дали нове формулювання КТП, було також започатковано аксіоматичну теорію КТП (М.М. Боголюбов, 1955 р., А. Вайтман, 1956 р.). В 1959 р. Т.Редже для описання розсіяння частинок висунув концепцію полюсів амплітуд розсіяння адронів (полюси Редже). В 1955 р. М.М. Боголюбов і Д.В. Ширков розробили послідовну теорію ренормалізованої групи.

Термодинаміка. Бурхливого розвитку набули нерівноважна термодинаміка і статистична фізика необоротних процесів, що привело виникнення синергетики – наукового напрямку, в якому вивчаються закономірності впорядкування в складних нерівноважних відкритих системах різної природи – фізичних, хімічних, біологічних, суспільних тощо (І. Прігожин, Г. Хакен та ін.).

Квантова електроніка. Іntenсивно розвивалася квантова електроніка, зокрема тривали роботи по створенню нових мазерів. В 1957 р. розроблено за ідеєю Н. Бломбергера (1956) перший парамагнітний мазер на основі ЕПР (Г. Сковіл, Дж. Феєр, Г. Зайдель). Парамагнітні підсилювачі різко підвищили чутливість НВЧ приймальних пристроїв, значно вплинувши на їх розвиток. Мазер став невід'ємною складовою радіотелескопа. В 1960 р.



Ж.І. Алфьоров



Г. Кремер



П. Франкен



Н. Бломберген

Н. Рамзей побудував водневий мазер, характерною особливістю якого була висока стабільність, що зумовило його використання в прецизійній спектроскопії та атомних годинниках і стандартах частоти.

В 1957–1958 рр. Ч. Таунс і А. Шавлов вирішили з'ясувати, чи можливо створити оптичний мазер (лазер) для одержання потужного монохроматичного і когерентного пучка світла, та розробили перші теоретичні схеми для цього. Ідею лазера висунули в 1958 р. Ч. Таунс, А. Шавлов; М.Г. Басов, О.М. Прохоров; А. Джаван, а 1960 р. створено перший лазер на кристалі рубіна (Т. Мейман). В результаті було започатковано фізику і техніку лазерів. В тому ж році побудовано газовий (гелій-неоновий) лазер (А. Джаван, У. Беннетт молодший, Д. Ерріотт), 1962 р. – напівпровідниковий лазер (Р. Холл з співробітниками), ідею

якого висунули 1959 р. М.Г. Басов, Б.М. Вул. і Ю.М. Попов. У 1963 р. Ж.І. Алфьоров і Г. Кремер розробили концепцію лазера на подвійній гетеро-структурі, що стало важливим кроком у розвитку лазерів. В 1964 р. побудовано молекулярний лазер (К. Пател) і лазер на швидких електронах (М.Г. Басов), волоконні лазери. Відразу після створення лазерів їх почали використовувати в науці, техніці та медицині, зокрема в суміжних фізичних напрямках.

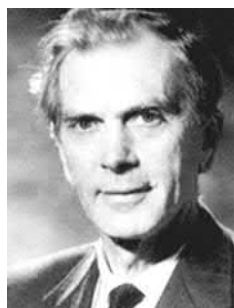
Фізика лазерів революціонізувала НВЧ радіофізику та оптику, в яку внесла особливо глибокі перетворення, оскільки та одержала в своє розпорядження потужні джерела когерентного випромінювання. Сильне світлове поле сфокусованого лазерного променя змінює оптичні характеристики середовища, при цьому виникають нові оптичні ефекти та істотно змінюється характер вже відомих явищ. В 1961 р. П. Франкен виявив ефект подвоєння частоти світла в кристалах при дії на них лазерного променя, в 1962 р. спостерігали потроєння частоти світла – генерацію третьої гармоніки, оптичний пробій газу променем лазера (Р. Терх'юн, П. Мейкер, К. Севідж) та ін. Нелінійні оптичні процеси дістали багато важливих застосувань.



Д. Габор



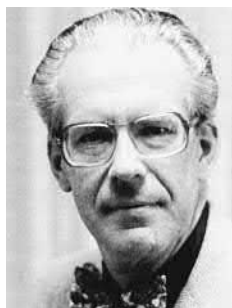
Р. Глаубер



М. Райл



Р. Джіакконі



М. Шмідт



Ф. Хойл

Лазер поставив на практичний фундамент голографію, започатковану Д. Габором ще 1948 р. (Нобелівська премія з фізики 1971 р.). В 1962–1964 рр. Е. Лейт і Дж. Упатнієкс, використавши лазер, одержали голографічні зображення в результаті голографія (оптична) дістала бурхливого розвитку. Значний внесок тут зробив Дж. Строук, побудувавши чимало сучасних голографічних схем.

Використання лазерів у традиційній оптичній спектроскопії значно розширило також її можливості і привело до виникнення (1960–1961) принципово нової, лазерної, спектроскопії (Н. Бломберген, А. Шавлов) (Нобелівська премія з фізики 1981 р.).

Квантова оптика. На цьому етапі було закладено основи нової, квантової, оптики (Р. Глаубер). В 1963 р. він запровадив уявлення про квантові когерентні стани і побудував квантову теорію оптичної когерентності (Нобелівська премія з фізики 2005 р.). Виникли також такі напрями оптики, як оптика тонких шарів, оптоелектроніка, волоконна оптика.

Астрофізика. На цьому етапі інтенсифікувалися астрофізичні дослідження, в яких використовувалися радіотелескопи та засоби ракетно-космічної техніки. В 1964 р. став до ладу одномільний радіотелескоп, який дав мож-

ливість детектувати радіоджерела в 100 разів слабші за спостережувані раніше (М. Райл та ін.). В 1962 р. за допомогою наукової апаратури, встановленої на ракеті, відкрито перше дискретне космічне джерело рентгенівського випромінювання ScoX-1 (Р. Джіакконі, Г. Гурський, Б. Россі), чим започатковано рентгенівську астрономію (Нобелівська премія з фізики 2002 р. Р. Джіакконі). В 1963 р. під час отождоження деяких джерел космічного радіовипромінювання з оптичними об'єктами відкрито яскраві позагалактичні об'єкти малого кутового розміру зі значним червоним зміщенням (М. Шмідт). Раніше їх вважали зорями 13-ї зоряної величини, але подальші їх дослідження показали, що це не зорі, а об'єкти невідомої природи. їх назвали квазарами. Вони є найяскравішими у Всесвіті, їх потужність в оптичному діапазоні $\sim 10^{36}$ квт, і те що вони здаються слабкими зорями пояснюється їх значним віддаленням від нас, є найвіддаленішими з відомих об'єктів Всесвіту.

В 1956 р. подружжя Бербіджів, У.А. Фаулер і Ф. Хойл дали завершену картину послідовності ядерних реакцій синтезу хімічних елементів у зорях. Було показано, що всі важкі елементи – від вуглецю до урану утворюються в зорях, а легкі – дейтерій,

гелій, літій, як довели 1964 р. Ф. Хойл і Р. Тейлор, — у ранньому гарячому Всесвіті (космологічний синтез).

В жовтні 1957 р. у СРСР запущено перший штучний супутник Землі, а в квітні 1961 р. здійснено політ людини у космос на кораблі-супутнику «Восток» — Ю.О. Гагаріна. В космос почали запускати штучні супутники Землі, космічні кораблі та апарати з метою його вивчення, почалася космічна ера.

Космологія. Тривали розробки і дослідження космологічних моделей. В 1962 р. Х. Альфвен і О. Клейн побудували зарядово-симетричну космологічну модель, не засновану на ЗТВ (модель Альфвена—Клейна). Тоді ж Х. Альфвен запропонував Л. Альваресу перевірити її, провести експеримент з пошуку у Всесвіті антиречовини. З

точністю 10^{-3} – 10^{-4} було показано, що в нашій Галактиці її немає. Тривали дослідження і з класичної ЗТВ. Деякі труднощі її привели до розробки альтернативних їй теорій тяжіння. Такими стали, зокрема скалярно-тензорна теорія гравітації (Р. Дікке і К. Бранс, 1960 р.; П. Йордан, 1949 р., 1955 р.) (теорія Бранса—Дікке) та геометродинаміка Дж. Уілера (1957). В 1963 р. Р. Керр одержав розв'язки, що описують гравітаційне поле, створюване обертовим тілом (чорною дірою).

В результаті в світі з середини 50-х років розпочалася науково-технічна революція, яка в подальшому тільки прискорювалося, визначаючи обличчя багатьох напрямів науки і техніки та загальний рівень науково-технічного прогресу.

Фізика в Україні в 1956–1964 рр.

На розглядуваному етапі українську фізичну науку представляли Харківський фізико-технічний інститут, Інститут фізики АН УРСР, шойно створені напередодні, в 1955 р., Інститут радіофізики і електроніки АН УРСР у Харкові та Інститут металофізики АН УРСР, організовані в 1960 р. Фізико-технічний інститут низьких температур АН УРСР у Харкові та Інститут напівпровідників АН УРСР у Києві, а також існуючий Інститут фізики при Одеському університеті.

Харківський фізико-технічний інститут [4]. Основні напрями досліджень: ядерна фізика і прискорювальна техніка, фізика низьких температур, фізика твердого тіла і фізичне матеріалознавство, радіофізика, фізики плазми, теоретична фізики. Інститут є піонером у створенні й розвитку лінійних резонансних прискорювачів. У ньому створено комплекс лінійних прискорювачів електронів, які дають

можливість проводити дослідження в діапазоні енергій від кількох МеВ до 2 Гев у широкому інтервалі інтенсивностей в пучках. Так, під керівництвом І.О. Гришаєва було запущено лінійні електронні прискорювачі на 40 МеВ (1956), 90 МеВ (1957) і 300 МеВ (1964), виконувалися теоретичні та експериментальні роботи по їх модернізації (О.І. Ахієзер, А.К. Вальтер, Я.Б. Файнберг, В.Т. Толлок, Н.А. Хижняк, Г.Я. Лабарський та ін.). Учені Інституту одні з перших розпочали розробку лінійних прискорювачів багатозарядних іонів і в 1958 р. реалізували перший варіант такого прискорювача ЛУМЗІ-10 (Л.І. Болотин та ін.). Паралельно в Інституті розвивався напрям електростатичних прискорювачів (А.К. Вальтер та ін.), зокрема досліджень з феноменологічної дифракційної теорії розсіяння. Його роботи відіграли значну роль для розрахунку структури атомних ядер.

Необхідно також зазначити, що чимало співробітників ХФТІ активно працювали в радянському атомному проекті. Так, 19 лютого 1946 р. прийнято постанову Спеціального комітету при Раднаркомі СРСР про організацію на базі відділу фізики атомного ядра Інституту секретної Лабораторії №1 під керівництвом К.Д. Синельникова для досліджень з атомної проблеми. Затверджено програму робіт лабораторії, спрямовану на обчислення критичних мас та інших характеристик для ядерних реакторів і бомб: вивчення розсіяння нейтронів з енергією 1–1,5 млн еВ від різних матеріалів з метою відбору речовини для відбивача та оптимальної товщини його шару; визначення перерізів поглинання шкідливих нейтронів в елементах 233, 235 та 239 (урану, плутонію та торію); розробки методу одержання потужних джерел іонів урану та його сполук. Лабораторію №1 створено 2 березня 1946 р. постановою Раднаркомі СРСР. Фактично вона підпорядковувалася Першому головному управлінню при Раднаркомі СРСР і працювала на його замовлення, зокрема ядерного центру КБ-11 (Арзамас-16) Фінансувалася безпосередньо Наркоматом фінансів СРСР [5].

В 1947 р. О.І. Ахієзером та І.Я. Померанчуком написано монографію «Основи теорії атомних котлів», яка стала першим систематичним узагальненням основ теорії ядерних реакторів, обґрунтуванням використаних наближень та одержанням точних розв'язків рівнянь для сповільнення та розповсюдження нейтронів. Після тривалого листування (1948–1949) з керівними органами СРСР щодо її видання книгу не було випущено, а її засекречений

рукопис зберігався в архіві Інституту теоретичної та експериментальної фізики. Монографію розсекречено лише в 60-ті рр. ХХ ст. та видано в 2002 р. під назвою «Введение в теорию нейтронных мультиплицирующих систем (реакторов)».

В 1948 р. в Лабораторії №1 досліджено ядерні реакції, які викликаються дейтронами у ядрах надлегких елементів (D, ^3He , Li), одержано залежність ефективного перерізу реакції $\text{D}(d,n)^3\text{He}$ для енергій дейтронів від 500 до 1800 кеВ. За допомогою фотоемульсійного методу доведено, що має місце також ядерна реакція $^3\text{He}(d, p)^4\text{He}$. В 1949 р., відповідно до плану науково-дослідних робіт КБ-11 на 1949–1950 рр. з розробки першої радянської водневої бомби, на ХФТІ покладалося визначення констант термоядерних реакцій, вивчення спектрів нейтронів від цих реакцій, зокрема реакції $^2\text{H}(d,n)^3\text{He}$.

В 1951–1955 рр. ХФТІ доручалося визначення перерізів поділу теллура-120, олова-115 і олова-113 в інтервалі енергій 30–400 кеВ, перерізу захоплення оловом-118 нейтронів з енергією 30 0150400 кеВ (П.Ф. Вацет, А.К. Вальтер); розробку прецизійного методу вимірювання спектра нейтронів з енергіями 150–500 кеВ та 30 0150150 кеВ (А.К. Вальтер, М.Г.Афанасьєв), вимірювання перерізу захоплення нейтронів магнієм-6 при енергіях 40 0150400 кеВ (А.К. Вальтер, О.П. Ключарьов), також визначення перерізів поділу теллура-120, олова-115 і олова-113 в інтервалі енергій 30–400 кеВ, перерізу захоплення оловом-118 нейтронів з енергією 30–400 кеВ (П.Ф. Вацет, А.К. Вальтер), розробку прецизійного методу вимірювання спектра нейтронів з енергіями 150–500 кеВ та 30–



С.В. Пелетминський



В.Г. Бар'яхтар



Е.А. Канер



І. Неклюдов

150 кеВ (А.К. Вальтер, М.Г.Афанасьєв), вимірювання перерізу захоплення нейтронів магнієм-6 при енергіях 40–400 кеВ (А.К. Вальтер, О.П. Ключарьов).

Б.Г. Лазарєв з учнями виконав цикл досліджень магнітних, електричних і гальваномагнітних властивостей металів, що уможливили створення І.М. Ліфшицем з учнями сучасної електронної теорії металів, а також широкі дослідження кріогенних рідин, зокрема рідкого гелію. Вивчено особливості впливу сильних спотворень кристалічної ґратки металу на його надпровідні властивості (Б.Г. Лазарєв, О.О. Галкін, В.Г. Хоткевич та ін.), відкрито (1957) новий надпровідник – берилій в аморфізованій фазі. В 50-х роках Б.Г. Лазарєв і Є.С. Боровик провели основоположні роботи з фізики й техніки високого вакууму, розробивши нові



І. Гіндин

методи його одержання, було одержано кріогенний конденсаційний і кріогенний адсорбційний вакуум.

В 1954–1965 рр. І.М. Ліфшиц з учнями й співробітниками побудував сучасну електронну

теорію металів, зокрема було розв'язано проблему відтворення за експериментальними даними електронного енергетичного спектра металів, на основі ідеї, що їх електронні властивості визначаються значною мірою геометрією й топологією їх поверхні Фермі. В 1960 р. І.М.Ліфшиц передбачив фазовий перехід 2½-го роду, відкритий згодом експериментально. Велике значення мала розроблена (1956–1960) ним з М.І. Кагановим і В.Г. Песчанським теорія гальваномагнітних явищ у металах у сильних магнітних полях, у 1955–1957 рр. І.М. Ліфшиц започаткував теорію неупорядкованих систем.

В 1956–1958 рр. О.І. Ахієзер, В.Г. Бар'яхтар і С.В. Пелетминський передбачили явище зв'язаних магнітопружних хвиль в магнетиках і магнітноакустичний резонанс, розробили його теорію, започаткувавши новий напрям – фізику магнітоакустичних явищ.

В 1956 р. М.Я. Азбель та Е.А. Канер відкрили новий тип циклотронного резонансу – резонанс Азбеля–Канера, виявлений експериментально в 1957–1959 рр. О.О. Галкіним. В 1957 р. О.І. Ахієзер, М.І. Каганов і Г.Я. Любарський побудували теорію поглинання ультразвуку в металах, поклавши початок в СРСР дослідженням з електронної акустики.



В.Т. Толок



В.Ф. Алексин



О.Г. Ситенко



К.М. Степанов

З 50-х років проведено систематичні дослідження пластичності й міцності металів при глибокому охолодженні (І.А. Гіндин та ін.). В 1962 р. відкрито програмне зміцнення при повільному навантаженні нижче границі текучості, яке проводить до підвищення фізико-механічних властивостей кристалічних тіл (Р.І. Гарбер, І.А. Гіндин, І.М. Неклюдов). Це уможливило створення матеріалів, що поєднують підвищену міцність і пластичність. В 1963 р. відкрито зміцнення металів при повзучості в надпровідному стані (І.А. Гіндин, Б.Г. Лазарев, В.І. Старцев та ін.). В 50-х роках перевідкрито явище радіаційного росту урану (В.Ф. Зеленський та ін.). Виконано розробки ядерного палива на основі металічного урану (В.Є. Іванов, В.Ф. Зеленський та ін.) та конструкційних і реакторних матеріалів. В 50-х роках розпочато широкий цикл досліджень берилію (В.Є. Іванов та ін.) методом вакуумної дистиляції, одержано низку металів рекордної чистоти (В.Є. Іванов, Г.Ф. Тихінський, В.М. Амоненко). Розроблено покриття різних класів.

Теоретики Інституту активно працювали також у теорії елементарних частинок і квантовій теорії поля та квантовій електродинаміці. Після розробки метода перенормувань в Інсти-

туті в 50-х роках обчислено радіаційні поправки до низки електродинамічних ефектів (О.І. Ахієзер, П.І. Фомін та ін.), написано першу в СРСР монографію з квантової електродинаміки (О.І. Ахієзер і В.Б. Берестецький). Значний внесок у створення нових напрямів, що ґрунтуються на теоретико-групових методах, зробив Д.В. Волков. У 1959–1960 рр. він розвинув узагальнені методи квантування релятивістських полів зі спінам, 1962–1964 рр. побудував релятивістську теорію полюсів Редже для частинок зі спіном, встановив явище «заколоту» полюсів Редже. Широкі дослідження проведено з електродинаміки адронів (О.І. Ахієзер, М.П. Рекало).

Розвитку в Інституті одержали роботи з фізики плазми, ініційовані І.В. Курчатовим [4]. В 1957 р. в Інституті створено експериментальний відділ для проведення широких термоядерних досліджень і почалося створення власної експериментальної бази стелараторного спрямування. Вже 1964 р. став до ладу стеларатор «Сіріус» (В.Т. Толок), а до цього – установка серії «Грім», розпочато реалізацію програми «Ураган», основними задачами якої були розробка методів ефективного нагрівання плазми до термоядерних температур у тороїдальних магнітних пастках і ви-



К.Б. Толпиго



Е.Й. Рашба



В.Л. Бруде



М.С. Соскін

вчення її тривалого втримання в них, спорудження самих термоядерних установках (стелараторів), розробки методів діагностики плазми тощо. В 1957–1958 рр. виявлено пучкову нестійкість плазми, в 1959 р. на установці «Грім-1» – аномальну електропровідність плазми, а в 1964–1966 рр. на установці «Грім-3» – турбулентне нагрівання плазми (В.Т. Толок та ін.).

Теоретиками Інституту зроблено суттєвий внесок у розробку теоретичних основ фізики плазми. Тривали дослідження з кінетичної теорії коливань плазми в магнітному полі. В 1956 р. О.Г. Ситенко та К.М. Степанов сформулювали загальне дисперсійне рівняння для електромагнітних хвиль в рівноважній однорідній плазмі та запровадили тензор діелектричної проникності плазми в магнітному полі, який дав можливість описувати її електродинамічні властивості та вивчати різні процеси в ній. В 1960 р. В.Ф. Алексин і В.І. Яшин запропонували узагальнений енергетичний принцип для вивчення стійкості плазми, а 1961 р. О.І. Ахієзер, Г.Я. Любарський і Р.В. Половін дали загальний розв'язок кінетичної стійкості плазми. В 60-х роках розпочалася розробка методів дослідження нелінійних процесів у турбулентній плазмі, побудовано квазілінійну теорію та теорію

слабкої турбулентності. Досліджувалися також взаємодія заряджених частинок з турбулентною плазмою, нелінійні взаємодії хвиль в плазмі, нелінійні нестійкості та нелінійні методи нагрівання плазми (О.І. Ахієзер та ін.). Виконано низку робіт з магнітної гідродинаміки.

Інститут фізики АН УРСР [6]. В цей період основними напрямками діяльності Інституту були: фізика твердого тіла, оптика кристалів, ядерна фізика, фізична електроніка, фізика плазми. На цьому етапі К.Б. Толпиго істотно розвинув динамічну теорію коливань ґраток іонних кристалів, в якій передбачив ще 1950 р. змішані хвилі нового типу – поляритони. В 1957–1960 рр. С.І. Пекар побудував нову оптику кристалів, в якій вивів її основні закони і передбачив (1957) додаткові електромагнітні хвилі – світлоекситони, відкриті експериментально 1960 р. М.С. Бродиним. В кінці 50-х років Е.Й. Рашба, провівши аналіз структури напівпровідникових кристалів без центра інверсії, відкрив у них 1960 р. комбінований резонанс – інтенсивне електронне



М.Ф. Дейген



М.В. Пасічник



М.Д. Габович

збудження спінових переходів і побудував (1961–1964) його теорію, що в подальшому стало важливим для спінтроники. З кінця 50-х років М.Ф. Дейген із співробітниками провів цикл досліджень з радіоспектроскопії домішкових центрів у кристалах, зокрема 1958 р. подвійного електронно-ядерного резонансу F-центрів і домішкових атомів у змішаних кристалах.

В 1962 р. В.Л. Броуде, В.С. Машкевич, А.Ф. Прихотько, Н.Ф. Прокопюк і М.С. Соскін обґрунтували можливість генерації на електронно-коливальних переходах органічних молекул у всьому оптичному діапазоні та запропонували принцип керування випромінюванням лазера, що уможливило створення в 1965–1966 рр. в Інституті перестроюваних лазерів за частотою (В.Л. Броуде, М.С. Соскін та ін.). В 1963–1964 рр. розпочалися роботи з нелінійної оптики, ініційовані А.Ф. Прихотько.

В 1956 р. В.Є. Лашкар'єв і В.А. Романов відкрили інфрачервону люмінесценцію в закису міді, нелінійну фотопровідність у CaS, об'ємну фотоерс у германію, значного розвитку дістали роботи з дослідження германію, започатковано напівпровідникове матеріалознавства і хімію напівпровідників та роботи з вивчення природи поверхне-

вих електронних центрів (О.В. Снітко та ін.).

В 1960 р. в Інституті став до ладу дослідницький ядерний водо-водяний реактор, на якому в 1961 р. М.В. Пасічник і М.М. Пучеров відкрили ізотопний ефект при розсіяння поляризованих протонів. В 1963 р. в Інституті введено в дію комплекс захисних блоків для роботи з високорадіоактивними зразками, що дало можливість проводити роботи з визначення впливу радіаційних навантажень на фізичні властивості конструкційних матеріалів діючих ядерних реакторів та відбору матеріалів для них.

Одержано низку фундаментальних результатів у фізичній електроніці. В 1963 р. П.Г. Борзяк, О.Г. Сарбей і Р.Д. Федорович відкрили явище холодної електронної емісії електронів і фотонів з острівцевих металічних плівок при пропусканні крізь них електричного струму або при їх інфорочервоному опромінюванні. На цій основі згодом створено холодні катоди нового типу. В тому ж році В.М. Гаврилюк і А.Г. Наумовець виявили дрейф адсорбованих частинок у неоднорідному електричному полі, який використали для вивчення їх електронного стану.

Тривали дослідження з фізики плазми, зокрема іонної фізики та плазмової електроніки (М.Д. Габович та ін.). Вивчено колективну взаємодію іонного пучка з плазмою і підтверджено 1964 р. теорію двопучкової іонної нестійкості, взаємодію електронних пучків з плазмою, зокрема виявлено М.Д. Габовичем і Л.Л. Пасечником збудження коливань в плазмі. В теорії плазми О.Г. Ситенко виконав (1963–1968) дослідження, з теорії флуктуацій в плазмі.



І.Д. Трутень



А.Н. Чернець



Г.Я. Левін



Є.М. Кулешов

Інститут радіофізики і електроніки АН УРСР [7]. Організований у вересні 1955 р. на базі радіофізичних відділів і експериментальних майстерень ХФТІ (з 1996 р. – Інститут радіофізики і електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України). Вже в другій половині 50-х років в Інституті створено електровакуумні прилади міліметрового діапазону хвиль (від 2 см до 0,5 мм) – магнетрони імпульсної та безперервної дії, відбивальні клістри та ін. та відповідна вимірювальна апаратура (О.Я. Усиков, І.Д. Трутень, А.Н. Чернець, Г.Я. Левін, Є.М. Кулешов та ін.), а також проведено широкомасштабні дослідження поширення радіохвиль різних діапазонів над поверхнею моря, розроблено методи заобрійної радіолокації (С.Я. Брауде та ін.). В 1958 р. С.Я. Брауде зі співробітниками розпочато роботи з декаметрової радіоастрономії, стали до ладу перші українські радіотелескопи ІД-1 (1961) та ІД-2 (1962) (А.В. Мень та ін.), також 1962 р. започатковано декаметрову радіокеанографію (С.Я. Брауде, І.Є. Островський, І.С. Тургенєв). В 1969 р. введено в дію Т-подібний радіотелескоп УТР-1 (С.Я. Брауде, А.В. Мень та ін.). В результаті на цих радіотелескопах перших трьох поколінь, відпрацьовувалися принципи побудови широко-смугових радіотелескопів і одержано

дані для розробки технічної документації й налагодження роботи велетенського радіотелескопа УТР-2.

В Інституті передбачено низку резонансів та ефектів – 1956 р. (резонанс Азбеля–Канера), новий тип циклотронного резонансу в металах (Е.А. Канер), резонансні осциляції ультразвуку на відкритих орбітах електронів провідності (Е.А. Канер, О.П. Корольок, 1959 р.), електромагнітні сплески в провідному середовищі (Е.А. Канер, 1963 р.), аномальне проникнення височастотного поля у середовище на відстань, яка значно перевищує товщину скін-шару (Е.А. Канер, 1964 р., ефект Гантмахера–Канера), виявлено акустичний парамагнітних резонанс (Є.М. Ганпольський, А.Н. Чернець).

Інститут металофізики АН УРСР [8]. З утворенням Інституту його тематичний спектр розширився. Основни-



І.С. Тургенєв

А.В. Мень



В.Н. Гріднев



М.О. Кривоглаз



А.А. Смірнов



В.В. Немошкаленко

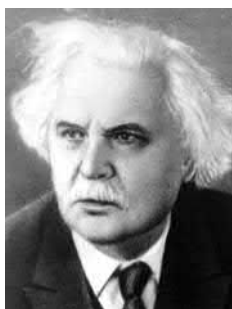
ми напрямами досліджень стали фізика міцності й пластичності, фазові перетворення та їх вплив на структуру й властивості кристалів, електронна структура та електронні властивості металів і сплавів, розробка нових фізичних методів їх вивчення. Ці дослідження спрямовувалися на з'ясування фізичної природи й механізмів внутрішніх процесів, що відбуваються в металевих зразках під впливом різних факторів, з метою створення матеріалів із наперед заданим комплексом властивостей, здатних працювати в складних умовах і режимах і відповідати зростим вимогам науково-технічного прогресу, а також нових приладів і технологій.

В 1963 р. М.О. Кривоглаз розробив теорію дислокацій у феромагнітних кристалах з врахуванням доменної структури та теорію їх руху в полі періодичних потенціальних бар'єрів. Виконано дослідження механізму й кінетики утворення аустеніту у вуглецевих сталях, показано провідну роль дифузійного переміщення атомів вуглецю в процесах швидкісної аустенізації сталі (В.Н. Гріднев, Ю.Я. Мешков, С.П. Ошкадьоров, В.І. Трефілов). У результаті систематичних досліджень фазових і структурних перетворень в сталях і сплавах побудовано теорію їх швидкісної електротермічної об-

робки та запропоновано високоефективні технології їх термозміцнення, створено теорію високотемпературної міцності та нові жаростійкі матеріали (В.І. Трефілов, М.О. Кривоглаз). Розроблено теорію фазових переходів «порядок–безпорядок» у сплавах з кількома надструктурами, виникнення яких значно впливає на властивості сплавів (А.А. Смірнов, 1963 р.).

Розвинено теорію крихкого руйнування металів з ОЦК-граткою та методи підвищення їх пластичності, а також технологію одержання пластичних смуг і дроту з малолегованого хрому та отримано пластичні сплави на його основі (В.Н. Гріднев, В.І. Трефілов, 1963 р.). Вивчено структурні зміни в металах при повзучості (Г.Я. Козирський). З 1962 р. під керівництвом Л.М. Ларикова проводилися дослідження механізму й кінетики дифузії в металах.

Значний цикл робіт присвячено фазовим перетворенням і їх впливу на структуру й властивості кристалів. А.А. Смірновим і М.О. Кривоглазом розвинено теорію розпаду сплавів, які містять домішки на вузлах і між вузлами кристалічної гратки (1960) та статистичну теорію упорядкування сплавів (1958). В 1963 р. відкрито переорієнтацію мартенситних кристалів.



В.М. Свечников



А.Г. Лесник



І.М. Дмитренко



І.К. Янсон

Проведено роботи з побудови діаграм фазових рівноваг різних металічних сплавів (В.М. Свечников). Тривали дослідження механізму утворення й розпаду мартенситних фаз у сталі і сплавах на основі заліза (Г.В. Курдюмов, Л.І. Лисак). Широкого розвитку одержали різні спектральні методи досліджень (В.В. Немошкаленко), а також вивчення (з 1963 р.) взаємодії позитронів з дефектами у металах і сплавах (І.Я. Дехтяр). А.Г. Лесник розробляв статистичну теорію фазових перетворень у бінарних сплавах (1962) та одержав нові дані про фізичні властивості феромагнітних плівок. В 1963 р. А.А. Смірнов і М.О. Кривоглаз завершили побудову теорії розсіяння різних випромінювань на дефектах кристалічної ґратки твердих тіл.

Завдяки переліченим вище результатам Інститут став одним з авторитетних у країні центрів у галузі фізики твердого тіла.

Фізико-технічний інститут низьких температур АН УРСР [9, 10]. Організовано в травні 1960 р. у Харкові на базі відповідних підрозділів ХФТІ (директор Б.І. Веркін, ім'я якого присвоєно Інституту в 2003 р.). З початку (1959) планувалося створити інститут у Дніпропетровську, про що свідчили листи Президії АН УРСР та Б.І. Веркіна і О.О. Галкіна у вищі інстанції,

однак, враховуючи, що в Харкові є експериментальна база з фізики низьких температур, кадри, приміщення тощо, було вирішено на рівні ЦК КПУ створити такий Інститут у Харкові на базі підрозділів ХФТІ. Основні напрями досліджень: надпровідність, фізика твердого тіла, молекулярна фізика і процеси теплообміну, фізичне матеріалознавство, біофізика, криогенна техніка. Інститут створювався як комплексна установа нового типу, що об'єднує фізиків, математиків, біологів, конструкторів та інженерів і складається з власне інституту, дослідного конструкторського бюро з виробництвом та заводом, обчислювального центру, математичного відділення.

Вже в перший рік існування в Інституті експериментально відкрито резонансні осциляції ультразвуку на відкритих періодичних орбітах електронів провідності та анізотропію енергетичної щільності в надпровідному олові (О.О. Галкін та ін.). В наступному році сформульовано фізичні основи моделювання космічного простору, запропоновано принципи розрахунку криовакуумних систем і розроблено надвисоковакуумні камери корисним об'ємом від 0,2 до 14 000 м³, що імітують космічне оточення, передусім космічний вакуум (Б.І. Веркін та ін.). В 1964 р. І.К. Янсон, В.М. Свистунов



В.І. Ляшенко



О.В. Снітко



В.Г. Литовченко



А.Е. Глауберман

і І.М. Дмитренко експериментально відкрили нестационарний ефект Джо-зефсона, випередивши інших дослідників, які спостерігали його в 1965 р.

Інститут напівпровідників АН УРСР [11]. Організований в жовтні 1960 р. в Києві на базі відділів фізики напівпровідників і теоретичної фізики та лабораторії поверхні напівпровідників Інституту фізики АН УРСР (директор В.Є. Лашкар'юв) (з 1992 р. – Інститут фізики напівпровідників АН України, з 2003 р. носить ім'я його засновника). Створення Інституту в якійсь мірі ініціювала ґрунтовна доповідна В.Є. Лашкар'юва 1959 р. до Президії АН УРСР, в якій розкривався стан досліджень з фізики й техніки напівпровідників в Україні в світовому контексті, та, виходячи з ідейного і кадрового доробку, наголошувалося на необхідності створення наукового інституту в цій актуальній галузі. Основні напрями діяльності: фізика і техніка напівпровідників, зокрема взаємодія електромагнітного випромінювання напівпровідниками, розробка фотоелектричних і оптичних приладів і датчиків, одержання напівпровідникових матеріалів, діагностика, оптоелектроніка.

Але цій доповідній передувала ще одна доповідна В.Є. Лашкар'юва від 31 травня 1956 р. до відділу важкого машинобудування ЦК КП України

«Про необхідність організації в Києві галузевого НДІ і дослідного виробництва напівпровідникових приладів», в якій зокрема, йшлося:

«В галузі розробки фізики напівпровідників поряд з Ленінградом і Москвою численні роботи проводяться в Києві в Інституті фізики АН УРСР, у значно меншому масштабі на кафедрі напівпровідників КДУ і на кафедрах технічної електротехніки і діелектриків КПІ, а також частково в Інституті електротехніки АН УРСР. Роботи з окремих питань фізики напівпровідників ведуться нині також в інших містах України – в Чернівецькому, Одеському і Львівському університетах. Між тим у Києві (як і загалом в Україні) немає ні підприємств, що випускають нові напівпровідникові прилади, ні відповідних НДІ або ОКБ, що змушує українських фізиків шукати зв'язки з відомчими організаціями Ленінграда. Остання обставина перешкоджає, з одного боку, залученню українських фізиків для участі в роботах загальнодержавного значення з розвитку досліджень і створенню напівпровідникових приладів, з другого боку, гальмує розвиток фізики напівпровідників в Україні, що вимагає найтіснішого зв'язку з виробництвом.

В Інституті фізики АН УРСР фізикою напівпровідників займається експериментальний відділ на чолі з академіком В.Є. Лашкар'ювим. Теоретичні роботи з напівпровідників проводяться у відділі проф. С.І. Пекаря, а також у зазначеному вище експериментальному відділі. За післявоєнні роки в Інституті фізики АН УРСР, крім досліджень теоретичного значення, виконано низку робіт, важливих для застосувань у різних галузях промисловості []. Перелічені вище обставини вказують на термінову необхідність організації в Україні, передусім у Києві, відомчого НДІ та Дослідного заводу напівпровідникових приладів» [12].

І такий інститут, однак з деяким запізненням було створено. Слід зазначити що вже в 30-і роки в Україні існував визнаний в СРСР напівпровідниковий центр у рамках Інституту фізики АН УРСР на чолі з О.Г. Гольдманом, однак його арешт та його заступника В.К. Бернацького на початку 1938 р., потім війна дещо загальмували дослідження й розробки в цій актуальній галузі фізики.

В 1962 р. В.І. Ляшенко, О.В. Снітко та В.Г. Литовченко в Інституті напівпровідників АН УРСР відкрили вплив неосновних носіїв струму на поверхневі властивості напівпровідників, було розроблено тришарову модель межі двох середовищ, виявлено поверхневу випромінювальну рекомбінацію. В цьому ж році О.В. Снітко з співробітниками розпочав цикл робіт з вивчення природи поверхневих електронних центрів.

НДІ фізики Одеського університету. Тут тривали дослідження з наукової фотографії, молекулярної фізики та було започатковано з 60-х років роботи з фізики твердого тіла (А.Е. Глауберман).

Наведений короткий перелік основних результатів, одержаних українськими фізиками на розглядуваному етапі (1956–1964), хоч і свідчив про їх чималі досягнення, проте показав і значне відставання від рівня світової фізики (дивись попередній розділ). Головними рушіями науково-технічної революції (НТР) стали фізика й техніка напівпровідників, мікро- і радіоелектроніка, фізика і техніка низьких температур і конденсованого стану, квантова електроніка, атомна енергетика, молекулярна біологія, ракетно-космічна техніка, наука про нові матеріали, обчислювальна техніка). І провідні країни Заходу вже наочно демонстрували переваги науково-технічної революції,

застосовані результати якої на практиці приводили до зростання економічного й військового потенціалів.

Тому вже в липні 1955 р. Пленум ЦК КПРС розглянув питання «Науково-технічної та промислової революції», зокрема було відзначено, що СРСР стоїть «на порозі нової науково-технічної революції, яка далеко випереджає за своїм значенням промислову революцію, пов'язані з появою пари та електрики». Після розгляду цих питань на Пленумі ЦК КПРС і прийняття ньому відповідних рішень ставлення керівництва держави до науки і вчених помітно змінилося. Однак характерною особливістю радянської НТР було спрямування передових досягнень радянської науки і техніки на розбудову військово-промислового комплексу (ВПК), на виробництво нових видів озброєнь, що було продемонстровано успішною реалізацією атомного і ракетного проектів, наслідком яких стало не тільки створення ракетно-ядерного щита СРСР, але водночас і сформування ВПК на нових засадах. У країні ніби існувало два науково-технічні прогреси – у військовій справі та повсякденному житті. Проте чимало українських учених гостро відчували необхідність в розвитку нових галузей науки і техніки в республіці, зокрема в АН УРСР. Так, Харківський фізико-технічний інститут АН УРСР, Інститут фізики АН УРСР і Президія АН УРСР подали до ЦК КП України відповідні матеріали, на основі яких відділ науки і культури ЦК підготував доповідну записку ЦК КП України «Про стан і перспективи розвитку нових галузей науки в Академії наук Української РСР». Нижче наводиться дана Доповідна та проект відповіді Постанови.

*Доповідна записка відділу науки і культури ЦК КП України «Про стан і перспективи розвитку нових галузей науки в Академії наук Української РСР»
Квітень 1957 р.*

У відповідності з завданнями, поставленими рішеннями XX з'їзду КПРС, грудневого і лютого Пленумів ЦК КПРС по дальшому розвитку всіх галузей народного господарства нашої країни, особливо великого значення набувають дослідження в галузі ядерної фізики і атомної енергетики, напівпровідників, радіофізики і радіотехніки, обчислювальної техніки, рідких і малих елементів, пластмас і штучного волокна.

Установи Академії проводять дослідження в указаних напрямках і добилися деяких успіхів. Проте в справі розвитку наукових досліджень в цих важливих для технічного прогресу галузях науки є серйозні недоліки, внаслідок чого їх рівень і розмах значно відстає від загального рівня вітчизняної науки і не відповідає вимогам сучасного розвитку техніки.

Президія АН УРСР слабо організовує розробку питань нових і перспективних галузей науки, не проявляє належної турботи в справі своєчасної підготовки кадрів спеціалістів і створення матеріально-технічної бази. Значні недоліки в роботі Президії виявилися також в організації керівництва і контролю за науковою діяльністю установ. Особливо це стосується установ Відділу фізико-технічних наук АН УРСР, який в сучасних умовах повинен бути одним з провідних в Академії. Бюро цього Відділу на протязі останніх років не керує роботою наукових установ, але це не викликає занепокоєння Президії АН УРСР. Координація наукових досліджень і комплексність в розробці зазначених проблем в Академії наук УРСР проводяться незадовільно. Серйозні недоліки є також в справі впровадження наукових досліджень в практику народного господарства. В результаті цього частина наукових установ слабо вирішує найважливіші теоретичні і практичні проблеми, часто займається розробкою дургорядних питань.

Розробка основних напрямів нових галузей науки в АН УРСР знаходиться в такому стані:

1. *В галузі ядерної фізики і атомної енергетики.* Дослідження в галузі ядерної фізики і атомної енергії на Україні проводяться в Фізико-технічному інституті та Інституті фізики АН УРСР. Фізико-технічний інститут АН УРСР за останні роки значно розширився, кількість його працівників зараз становить 1460 чоловік, більше ніж вдвічі проти

довоєнного рівня, розширилася його лабораторна база. Наукова робота в цьому інституті ведеться по таких напрямках: металургія атомної енергетики, ядерна фізика надвисоких енергій, ядерна фізика середніх енергій, фізика наднизьких температур.

Проведені Інститутом разом з іншими установами дослідження дали можливість підвищити робочу температуру в атомних реакторах, розроблено методи одержання надвисокого вакууму і застосування його для обробки металів, створено оригінальні конструкції лінійних прискорювачів електронів, протонів і багатозарядних важких іонів, які дали змогу вивчати властивості ядерних сил.

В Інституті фізики АН УРСР дослідження фізики атомного ядра розпочато 1949 року. За цей час створено необхідну лабораторну базу і досить міцний відділ ядерної фізики, в якому працює 110 співробітників. Цей відділ проводить роботи в напрямку вивчення взаємодії швидких нейтронів з атомними ядрами і розробляє методи для досліджень з ядерної спектроскопії і ядерних реакцій, що має важливе значення для створення нових типів атомних реакторів.

Проте ці інститути мають серйозні недоліки в роботі. Так, виконані наукові дослідження з фізики атомного ядра не дають змоги передбачити і накреслити шляхи вирішення корінних питань сучасної ядерної фізики, таких як здійснення регульованих термоядерних реакцій, значне підвищення температури атомних реакторів і ін. Через відсутність спеціалістів теоретичний відділ Інституту фізики питань ядерної фізики зовсім не розробляє. Майже не проводяться дослідження в Академії наук УРСР по вивченню фізичного механізму дії радіоактивних випромінювань на речовини. Не залучаються до цієї важливої справи інститути біологічного, хімічного, технічного профілю. Їх діяльність обмежується лише частковим застосуванням радіоактивних ізотопів (мічених атомів) для вивчення окремих явищ.

Президія АН УРСР, знаючи про нестачу висококваліфікованих фізиків-теоретиків, не приділяє належної уваги і не вживає необхідних заходів щодо поліпшення їх підготовки. В провідних відділах Фізико-технічного інституту АН УРСР, якими керують відомі вчені — Синельников, Вальтер, Ліфшиць, Ахієзер за післявоєнні роки не підготовлено жодного доктора наук. В Інституті фізики

АН УРСР підготовлено лише одного доктора наук. До роботи в Академії до цього часу не залучені академіки АН УРСР Комар і Лейпунський та члени-кореспонденти Латишев і Давидов, які є фахівцями в галузі ядерної фізики.

Серйозним недоліком досліджень в галузі ядерної фізики і атомної енергетики в Академії наук УРСР є відсутність комплексування і ув'язки робіт між Харківським фізико-технічним інститутом і Київським інститутом фізики АН УРСР. Президія АН УРСР координує досліджень цих установ зовсім не здійснює. Не залучаються в належній мірі до розвитку фізики атомного ядра працівники вузів республіки. Недостатня також і науково-технічна інформація.

Незадовільно створюється дослідно-експериментальна база для розвитку досліджень по ядерній фізиці. Будівництво ядерного реактора при Інституті фізики АН УРСР заплановано закінчити в 1957 році, але з 12 млн крб., запланованих на будівельні роботи, виділено лише 4 млн крб. При таких умовах введення в дію реактора буде неможливим навіть в 1958 році.

Слід зазначити, що Фізико-технічний інститут АН УРСР в м. Харкові повністю фінансується і забезпечується Міністерством середнього машинобудування СРСР. Тематика нових досліджень і звіти про виконані роботи розглядаються і затверджуються також міністерством, тому фактично Президія АН УРСР не контролює роботу цього інституту. Такий стан подвійного підпорядкування, без чіткого розмежування обов'язків між міністерством і академією, створює атмосферу безконтрольності, утруднює вирішення науково-організаційних і господарських питань і негативно відбивається на доборі, підготовці та використанні наукових кадрів.

2. *В галузі напівпровідників.* Виходячи з завдань дальшого технічного прогресу в промисловості треба відзначити що розмах наукових досліджень в галузі напівпровідників в нашій країні зовсім недостатній і ми значно відстаємо в ньому від передових капіталістичних країн, особливо від США.

Нині на Україні роботи з фізики напівпровідників і напівпровідникових приладів ведуться тільки в Інституті фізики АН УРСР в складі двох відділів теоретичного і відділу напівпровідників з колективом у 54 чоловіка. Цими відділами успішно розроблено ряд питань теорії напівпровідників і напівпровідникових приладів, фотоелементи, фотоопори, напівпровідникові болометри,

германієві діоди і тріоди спеціальних типів, які доведені до промислового випуску і впровадження.

Президія АН УРСР не створює належних умов для подальшого розвитку і розширення досліджень в галузі напівпровідників. Відділ напівпровідників Інституту фізики АН УРСР проводить роботу в тісних і малоприспособованих приміщеннях. Погано також готуються наукові кадри спеціалістів по напівпровідниках. В Академії наук УРСР не організовано виготовлення розроблених Інститутом фізики напівпровідникових приладів з тим, щоб забезпечити ними свої науково-дослідні установи. Внаслідок цього швидкодіюча електронна лічильна машина «Київ», розробляється Інститутом математики АН УРСР з застосуванням електровакуумних ламп. В Українській РСР до цього часу не організовано жодного промислового підприємства, яке б випускало такі прилади.

3. *В галузі радіофізики, електроніки і радіотехніки.*

Велике значення особливо для автоматизації виробництва та оборонних цілей, мають наукові дослідження з радіофізики, електроніки і радіотехніки. Вони проводяться в Інституті радіофізики і електроніки АН УРСР, а також у відділі струмів високої частоти Інституту електротехніки АН УРСР. Інститут радіофізики і електроніки АН УРСР успішно розвиває роботи в галузі електроніки міліметрового діапазону радіохвиль, для яких розроблено оригінальні конструкції генераторів і приймачів. В зв'язку з створенням джерел міліметрових радіохвиль відкрились нові можливості застосування їх в радіолокації, радіометеорології, радіоастрономії, що має наукове і народногосподарське, значення. У відділі струмів високої частоти Інституту електротехніки АН УРСР розроблено ряд генераторних і підсилювальних радіоламп, які мають значну перевагу за своєю потужністю над створеними закордоном. Розроблено також основи ультразвукової локації.

Дальший розвиток наукових досліджень значно гальмується відсутністю необхідних лабораторних приміщень. Досить сказати, що на одного співробітника в Інституті електротехніки АН УРСР припадає 1–2 кв. метри корисної робочої площі. Інститут радіофізики і електроніки АН УРСР також не забезпечений достатньо лабораторними приміщеннями і зовсім немає житлових приміщень. Будівництво цього Інституту в м. Харкові ведеться досить повільно. Погано поставлено справу наукової інформації та обговорення досліджень. Створена при

Президія проблемна комісія з радіофізики, радіотехніки, електроніки зовсім не працює. Досягнення в цих галузях не застосовуються в хімії, біології та інших галузях науки. Не дивлячись, що є кваліфікована група працівників, Президія АН УРСР не дбає про розвиток наукових досліджень в цьому напрямку і створення необхідної наукової експериментальної бази.

4. *В галузі обчислювальної техніки.* Порівнюючи стан обчислювальної техніки в Радянському Союзі і закордоном треба сказати, що ми значно відстаємо у цьому відношенні не тільки від США, але й від Англії і Франції. Наукові дослідження в галузі обчислювальної техніки на Україні ведуться лише в одній лабораторії Інституту математики АН УРСР, в складі якої працює близько 100 чоловік. Основні роботи спрямовані на створення електронної обчислювальної машини «Київ» з середньою швидкістю 5000 операцій в секунду, на розробку спеціальних систем, пов'язаних з проблемами керування і проведення обчислень на існуючій малій електронній обчислювальній машині.

Перша в Радянському Союзі Мала електронна обчислювальна машина була створена в 1950 році в Академії наук УРСР під керівництвом академіка С.О. Лебедева. Проте до цього часу вона є єдиною в Україні. Більш того, на протязі останніх років дослідження в лабораторії звузились, погіршилось матеріально-технічне постачання, не добирались необхідні наукові кадри. Лише в 1956 році, в зв'язку з необхідністю створення Обчислювального центру в АН УРСР, у відповідності з постановою Ради Міністрів СРСР, робота дещо поживавилася. Проте будівництво Обчислювального центру з забезпеченням обладнанням і устаткуванням до цього часу залишаються не вирішеними.

До наукової роботи в галузі обчислювальної техніки не залучені кафедри математики вузів республіки. На Україні не організовано жодного промислового підприємства, яке випускало б необхідні елементи і деталі для обчислювальних машин. Тому наукові і інженерні кадри відриваються для виконання чисто технічних робіт, а обчислювальні машини будуються кустарно і протягом тривалого часу. Недостатньо також готуються в республіці молоді інженерні кадри для обчислювальної техніки. Президія АН УРСР повільно вирішує питання про створення Обчислювального центру, не використала всіх можливостей для підготовки необхідних кадрів через установи АН СРСР.

5. *В галузі рідкісних і малих елементів.* Рідкісні легуючі кольорові метали мають величезне значення для атомної енергетики, радіолокації і радіотехніки, телемеханіки, авіації, автоматики, лічильних машин і інших приладів. За останні 10 років науково-дослідними і розвідувальними установами виявлено на Україні великі родовища титану, цирконію, ніобію, скандію, інших рідкісних і малих елементів. Інститутом загальної і неорганічної хімії АН УРСР розроблено методи очистки германію і визначення мікродошук в ньому, вивчено методи кількісного визначення гафнію та індію, а також хімічні властивості сполук індію і талію, досягнуто деякі успіхи в розробці технології одержання та очистки окремих рідкісних металів.

Але науково-дослідні роботи по вивченню розміщення багатьох рідкісних і малих елементів, розробці методів визначення їх властивостей, кількісного вмісту в породах, технології видобування з руд, очистки та застосування в техніці проводяться в Академії наук УРСР слабо.

Так, кам'яне і буре вугілля Донецького і Волинського басейнів мають вміст германію, але технологія збагачення і видобування його з підсольних вод не розроблена і видобуток його з вугілля нині становить лише 15% вмісту.

Інститутом геологічних наук АН УРСР та Українським геологічним управлінням не вивчено закономірності концентрації рідкісних і легуючих кольорових металів у породах українського кристалічного масиву, не виявлено промислові концентрації рідкісних елементів в кам'яному і бурому вугіллі, на гірських породах, не складено їх геохімічні карти.

Інститутом загальної і неорганічної хімії АН УРСР слабо вивчаються процеси виділення металічного титану, не розроблено технологію електролітичного одержання цирконію з розплавлених солей, а також розділення цирконію і гафнію, дослідження ведуться повільно, застарілими хімічними методами і не подаються рекомендації щодо застосування результатів цих досліджень в промисловості.

Президія Академії наук УРСР не залучила до роботи по рідкісних металах інститути металофізики, металокераміки і спецсплавів, мало також залучаються до цієї роботи інститути чорної металургії, геології корисних копалин і мінеральних ресурсів АН УРСР. Слабо комплексується і координується тематика установ Академії наук УРСР по рідкісних елементах з роботою кафедр вузів

України, Українського геологічного управління та Українського філіалу Всесоюзного науково-дослідного інституту рідких металів в м. Одеса.

б. В галузі пластичних мас і штучного волокна. Науково-дослідні дослідження з проблем пластичних мас і штучного волокна в АН УРСР ведуться лише в Інституті органічної хімії групою працівників в складі 4 чоловік. Але в зв'язку з відсутністю кваліфікованих наукових кадрів в розробці цих питань жодних результатів не досягнуто.

Президія АН УРСР своєчасно не вжила заходів до підготовки кадрів спеціалістів по штучному волокну і пластичних масах. Внаслідок цього створена при Інституті органічної хімії спеціальна лабораторія залишається не укомплектованою і фактично не працює. Більш того, Президія АН УРСР організаційно неправильно вирішує питання розвитку наукових досліджень по пластичних масах і штучному волокну. Замість того, щоб сконцентрувати ці дослідження в Інституті органічної хімії, проведення їх планується в інститутах теплоенергетики і використання газу, що не відповідає за-

гальному напрямку роботи цих інститутів і взагалі не є завданням установ технічного профілю.

Враховуючи наявність значних недоліків в організації робіт по нових і перспективних галузях науки в Академії наук УРСР, відділ науки і культури ЦК КП України вважає необхідним зобов'язати Президію АН УРСР розробити конкретні заходи по забезпеченню успішного розвитку досліджень в галузі ядерної фізики і атомної енергії, напівпровідників, радіофізики і радіоелектроніки, обчислювальної техніки, рідкісних і малих елементів, пластмас і штучного волокна. Додільно також доручити Раді Міністрів УРСР розглянути і вирішити питання, пов'язані зі створенням необхідної експериментальної бази для розвитку вказаних галузей науки в АН УРСР. Проект постанови ЦК КП України додається.

Зав. відділом науки і культури ЦК КП України (Овчаренко)
Зав. сектором науки і культури ЦК КП України (Пелих)

Проект

Постанова ЦК КП України «Про стан та перспективи розвитку нових галузей науки в Академії наук УРСР»

ЦК КП України відмічає, що рівень і розмах наукових досліджень в Академії наук УРСР в галузі ядерної фізики і атомної енергетики, напівпровідників, радіофізики і радіоелектроніки, обчислювальної техніки, рідкісних і малих елементів, пластмас і штучного волокна відстають від завдань дальшого розвитку народного господарства, поставлених в рішеннях XX з'їзду КПРС, грудневого і липневого пленумів ЦК КПРС. Президія ДН УРСР Незадовільно керує розвитком цих важливих галузей науки, не приділяє належної уваги справі добору, підготовки наукових кадрів і створенню необхідної науково-експериментальної бази.

З метою забезпечення наукових досліджень в галузі ядерної фізики і атомної енергетики, напівпровідників, радіофізики і радіоелектроніки, обчислювальної техніки, рідкісних і малих елементів, пластмас і штучного волокна ЦК КП України постановляє:

1. Зобов'язати Президію АН УРСР:

а) обговорити на засіданнях Президії АН УРСР стан та перспективи розвитку наукових досліджень в галузі ядерної

фізики і атомної енергетики, напівпровідників, радіофізики і радіоелектроніки, обчислювальної техніки, рідкісних і малих елементів, пластмас і штучного волокна. Розробити конкретний план заходів по розвитку наукових досліджень в цих галузях науки і подати його на розгляд ЦК КПУ до 1 жовтня 1957 року;

б) вжити необхідних заходів для поліпшення роботи Відділу фізико-математичних наук, зміцнити кадрами бюро цього Відділу;

в) чітко визначити і погодити з Міністерством середнього машинобудування СРСР свої обов'язки по керівництву роботою Фізико-технічного інституту в м. Харкові.

2. Доручити Раді Міністрів УРСР розглянути і вирішити питання:

а) про організацію в 1958 році Інституту напівпровідників АН УРСР, для цього в 1957 році передати Академії наук УРСР одно з приміщень, яке звільняється в зв'язку з переведенням технікуму з м. Києва;

б) про організацію з другої половини 1957 року Обчислювального центру АН УРСР як

самостійної науково-дослідної установи і про прискорення будівництва його приміщень та забезпеченням необхідним обладнанням і матеріалами;

в) про організацію в республіці виробництва напівпровідникових приладів та деталей і елементів обчислювальних машин;

г) про прискорення будівництва Інституту радіофізики і радіоелектроніки АН УРСР в м. Харкові та про будівництво атомного реактора в Києві з тим, щоб забезпечити введення його в дію в 1958 році.

3. Контроль за виконанням постанови

1. *Кульчицький С., Павленко Ю., Руда С., Храмов Ю.* Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному контексті. 1918–1998. – К.: Фенікс, 2000.

2. Національна академія наук України. Хронологія 1918–2018. – К.: Фенікс, 2018

3. *Храмов Ю.О.* Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій та відкриттів. – К.: Фенікс, 2015. – 2-е вид.

4. 50 лет Харьковскому физико-техническому институту. – К.: Наук. думка, 1978.

5. Лабораторія №1. Ядерна фізика в Україні. – Харків: АКТА, 2001.

6. Інститут фізики НАН України. 80 років. – Львів: Євросвіт, 2009.

7. Институт радиофизики и электрони-

покласти на відділ науки і культури ЦК КП України [13].

В результаті, вже в 1960 р. створено Фізико-технічний інститут низьких температур АН УРСР у Харкові та Інститут напівпровідників АН УРСР у Києві, 1962 р. на базі Обчислювального центру АН УРСР – Інститут кібернетики АН УРСР, 1963 р. – Інститут проблем матеріалознавства АН УРСР.

ки им. А.Я. Усикова НАН Украины. 50 лет. Харьков, 2005.

8. Институт металлофизики. – К.: Наук. думка, 1985.

9. Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины. – Харьков, 2010.

10. Криогенная техника. – К.: Наук. думка, 1985.

11. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України. 50 років. – К.: Інтертехнодрук, 2010.

12. ЦДАГО України, ф. 1, оп. 24, спр. 4375, арк. 88–94.

13. ЦДАГО України, ф. 1, оп. 24, спр. 4491, арк. 49–57.

ПЕРІОД «ЗАСТОЮ» В СРСР (1965–1984)

Суспільно-політичний контекст

Як зазначалося, 14 жовтня 1964 р. внаслідок фактично державного перевороту М.С. Хрущова усунуто з усіх займаних посад. Замість нього наступного дня головою Ради Міністрів СРСР призначено О.М. Косигіна, тоді ж на Пленумі ЦК КПРС першим секретарем ЦК КПРС обрано Л.І. Брежнєва. Посаду голови Верховної Ради СРСР замість звільненого А.І. Микояна, обійняв М.В. Підгорний. На кінець 1965 р. у Москві сформувався триумвірат у складі Л.І. Брежнєва, О.М. Косигіна та М.В. Підгорного, який визначав політичний курс СРСР впродовж майже 20 наступних років.

Відразу було прийнято істотні партійні рішення, зокрема про об'єднання промислових і сільськогосподарських партійних і радянських органів. В крамницях з'явилися в достатній кількості хлібобулочні вироби та інші продукти харчової промисловості, чим забезпечувалася «всенародна підтримка» змін у вищому керівництві партії та держави. Населення в більшості сприйняло це як ознаку переходу до нового курсу, який мав би позитивно відбитися на рівні його добробуту.

Поки Л.І. Брежнєв займався партійно-організаційною та кадровою роботою, О.М. Косигін розгорнув діяльність по реорганізації управління народним господарством. Суть нових реформ зводилася до відмови від системи раднагоспів, відновлення ролі загальносоюзних міністерств і комітетів в управлінні народним господарством, до посилення еко-

номічних важелів мотивації праці та надання підприємствам більшої економічної самостійності. Але на практиці це призвело тільки до надмірного зростання влади центральних загальносоюзних органів влади, оскільки центр все більше замикав на собі розподільчі функції. Врешті-решт, наміри О.М. Косигіна підвищити роль матеріальних стимулів і розбухати місцеву виробничу ініціативу введенням системи госпрозрахунку зазнали майже фіаско. Починаючи з 1972 р., економіка СРСР стає такою ж централізованою, як і за сталінських часів, а група важкої промисловості знову визначається пріоритетною. Це відразу відбилося на уповільненні темпів зростання народного добробуту, а з кінця 70-х років взагалі почалося зниження його рівня.

Нова надцентралізація економічного життя країни була безпосередньо пов'язана зі зміною політики щодо розміщення енергетичних і промислових потужностей у країні. У другій половині 60-х років взято курс на прискорений розвиток регіонів Сибіру та Далекого Сходу, що зумовлювалося двома обставинами. По-перше, ускладненням для СРСР міжнародної ситуації в зв'язку з загостренням його відносин з КНР. В кінці 60-х років Радянський Союз був на межі війни з Китаєм, а єдиною транспортною артерією, що зв'язувала Східну Європу та Урал з Далеким Сходом, залишалася Транссибірська магістраль. Тому проголошене будівництво Байкало-Амур-

ської магістралі (БАМу) мало передусім військово-стратегічне значення. По-друге, економічні труднощі, які все сильніше давали взнаки з першої половини 60-х років, збіглися в часі, особливо з початку 70-х, зі стрімким зростанням світових цін на нафту і природній газ, до речі в Західному Сибіру було знайдено їх великі поклади. Розробка цих родовищ та спорудження трубопроводів вимагали значних капіталовкладень, але відразу вони принесли і величезні прибутки, які компенсували нерентабельність багатьох галузей сільськогосподарського та промислового виробництва. Орієнтація на одержання твердої валюти за рахунок експорту енергоносіїв фактично означала переорієнтацію країни на екстенсивний шлях розвитку.

Тому з другої половини 60-х років основні капіталовкладення СРСР спрямовувалися у регіони східніше Уралу. Відповідно до цього частка капіталовкладень у регіони Східної Європи, зокрема Україну, почала зменшуватися, при тому що від них вимагалось, як і раніше вносити свою частку в загальносоюзний бюджет. Це викликало незадоволення місцевої номенклатури. До того ж новий курс на централізацію управління промисловими підприємствами на практиці вів до їх переведення в загальносоюзне підпорядкування. Так само нові великі заводи і фабрики, що будувалися на території союзних республік, в тому числі в Україні, заздалегідь визначалися як підприємства центрального підпорядкування. Здебільшого вони були або безпосередньо військового призначення, або такими, що випускали комплектуючі для військового виробництва. Поступово частка підприємств з незавершеним циклом, зокрема високотехнологічних, невпинно зростала.

Отже, республіка швидко позбавлялася навіть тієї відносної економічної автономії, яку здобула за часів М.С. Хрущова. Вона ставала невід'ємною частиною загальносоюзного народногосподарського комплексу, отримуючи майже за безцінь енергоносії, передусім нафту і газ, але виготовляючи продукцію на потребу загальносоюзного центру, особливо військово-промислового комплексу. Такій прискореній інтеграції відповідали також демографічні процеси, зокрема переведення в Україну кваліфікованих інженерів, техніків і робітників з Росії та сприяння масовому виїзду українців на заробітки до Сибіру, Казахстану та Далекого Сходу.

Окремо слід сказати про стан у сільському господарстві, приріст у якому з початку 60-х років падав і в першій половині 80-х досяг практично нульової позначки. І це відбувалося за умов величезних капіталовкладень у сільське господарство як України, так і СРСР у цілому. В степових областях республіки було розгорнуто широку іригацію, і вони вкрилися каналами, в колгоспи і радгоспи надсилалася здебільшого важка, маломобільна техніка, хімічні добрива тощо. Але це не привело до бажаного результату, оскільки колгоспна система державно-кріпосницького зразка не давала селянам жодних стимулів для підвищення продуктивності праці. До того ж гігантоманія вела до прийняття необгрунтованих рішень, тому позитивний ефект від меліорації, іригації та використання важкої техніки часто зводився нанівець. За умов все більшої бюрократизації управління сільським господарством на очах зростали безвідповідальність управлінців і відверте розкрадання зібраної продукції і колгоспно-радгоспного майна. В

селах і райцентрах склалися свої місцеві корпоративно-кланові структури, зацікавлені покривати один одного. Їх зловживання було добре відомо колгоспникам, але і вони самі чимало виносили з колгоспного поля чи комори, на що місцеві можновладці здебільшого дивилися крізь пальці.

Нарешті, однією з найважливіших особливостей суспільного життя тих років було поширення споживачьких настроїв на тлі системи дефіциту, пільг і спецрозподільників. Якщо у 60-х роках споживницькі настрої якоюсь мірою ще компенсувалися романтикою науки і культури, загальним оптимістичним настроєм освіченої молоді, то з межі 60–70-х років, при загальному наступі ідеологічної реакції та уповільненні темпів поліпшення життя, вони стали пануючими. Ідентичність більшості людей, особливо в середньому прошарку, все виразніше визначалася квартирою, килимами і гарнітурами, одягом, побутовою технікою та іншим майном. Оскільки продукція вітчизняного виробництва порівняно із західною була низькою якості, престижним ставало мати все імпортоване, якого було обмаль.

Формувався потужний сектор мафіозно-кримінальної тіньової економіки. Її ділки, особливо з другої половини 70-х років, поводити себе все нахабніше і пихатіше, бравуючи своїм багатством. Маючи значні кошти та впливові зв'язки, вони все тісніше сходилися з номенклатурою вищих ешелонів влади, на рівних контактуючи з середньою ланкою чиновництва. Якщо партійно-державна номенклатура володіла загальнодержавними ресурсами і всією повнотою політичної та судової влади, то ділки мали «живі» гроші, необхідні і самим номенклатурникам. Так само і «тіньо-

викам» були потрібні підтримка і захист на рівні вищої влади та доступ до державних ресурсів і коштів.

Слід також враховувати величезну роль блату в житті радянського суспільства, особливо на рівні можновладців і пов'язаних з ними верств населення. Принцип «послуга за послугу» спрацьовував надійніше за відверте хабарництво. Відповідно і ділки криміналізованої тіньової економіки були зацікавлені у системі блатів. Все це вело до формування потужного, багатого і впливового прошарку діячів криміналізованої тіньової економіки, які зближались, а подекуди й зросталися з працівниками народногосподарського сектору та карних органів, в тому числі вищої партійно-державної номенклатури. Однак необхідно зазначити, що в Україні цей процес не досяг такого рівня, як у республіках Закавказзя чи Середньої Азії.

В Україні політика очолюваної П.Ю. Шелестом номенклатури у національно-культурно-мовній сфері була вражаюче суперечливою. З одного боку вона була налаштована на розширення вживання української мови на офіційному рівні. Тому не дивно, що в 1965–1966 рр. вище керівництво республіки, користуючись ще недостатньою визначеністю політики нового керівництва у Москві стосовно національного питання, санкціонує заходи, спрямовані на підвищення статусу української мови. Вищі навчальні заклади отримали вказівку про перехід до переважного викладання українською мовою.

Хрущовська відлига розбуркала волелюбні, у тому числі й національні прагнення серед інтелігенції республіки, яка сприйняла усунення М.С. Хрущова як відкриття нових можливостей для вільного самоутвер-

дження. У самвидаві почала поширюватися невідцензурна публіцистика та художня література, що з середини 60-х років ставала все більше політизованою. Одним з найяскравіших таких прикладів стала праця І. Дзюби «Інтернаціоналізм чи русифікація?», що вийшла в самвидаві, в якій давався аналіз національно-культурно-мовної політики в Україні за часів радянської влади [2].

Проте шелестівська оточення посилювала протидію національно-демократичним тенденціям, хоч це не могло зупинити наростання опозиційного руху. У квітні 1967 р. В.М. Чорновіл передав у самвидаві збірку «Лихо від розуму», в якій оприлюднювалися факти стосовно долі політв'язнів, кинутих за ґрати у 60-х роках, зокрема таких тепер широко відомих, як В. Мороз та Б. Горинь. А 27 травня біля будинку ЦК КПУ відбулася демонстрація протесту з приводу арешту учасників Шевченківського вечора. Однак це тільки провокувало владу на нові репресивні заходи і 15 листопада 1967 р. В.М. Чорновіла засуджено за його публіцистичну діяльність на три роки таборів.

Отже, вже у середині 60-х років у національному українському дисидентському русі почали відокремлюватися дві течії: національно-демократична та власне націоналістична, яка спиралася на традиції ОУН. Не варто забувати, що дисидентський рух в Україні розгортався на тлі та у взаємозв'язку з дисидентськими рухами загальнодемократичного, націонал-демократичного та націоналістичного спрямування в межах всього СРСР, головним чином у Росії. Там впродовж 60-х років серед частини членів партії, у тому числі і тих, хто займав високі посади, поширювалося

прагнення до оновлення всієї радянської системи на демократичніших засадах.

Початок 1966 р. у громадсько-політичному житті СРСР позначився першим у післясталінські часи політичним процесом над А. Синявським та Ю. Данієлем, що мав широкий суспільний резонанс у Радянському Союзі та за кордоном. Упродовж 1966–1967 рр. політичні процеси відбувалися по всій країні – в Москві та Ленінграді, Києві та Львові, Горькому і Ризі, Ташкенті та Омську. Водночас посилювався цензурний утиск. 1968 р. почався двома гучними політичними судовими процесами в Москві – над діячами загальнодемократичного руху Ю. Галанським та О. Гінзбургом. Суспільство реагувало на це активно, і під колективними і індивідуальними листами протесту проти їх засудження поставили підписи 738 чоловік, серед яких більшість становили вчені та діячі культури.

Не менш активно протестувала проти розгортання репресій і українська науково-культурна громадськість. У квітні 1968 р. лист-протест за 139 підписами («Київський лист») проти нової хвилі політичних репресій надіслано Л.І. Брежнєву, О.М. Косигіну та М.В. Підгорному. В ньому зокрема, йшлося:

«Звертаємося до Вас з питанням, яке глибоко хвилює різні кола радянської громадськості. Протягом кількох останніх років в Радянському Союзі проводяться політичні процеси над молодими людьми з середовища творчої та наукової інтелігенції... Передусім нас не може не хвилювати те, що при проведенні багатьох з цих процесів порушувалися закони нашої країни. Наприклад, всі процеси в Києві, Львові, Івано-Франківську 1965–1966 рр., на яких осуджено понад 20 осіб, проводилися в закритому порядку – всупереч тому, що прямо і недвозначно гарантовано Конституцією СРСР, Конституціями союзних республік і їх кримінальним

кодексами. Більш того, закритий характер процесів сприяв порушенню законності в самому ході судових розглядів.

Ми вважаємо, що порушення принципу гласності судочинства йде врозріз з рішеннями ХХ і ХХІІ з'їздів партії про відновлення соціалістичної законності, врозріз з інтересами радянського суспільства, є наругою над вищим законом нашої країни – Конституцією СРСР і нічим не може бути виправдано.

Принцип гласності включає в себе не тільки відкритий судовий розгляд, але й широке та правдиве висвітлення його ходу в пресі... Між тим, наша преса зовсім не реагувала на політичні процеси, які велися в Україні... Ця по-суті безконтрольність і непублічність уможливила порушення конституційних гарантій і процесуальних норм. Стало майже правилом, що на подібних політичних процесах суд відмовляється вислуховувати свідків захисту та обмежується тільки свідченнями звинувачення... Звертає на себе увагу та зловісна обставина, що в багатьох випадках підсудним інкримінуються висловлювання і відстоювані ними погляди, які зовсім не мають антирадянського характеру, а тільки містять критику окремих явищ суспільного життя або критику явних відходів від соціалістичного ідеалу, явних порушень офіційних норм...

Ми вважаємо своїм обов'язком висловити глибоку тривогу з приводу того, що відбувається. Ми закликаємо Вас використати свій авторитет і повноваження, щоб органи суду і прокуратури суворо дотримувалися радянських законів і щоб виникаючі в нашому суспільно-політичному житті труднощі та розбіжності вирішувалися в ідейній сфері і не віддавалися до компетенції органів прокуратури і держбезпеки [3, с. 356–361].

Серед підписантів відомі нині вчені, письменники, діячі культури, зокрема фізики – А.Ф. Лубченко, О.Г. Ситенко, К.Б. Толпиго, З.С. Грибніков, В.О. Тягай, Ю. Кулюпін, О.Г. Сарбей, П.М. Гомчук, В.І. Шека, В.М. Ораєвський, І.П. Дзюб, та авторитети української культури – С. Параджанов, С. Марчук, І.О. Светличний, І.М. Дзюба, Л. Костенко, А. Горська, А. Сверстюк, М.Ю. Брайчевський, І. Драч, М. Вінграновський, В. Некрасов, В. Стус.

Громадською реакцією на розгортання політичних репресій на теренах Радянського Союзу став вихід в квітні 1968 р. у самвидаві «Хроніки поточних подій», де наводилася правдива інформація про політичні репресії та інші утиски громадянських, конституційно визнаних в СРСР, прав і свобод. У ньому висвітлювались і події в Україні. «Хроніка» швидко стала виданням, що пов'язувала дисидентські групи загальнодемократичної та націонал-демократичної спрямованості різних міст СРСР. В кінці 60-х – середині 70-х років вона регулярно поширювалася в російськомовному інтелігентському середовищі Києва, Харкова, Одеси та інших великих міст України. В червні 1968 р. у самвидаві з'явилася публікація «Міркування про прогрес, мирне співіснування та інтелектуальну свободу» А.Д. Сахарова. В ній, зокрема, йшлося про необхідність дотримання людських прав і свобод, а також про можливі шляхи конвергенції західної та радянської систем. Ця праця мала значний вплив на свідомість радянської інтелігенції, яка в більшості ще не вважала соціалізм суцільним злом, а була схильна до думки, що йому можна надати «людське обличчя», тобто демократизувати.

Серпень 1968 р. став переламним у взаєминах радянської інтелігенції та влади. Всім стало зрозуміло, що кремлівське керівництво відверто обрало шлях реакції і репресій і на лібералізацію чи демократизацію «згори» марно сподіватися. 28 травня 1969 р. у Москві створено «Ініціативну групу захисту прав людини в СРСР», до складу якої, зокрема, ввійшли Л. Плющ (Київ) та Г. Алтунян (Харків). Свою участь у діяльності цієї групи підтвердив також В.М. Чорновіл та деякі інші українські правозахисники. Мо-

ральними орієнтирами дисидентства в Росії, а значною мірою й в цілому в СРСР, стали О.І. Солженіцин та А.Д. Сахаров, який у 1969 р. разом з А. Твердохлебовим і В. Челідзе організував Комітет захисту громадянських прав. Більшість його членів незабаром було ув'язнено, як і видавців «Хроніки поточних подій», масові арешти яких у Москві та Києві відбулися в січні 1972 р.

Але поширення інформації про стан справ в СРСР припинити вже було неможливо. Самвидав продовжував поширюватися попри всі переслідування. Масовим стає слухання західних радіостанцій – «Свободи», «Бі-Бі-Сі» тощо. У вересні 1973 р. О.І. Солженіцин звернувся до керівництва Радянського Союзу з листом, спрямованим на те, щоб переконати їх відмовитися від комуністичної ідеології і зосередитися на вирішенні життєво необхідних для народу проблем, і передав на Захід свою історико-публіцистичну тритомну працю «Архіпелаг ГУЛАГ» з викриттям злочинів у ленінсько-сталінські часи. Вона відіграла значну роль в усвідомленні світовою та вітчизняною громадськістю кривавої природи більшовицької системи. Реакцією влади було вислання письменника за кордон. Але його твори поширювалися у самвидаві у великих містах СРСР, зокрема Києві.

Неспокій українських партійних бонз та керівників спецслужб посилювався. В 1970 р., у рік помпезного святкування 100-річчя від дня народження Леніна, в українському самвидаві з'явився «Український вісник» (редактор В.М. Чорновіл), близький за духом до загальносоюзної «Хроніки», але спрямований на викриття правопорушень на теренах України. Дії українських націонал-демократів

ставали все рішучиміші, при цьому роздмухувалися пристрасті щодо загрози з боку українського націоналізму. За таких умов позиції П.Ю. Шелеста ставали все слабкішими. Влітку 1970 р. у Києві відбулася зміна керівника КДБ, на цю посаду було призначено орієнтованого виключно на Москву, прихильника «жорсткого курсу» по відношенню до інакодумців, В. Федорчука. В цьому його позиції також цілком збігалися з поглядами секретаря ЦК КПУ В. Маланчука, який все більше відіграв роль головного ідеолога українських комуністів і невтомного борця з «українським буржуазним націоналізмом» і «сіонізмом». З призначенням В. Федорчука керівником республіканського КДБ репресії проти дисидентів набули більш послідовного й широкого характеру. На початку 1972 р. заарештовано провідних діячів української націонал-демократії, зокрема І. Дзюбу, І. Калинця, Л. Плюща, І. Світличного, Є. Сверстюка, О.Сергієнка, В. Стуса, В.М. Чорновіла та ін. Попри це за редакцією співробітників Інституту філософії АН УРСР В. Лісового та Є.В.Пронюка у березні 1972 р. з'явився шостий номер «Українського вісника». В липні 1972 р. їх було заарештовано.

В цілому кількість заарештованих за політичними звинуваченнями перевищувала сотню і незабаром майже 90 з них отримали максимально можливі строки ув'язнення і заслання (дебільшого по 7 та 5 років). По Києву, Львову та інших містах пройшла хвиля обшуків. Пов'язаних з дисидентами людей масово звільняли з роботи, як і керівників тих установ, де працювали заарештовані. В середовищі інтелігенції запанувала атмосфера страху й недовіри. За таких умов у березні 1972 р.

на засіданні Політбюро ЦК КПРС П.Ю. Шелеста було піддано нищівній критиці за недоліки у виховній роботі трудящих і примиренському ставленні до націоналізму, а 25 травня 1972 р. звільнено від обов'язків першого секретаря ЦК КПУ. Його місце зайняв В.В. Щербицький. Як обережний і поміркований господарник В.В. Щербицький намагався не дратувати керівників ЦК КПРС і виконував всі накази і постанови щодо подальшої надцентралізації економіки країни та перекачування матеріальних і людських ресурсів з України до східних регіонів Радянського Союзу. Проте у тих вузьких межах автономії, які ще залишалися для українського керівництва, він докладав зусилля, щоб забезпечити більш-менш задовільне функціонування республіканського народно-господарського комплексу. Істотним було й те, що він особисто не був схильним до корумпованості та помпезної розкоші, пристрасть до якої все ширше охоплювала республіканську й загальносоюзну номенклатуру. Цей фактор дещо уповільнював процес корупціоналізації та криміналізації вищих ешелонів влади в Україні.

Проте репресії в Україні тривали. 17 січня 1974 р. на квартирі відомого київського письменника В. Некрасова автора повісті «В окопах Сталінграда», влаштовано обшук з конфіскацією великої кількості невідцензурних публікацій. Символічними були арешт і вислання за кордон О.І. Солженіцина 12–13 лютого 1974 р. Влада демонструвала рішучість викоренити дисидентство. Тим, кого незручно було заарештовувати з огляду на їх популярність, створювали такі умови життя, що вони були змушені самі від'їжджати на Захід. 9 вересня 1974 р. це зробив і В. Некрасов, як пе-

ред тим А. Синявський, В. Максимов, Н. Коржавін, О. Галич, В. Войнович, Н. Щаранський та ін. Від'їзд В. Некрасова негативно відбився на морально-політичному стані київської інтелігенції, оскільки він був свого роду її інтегруючою ланкою, людиною, пов'язаною з загальносоюзним дисидентством.

За таких умов провідники ЦК КПРС вирішили за доцільне дещо змінити політику щодо країн Заходу і обрати новий курс, який дістав назву «разрядки». Виразним кроком на цьому шляху став візит до Москви 22–30 травня 1972 р. президента США Р. Ніксона, під час якого підписано радянсько-американську угоду про обмеження стратегічних ядерних озброєнь та угоду про запобігання ядерної війни. Все це, поряд з активними консультаціями і укладанням низки двосторонніх угод між СРСР та ФРН, Францією, іншими провідними західноєвропейськими країнами, проклало шлях до підписання 1 серпня 1975 р. у Гельсінкі Заключного акту Загальноєвропейської наради з питань безпеки та співробітництва в Європі. Для радянської дипломатії це була остання значна перемога в її історії, оскільки Захід визнав непорушність післявоєнних кордонів, а фактично і сфери радянського впливу в Європі. Між тим, ідучи на поступки західним дипломатам, радянська сторона забов'язалася гарантувати на теренах СРСР визнані міжнародним співтовариством права людини. Цей факт надав друге дихання дисидентському руху в СРСР, зокрема в Україні.

У травні 1976 р. в Москві за ініціативою А.Д. Сахарова і Ю.Ф. Орлова створено групу по нагляду за виконанням рішень Гельсінської наради – так звану Гельсінську групу. Неза-

баром подібні групи організуються в Києві, Вільнюсі, Тбілісі та Єревані. Українську громадську групу сприяння виконанню Гельсінських угод засновано 9 листопада 1976 р. Очолив її відомий письменник М.Руденко, а до складу ввійшли О. Бердник, П. Григоренко, Л. Лук'яненко, О. Мешко, О. Тихий та ін.

Репресії проти правозахисників, які орієнтувалися на суто легальну діяльність і розраховували на підтримку міжнародної громадськості, розпочалися відразу у Москві та Києві. В лютому 1977 р. заарештовано Ю.Ф. Орлова та М. Руденка, після чого українську гельсінську групу очолив О. Бердник. Невдовзі було заарештовано переважну більшість інших членів Української гельсінської спілки – Л. Лук'яненка, М. Мариновича, М. Матусевича та ін. На початку 1979 р. ця доля спіткала також О. Бердника, якого засуджено на 6 років таборів та 3 роки заслання.

В ідеологічному житті України запанував відносний спокій: активні дисиденти відбували тривалі строки покарання, а політичне керівництво республіки, як і СРСР в цілому, задовольнялося суто формальними пропагандистськими заходами, добре відчуваючи, якою мірою суспільство, а особливо середнє і молоде покоління, індиферентно ставилося до партійних гасел та ідеологем. Суспільство вже не мало жодних ілюзій щодо природи радянського режиму і переконувати когось у тому, що ця природа злочинна і лицемірна вже особливо сенсу не було. Влада «геронтократів» дискредитувала систему не менше, ніж полиці магазинів, які щороку порожніли. Економіка зайшла в глухий кут, СРСР не міг себе забезпечувати навіть традиційними сільськогосподарськими продуктами, зокрема хлібом. Ве-

личесні капіталовкладення в аграрну сферу не давали жодної віддачі. Валютні надходження забезпечувалися переважно за рахунок експорту нафти й газу і значною мірою витрачалися на імпорт зерна.

Водночас засоби масової інформації роздмухували культ Л.І. Брежнєва. Але навіть партпрацівники (у своєму колі) вже самі бавилися політичними анекдотами (найпопулярнішим героєм яких був сам Генеральний секретар), спрямовуючи свою основну енергію на облаштування власного побуту. А тут їх інтереси змикалися з кримінально-тіньовим світом. Союз двох сил, які легально і нелегально правили суспільством, зміцнювався, особливо впродовж 80-х років.

Суспільство це добре відчувало, як і власне безсилля хоч якось цьому протидіяти. На початок 80-х років воно було вщент пройнято цинізмом і побутовим утилітаризмом. Ідеологічне лицемірство ставало неприхованим. Масовим явищем у всіх верствах населення у 70-х роках стало пияцтво, а на межі 70–80-х рр. – ще наркоманія, особливо серед молоді.

Деморалізуючим фактором початку 80-х років ставала війна в Афганістані, куди радянські збройні сили введено наприкінці грудня 1979 р. Спочатку пересічна людина не усвідомлювала масштабів цієї трагедії, але невдовзі звідти почали надходити цинкові труни, а солдати і офіцери, що поверталися, розповідали про жахи, що відбувалися на їхніх очах. Афганська війна, потенційно загрожуючи кожній родині, викликала глухе обурення серед усіх верств суспільства, яке посилювалося з кожним роком.

Стан справ в економічному, соціальному, політичному, культурному житті, що склався в радянському су-

спільстві на початку 80-х років, відповідав і особистому фізично-психічному стану вишого керівництва СРСР. 10 листопада 1982 р. помер Л.І. Брежнєв. Його спадкоємцем на посаді Генерального секретаря ЦК КПРС став колишній шеф КДБ СРСР Ю.В. Андропов, який на тлі членів Політбюро виглядав людиною освіченою та інтелектуальною і краще за них уявляв масштаби кризи в країні. З перших днів свого правління він повів себе як жорсткий адміністратор, що покладався на примусові методи впливу і не збирався сприяти пробудженню будь-якої, зокрема господарчої, ініціативи в суспільстві. Широ прагнучи придушити криміналітет і зменшити міру корумпованості суспільства, він вдався до заходів по «наведенню порядку». Але його окремі рішучі заходи в масштабах країни не дали практично жодних результатів. Суспільство було просякнuto цинізмом, апатією і корупцією, і нічого нового новообраний генсек запропонувати не міг. Всі звикли до проведення галасливих, формальних кампаній та показушних, «липових» звітів. Тому боротьба за дисципліну фактично звелася до облав у перукарнях і кінотеатрах з метою виявлення тих, хто перебував не на робочому місці. Тіньова економіка від цього ніяк не постраждала, але в суспільстві почало відчуватися наростання страху.

При цьому Афганська війна затягувалася, і СРСР все більше потрапляв у стан міжнародної ізоляції. В цей час у США до влади прийшов Р. Рейган, який проголосив Радянський Союз «імперією зла» і почав активно сприяти розробці зброї нового покоління: космічних військових комплексів, програми СОІ («зоряних війн»). На

такий рівень гонки озброєнь радянський ВПК вийти вже не міг.

9 лютого 1984 р. помер Ю.В. Андропов, 13 лютого на посаду Генсека обрано К.У. Черненко – людину брежнєвського типу, до того ж надто нездорову. Він постійно хворів і все менше займався державними справами, і СРСР продовжував входити в хронічний стан системної деградації. 10 березня 1985 р. К.У. Черненко помер, і на вищих щаблях московської влади розгорнулася жорстока боротьба за вищий у країні пост, у якій переміг представник молодшої партійної генерації М.С. Горбачов, з якого почалася доба «перебудови» в СРСР.

Впродовж кількох післябрежнєвських та андроповсько-черненківських років, які в Москві було позначено спочатку метушнею і кадровими перестановками, а потім – мертветьським спокоєм, ситуація в Україні майже не змінювалася, хоч кризові тенденції повільно наростали тут. В.В. Щербицький демонстрував лояльність кожному новому кремлівському керівникові, і їх це повністю задовольняло. Безпосередньо в хід справ в Україні Ю.В. Андропов та К.У. Черненко не втручалися, та це зовсім не означало зростання її автономності.

Україна була цілком інтегрована в загальносоюзний народно-господарський комплекс, і всі великі підприємства на її території підпорядковувалися союзним відомствам. Тривало подальше звуження використання української мови, і великі міста за межами західних областей ставали майже повністю російськомовними. Система освіти втрачала будь-яку національну специфіку і повністю підпорядковувалася загальносоюзним стандартам.

Наростало відчуття відчуженості особи від усього, що пов'язано з політикою та ідеологією. Посилювалася своєрідна приватизація особистого життя при суто ритуальному виконанні суспільних формальностей. При цьому сам факт приватизації життя і його відчуження від лицемірної системи офіціозу до деякої міри навіть сприяв творчим пошукам окремих учених і митців, які зосереджувалися на своїй професійній діяльності. Наукова спільнота прагнула жити своїм власним життям. Тому розглядуваний «період застою» був позначений фундаментальними науковими відкриттями і технічними винаходами, появою нової генерації талановитих учених. Щодо АН УРСР то цей період був періодом її активного розвитку.

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що два розглянуті десятиріччя для науки України, зокрема Академії, не були застійними

роками. Пристосовуючись до епохи і керуючись власними традиціями і нормами, наукове співтовариство стрімко нарощувало науково-технічний потенціал. Особливо динамічно розвивалися фундаментальні науки. Це й зумовило швидку розбудову, наприклад, академічних інститутів. За 20 років їх кількість збільшилася на два десятки. Половина новостворених установ розміщувалася поза Києвом, що остаточно утвердило Академію наук як всеукраїнську організацію, тісно пов'язану з виробництвом і вузівською наукою. При цьому активний розвиток української науки подекуди супроводжувався видатними досягненнями її учених та інженерів, ніби спростовуючи тезу про період «застою», наприклад створення найпотужнішої міжконтинентальної військової ракети «Сатана», яка свідчила про високий рівень науки і техніки в країні.

Світова фізика в 1965–1984 рр.

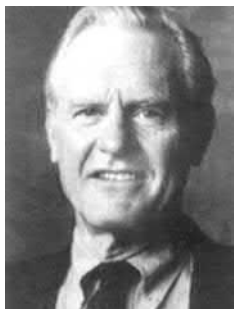
Фізика елементарних частинок і квантова теорія поля. На початку цього періоду, в 1967–1968 рр., на Станфордському лінійному електронному прискорювачі (СЛАКу) при енергії 21 ГеВ в глибоконепружному розсіянні електронів на нуклонах у них виявлено точкові об'єкти, що не руйнувалися внаслідок зіткнень з електронами, а відбивалися від них як пружні кульки (Р. Тейлор, Г. Кендалл, Дж. Фрідман; Нобелівська премія з фізики 1990 р.). Ці точкові об'єкти було названо партонами, уявлення про які незалежно запровадили Дж. Бьоркен (1967) і Р. Фейнман (1968), а в 1968–1969 рр. Р. Фейнман розробив партонну модель будови адронів, яка в подальшому дістала підтвердження в багатьох

експериментах. Невдовзі партони були ототожені з кварками. Необхідно зазначити, що тлумачення кварків як складових нуклонів протягом маже 10 років не одержувало їх однозначного сприйняття фізичною спільнотою. Кваркова модель хоч і допомогла вирішити деякі труднощі ранніх груп симетрії адронів, але і призвела до низки проблем. Переконливу перевірку кваркова інтерпретації нуклонів пройшли в експериментах 1972 р. у ЦЕРНі з глибоко непружного розсіяння нейтрино (антинейтрино), і до кінця 70-х років віра в кваркову структуру адронів стала домінуючою. В результаті було опановано новий рівень матерії – 10^{-16} см.

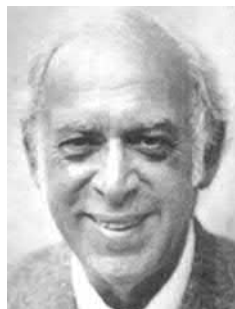
Відразу після висунення гіпотези кварків їх почали шукати в експери-



Р. Тейлор



Г. Кендалл



Дж. Фрідман



К. Вільсон

ментах на прискорювачах і в космічних променях, але не виявили. Негативний результат цих пошуків привів 1973 р. до гіпотезу конфайнменту, за якою кварки в адронах існують тільки в зв'язаному стані і їх непомітність, неможливість відокремлення один від одного зумовлена специфікою сил, що діють між ними. Основи теорії конфайнменту заклали 1974 р. К. Вільсон у праці «Полонення кварків».

Як вже зазначалося, в 1964 р. М.М. Боголюбов з Б.В. Струмінським і А.Н. Тавхелідзе, а в 1965 р. Й. Намбу з М. Ханом висунули гіпотезу нового квантового числа кварків – кольору, який відповідає за сильну (колірну) взаємодію між ними. Кожний кварк (антикварк) будь-якого аромату існує в одному з трьох кольорних станах – «червоному», «зеленому» та «синьому» (не в буквальному сенсі слова). При цьому адрони складаються з кварків таких кольорів,

що самі залишаються безбарвними («білими»). В 1966 р. Й. Намбу запровадив октет калібрувальних векторних полів (в подальшому глюонів, які переносять взаємодію між кварками, інакше кажучи передбачив глюони, відкриті експериментально в 1979 р. (П. Зьодінг, Б. Вік, Г. Вольф; С. Ву).

В 1970 р. Ш. Глешоу, Дж. Іліопулос і Л. Майані екстраполювали об'єднану теорію електромагнітних і слабких взаємодій, створену Ш. Глешоу (1960), С. Вайнбергом (1967) і А. Саламом (1968) – теорію електрослабкої взаємодії Вайнберга–Салама–Глешоу (Нобелівська премія з фізики 1979 р.) на кварки, в тому числі зачаровані, і застосували певний механізм, який дав можливість розв'язати проблему правил відбору для нейтральних струмів, змінюючих дивність (механізм Глешоу–Іліопулоса–Майані, або ГІМ-механізм). В результаті на зміну наївної



С. Вайнберг



А. Салам



Дж. Іліопулос



Л. Майані



С. Тінг



Б. Ріхтер



М. Перл



М. Кобаясі

трикваркової моделі адронів, яка мала чимало недоліків, прийшла чотирикваркова модель з ГІМ-механізмом і зачарованим кварком s та його антикварком \bar{c} .

В 1974 р. відбувся прорив в емпіричній фізиці елементарних частинок. Майже одночасно і незалежно двома групами фізиків Брукхейвенської національної лабораторії (С. Тінг, С. Ву, Ж. Обер та ін.) і Станфордського прискорювального центру (Б. Ріхтер, М. Перл, Г. Гольдхабер та ін.) відкрито новий незвичайний важкий нейтральний мезон масою 3,1 ГеВ і часом життя 10^{-20} сек, названий пси-частинкою Ψ/ψ (Нобелівська премія з фізики 1976 р. С. Тінгу та Б. Ріхтеру). Невдовзі відкрито ще низку пси-частинок. Було припущено, що вони складаються з важкого зачарованого кварка s та його антикварк \bar{c} , тобто $\Psi = (c\bar{c})$ є мезонами з прихованим зачаруванням, які утворюють сім'ю чармонію. Останній являв собою непряме, проте переконливе, свідчення існування четвертого, зачарованого, кварка. Тому розпочалися пошуки частинок з явним зачаруванням, так званих D -мезонів, передбачених теоретично. В 1976 р. відкрито зачаровані мезони (Г. Гольдхабер та ін.) і зачаровані баріони (Б. Кнепп та ін.), їх відкриття стало справжнім триумфом

кваркової будови адронів, зокрема чотирикваркової моделі.

Але відкриття нових частинок тривало. В 1977 р. внаслідок бомбардування протонами з енергією 400 ГеВ мішеней з важких елементів виявлено нейтральні резонансні частинки масою 9,45 ГеВ і шириною резонансу ~ 40 кеВ (Л. Ледерман та ін.). Цей новий мезон назвали іпсилон-частинкою Y , спостерігали три її стани: Y , Y' , Y'' . Невдовзі Y було виявлено також у ee -зіткненнях на колайдері ДОРІС в ДЕЗІ лабораторії. За аналогією з Ψ -мезоном іпсилон-частинки стали тлумачити як зв'язані стани нового, п'ятого, кварка g та його антикварка \bar{b} , тобто $Y = (b\bar{b})$. Маса b -кварка становить 4730 МеВ, йому приписано нове квантове число – краса, або привабливість, що дорівнює 1. Це відкриття започаткувало нову сім'ю – іпсилон-частинок, члени якої є збудженими станами системи $(b\bar{b})$, чудовим доповненням до чармонію $(c\bar{c})$.

В другій половині 60-х років висунуто гіпотезу важкого лептона L та супутнього йому нейтрино ν_L , що утворюють лептонну пару $L\nu_L$. В 1973 р. у Станфорді став до ладу e^+e^- -ко-

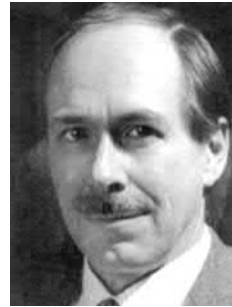


Т. Маскава

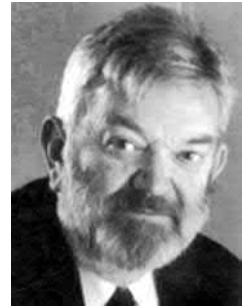
лайдер СПІР з енергією в пучках 4,8 GeV, на якому М. Перл відразу розпочав експерименти по виявленню важких лептонів з допомогою $e\mu$ -подій. В 1975 р. виявлено 24 $e\mu$ -події, які були досить сильним аргументом на користь того, що їх джерелом є новий, важкий, лептон, і до кінця року вже була впевненість у його існуванні – тау-лептона τ , найважчого у лептонній сім'ї (Нобелівська премія з фізики 1995 р.). До кінця 1979 р. результати всіх вимірювань беззаперечно свідчили про існування τ -лептона. Його електричний заряд $1e^\pm$, маса $(1,777 \pm 3)$ MeV. У наступні роки на основі експериментальних фактів було зроблено висновок про супроводжуване τ -мезон нейтрино ν_τ і вже 1978 р. зареєстровано розпад $\tau \rightarrow \nu_\tau \pi^-$ та виміряно його відносну імовірність.

Відкриті іпсилон-частинка Υ і тау-лептон τ додали до Стандартної моделі частинки третього покоління – b -кварк і τ -лептон, і повністю підтвердили запропоновану 1973 р. М. Кобаясі і Т. Маскавою шестикваркову модель, у якій вони постулювали шостий кварк – t -кварк, вважаючи, що для порушення CP -симетрії необхідно третє покоління частинок (Нобелівська премія з фізики 2008 р.). Відкриття в 1995 р. t -кварка і в 2003 р. τ -нейтрино ν_τ заповнили прогалини в шестикварковій моделі та остаточно утвердили її як стандартну.

При описанні взаємодій також використовувалися калібрувальні поля, що забезпечують інваріантність теорії відносно калібрувальних перетворень. Як зазначалося вище першу неабеліву калібрувальну теорію сформулювали 1954 р. Ч. Янг і Р. Мілс (теорія Янга–Мілса), але широке застосування їх відноситься до кінця 60-х – початку 70-х років (незалежно від них в тому



Г. т'Хоофт



М. Велтман

ж році загальну теорію калібрувальних полів побудував Р. Утіяма, яку доповів на семінарі, опублікував 1956 р.). В 1971 р. Г. т'Хоофт дав перший доказ перенормованості спонтанно порушеної неабелівої калібрувальної теорії, а 1972 р. разом з М. Велтманом завершив його (Нобелівська премія з фізики 1999 р.). В результаті в кінці 60-х років квантова теорія поля, доповнена принципом калібрувальної симетрії, повернулася на авансцену, зайнявши міцні провідні позиції в теорії слабких і сильних взаємодій.

В ці ж роки з використанням принципу локальної калібрувальної симетрії та групи $SU(2) \times U(1)$ створено об'єднану теорію електромагнітних і слабких взаємодій, яка пояснила відомі на той час експериментальні факти і передбачила низку нових – нейтральні струми, нових переносників електромагнітної взаємодії – проміжні заряджені векторні бозони W^\pm і слабкою взаємодії – нейтральний векторний бозон Z^0 та безспіновий бозон Хігса. Невдовзі цю теорію було перевірено експериментально з високою точністю.

На початку 70-х років побудовано і теорію сильної взаємодії стосовно кварків. Як зазначалося вище, всі адрони згідно з чотирьокварковою моделлю складаються з чотирьох типів



Д. Гросс



Ф. Вільчек



Х. Політцер



Г. Джорджи

(ароматів) кварків u , d , s , c та відповідних їм антикварків u, d, s, c . Маючи таку характеристику як колір, вони є кольоровими, кожний з них може перебувати в трьох станах, тобто мати один з трьох кольорів – червоний, синій, жовтий. Отже, маємо вже не 4 кварки, а 12, відповідно і 12 антикварків, тобто загалом 24. Виникає своєрідна кольорова $SU(3)$ -симетрія для кварків, або $SU_c(3)$ -симетрія.

Ще в 1965–1966 рр. Й. Намбу припустив, що взаємодія між кварками забезпечується 8 калібрувальними векторними полями, квантами яких є глюони, явно постулювали глюони в 1972 р. М. Гелл–Манн і Г. Фрітч. Але глюнні поля (глюони) несуть кольоровий заряд, а тому сильно взаємодіють як з кварками, так і між собою. В кварк-глюонній схемі сильна взаємодія зумовлюється процесами випромінювання й поглинання кольорових глюонів кольоровими кварками зі збереженням квантового числа. За аналогією з електромагнітним полем стали вважати кольорову $SU_c(3)$ симетрію калібрувальною і глюони описувати неабелівими калібрувальними полями.

В 1973 р. виявлено унікальну властивість неабелівих калібрувальних теорій – послаблення взаємодії зі зменшенням відстані, названу

асимптотичною свободою (Д. Гросс, Ф. Вільчек, Х. Політцер; Нобелівська премія з фізики 2004 р.). Стосовно кварків, то вони на дуже малих відстаннях при сильних зіткненнях майже не взаємодіють між собою, тобто рухаються як вільні частинки, і чим ближче кварки один до одного, тим слабше їх кольоровий заряд. В результаті було закладено передумови для створення реалістичної теорії сильної взаємодії кварків і глюонів. При її розробці використовувалися кварково-партона модель, кольорова група симетрії кварків $SU_c(3)$, апарат неабелівих калібрувальних полів і принцип асимптотичної свободи.

Невдовзі стало зрозуміло, що тільки одна конкретна теорія з асимптотичною свободою може бути кандидатом на роль теорії сильної взаємодії – калібрувальна колірна група $SU_c(3)$ -симетрії з трьома кварками і 8 глюонами. Цю теорію було названо квантовою хромодинамікою, КХД (М. Гелл–Манн, Г. Фрітч; Д. Гросс, Ф. Вільчек, Х. Політцер; 1973 р.). З цього часу експериментальні дослідження все в більшій мірі підтверджували її як правильну теорію сильних взаємодій. Прийняття фізичною спільнотою КХД водночас було і остаточним утвердженням поглядів на кварки як складові нуклонів, оскільки саме вона

пояснила відсутність кварків у вільному стані.

Механізм передачі сильної взаємодії в КХД подібний до механізму передачі електромагнітної взаємодії, він здійснюється внаслідок обміну третьою частинкою. В КЕД нею є безмасовий фотон, у КХД – вісім безмасових глюонів, які однак не тільки переносять сильну взаємодію між кварками, але деякі з них і кольоровий заряд, тобто можуть змінювати кольори кварків. Існує 9 можливих переходів між кварковими кольорами, пов'язаних зі зміною кольору. Кварки з кольоровими зарядами взаємодіють між собою за допомогою глюонів, якщо різниця їх зарядів є цілим або напівцілим числом. Будь-яку систему кольорових частинок можна побудувати з найпростішого триплету кварків – червоного, синього та зеленого кварків. Триплет антикварків можна утворити, комбінуючи кварки парами, тобто антикварк є зв'язаним станом двох кварків. Глюони також можна сконструювати з кварків та антикварків. Наявність у глюона кольорового заряду приводить до того, що у вакуумі кварки оточено хмарою віртуальних глюонів і віртуальних кварк-антикваркових пар. При цьому хмара віртуальних кварків та антикварків поляризується, а антикварки групуються навколо реального кольорового заряду і частково його екранують. В результаті кольоровий заряд кварка «розподіляється» в просторі, хмара віртуальних глюонів «розширює» його і з наближенням до кварка зменшується. Кольоровий заряд глюона змінює характер сильної взаємодії між кварками, вона не зростає швидко зі зменшенням відстані, константа зв'язку в КХД зменшуються, коли відстань, на якій вона вимірюється, прямує до нуля. В цьому випадку має

місце ефект асимптотичної свободи, його підтверджено експериментально.

Одним із процесів, у якому яскраво проявляється реальність існування кварків, є процеси анігіляції електронів і позитронів в адрони, або фрагментації кварків в адрони, адронні струмини, які спостерігали в 1975 р. Саме ці процеси дозволили встановити також верхню межу «розмірів» кварків – 10^{-16} см. Нині кварки і лептони є первісними частинками, з яких складена вся матерія.

Розробивши єдину теорію електромагнітної та слабкої взаємодії фізики вирішили об'єднати однією теорією вже три взаємодії – слабкі, електромагнітні та сильні, зібравши разом кварки і лептони (Велике об'єднання). Ця єдина теорія мала являти собою суперструктуру, яка включала би симетрії $SU(3)$, $SU(2)$ і $U(1)$, тобто реалізувала ще вищі симетрії, в якій лептони і кварки були б ще тісніше пов'язані між собою. Такою широкою, але простою калібрувальною групою, яка включила би в себе наведені вище симетрії, є група $SU(5)$. Один з єдиних теорій сильних, електромагнітних і слабких взаємодій, засновану на $SU(5)$ -симетрії, побудували 1973 р. Ш. Глешоу і Г. Джорджі. В пропонуваному об'єднанні принципової відмінності між лептанами і кварками не існує, вони є членами однієї сім'ї, і переходи кварка у лептон і, навпаки, здійснюється так само легко, як переходи одного кварка в інший, або лептона в інший лептон. Три названі взаємодії мають однакову силу, або константу зв'язку. Наведені міркування, як показують розрахунки, можуть реалізуватися на відстані 10^{-29} см і при енергіях 10^{15} GeV (масштаб об'єднання). Тоді названі три взаємодії являють собою різні прояви однієї фунда-



В. Панофський



Р.Р. Вільсон



С. Ван дер Мейер



К. Руббіа

ментальної сили з однією константою і симетрією, тобто на дуже малих відстанях і при дуже великих імпульсах константи цих трьох взаємодій стають однаковими, а інтенсивності їх «вирівнюються», тобто відмінність між кварками і лептонами зникає.

Отже, моделі Великого об'єднання – це моделі квантової теорії поля, в яких сильні, електромагнітні та слабкі взаємодії описуються єдиною калібрувальною теорією зі спонтанно порушеною симетрією $SU(5)$. Однак при побудові зі реалістичної моделі Великого об'єднання виникають труднощі, пов'язані скалярними частинками X , або бозонами Хігса, які забезпечують в теорії спонтанне порушення симетрії з виникненням мас у лептонів, кварків, проміжних векторних бозонів W^\pm і нейтрального бозона Z^0 за рахунок певного механізму (механізму Хігса). Бозон Хігса відкрито 2012 р. на Великому адронному колайдері. Модель $SU(5)$ називається Стардартною, значна частина її уявлень надійно підтверджено експериментально, зокрема існування бозона Хігса – ключового елемента моделі. Виходячи з теорії $SU(5)$, можна висувати гіпотези щодо будови Всесвіту при різних енергіях на різних етапах його розвитку.

Активно розвивалася також експериментальна база фізики високих

енергій – створювалися прискорювачі на надвисокі енергії (400–1000 ГеВ) з нерухомими мішенями та калайдери на зустрічних e^+e^- , pp - і $p\bar{p}$ -пучках і відповідна рееструюча апаратура, зокрема нового покоління.

В 1967 р. у Станфорді став до ладу лінійний прискорювач електронів (СЛАК) на енергію 21 ГеВ (В. Панофський та ін.), Корнеллський електронний синхротрон на 12 ГеВ (Р.Р. Вільсон та ін.), протонний синхрон-фазотрон на 76 ГеВ у Серпухові (А.О. Логунов, В.В. Владимірський, О.С. Наумов та ін.). В 1972 р. в Брукгейвенській національній прискорювальній лабораторії став до ладу протонний синхротрон на енергію 200 ГеВ (Р.Р. Вільсон), у 1976 р. енергію протонів у ньому доведено до 500 ГеВ; 1976 р. запущено протонний синхротрон SPS у ЦЕРНі на 400 ГеВ. В 1966 р. у Новосибірську став до ладу e^+e^- -колайдер ВЕПП-2 на енергію в 1,4 ГеВ, 1970 р. – e^+e^- -колайдер СПІР на 3 ГеВ (Франція, Італія), 1973 р. – e^+e^- -колайдер СРІР на 4,8 ГеВ у Станфорді (в подальшому енергію частинок пучків доведено до 8 ГеВ), 1982 р. $P\bar{P}$ -колайдер з енергією частинок у пучку 270 ГеВ у ЦЕРНі (для нього було використано модифікований SPS синхротрон (К. Руббіа та ін.) і метод



Д.В. Волков



Е. Віттен



М. Грін



Дж. Шварц

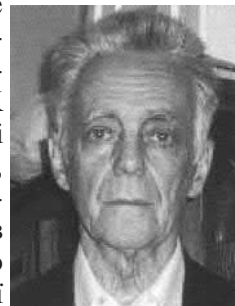
стохастичного охолодження С. Ван дер Мейера), 1978 р. –колайдер ПЕТРА на 19 ГеВ у ДЕЗі лабораторії у Гамбурзі та ін. Низку фундаментальних результатів, одержаних на цих установках, наведено нижче. Це відкриття 1973 р. в ЦЕРНі нейтральних струмів, чим дано перше підтвердження теорії електрослабкої взаємодії (К. Руббіа, Д. Клайн, А. Манн, Л. Лагаррію), в 1983 р. там же відкрито проміжні вектори бозони W^\pm та нейтральний бозон Z^0 (К. Руббіа, Д. Клайн, Б. Обер, Д. Перкінс, Дж. Сальвіні та ін.; П. Даррілю та ін.).

Важливим завданням експериментальної фізики частинок є пошук суперсиметрій. Основи їх заклали Ю.А. Гольфанд і Є.П. Ліхтман (1971); Д.В. Волков і В.П. Акулов (1972); Ю. Весс і Б. Зуміно (1974). Було побудовано чимало суперсиметричних теорій (з ними пов'язана теорія супергравітації – узагальнення загальної теорії відносності).

Дотепер у розглядуваних теорія фігурували частинки як точкові об'єкти. На іншому шляху фізики намагаються їх замінити протяжними об'єктами – струнами (петлями струн) або суперструнами розмірами $\sim 10^{-33}$ см та розробили низку суперструнних моделей (Е. Віттен, М. Грін, Дж. Шварц), зокрема так звану М-теорію.

Космологія. Теорія елементарних частинок виявилася тісно пов'язаною з космологією, яка почала широко використовувати її основні теорії і закони. Вважається, що одним з визначних досягнень фундаментальної науки 70–80-х років був синтез цих двох напрямів, завдяки якому з космологічних даних вдалося одержати важливі для теорії елементарних частинок відомості, перевірити моделі Великого об'єднання, відтворити сценарій виникнення та ранньої еволюції Всесвіту. Досягнення фізики елементарних частинок уможливили дослідження процесів у ранньому Всесвіті, зокрема відразу після Великого вибуху, та полегшали вирішення різних космологічних проблем (до речі, міждисциплінарність стала характерною рисою фундаментальних наук).

В 1965 р. зроблено відкриття, революційне для космології, – зареєстровано фонове (реліктове) випромінювання з температурою $\sim 3,4$ К і довжиною хвилі 7 см (А. Пензіас, Р.В. Вільсон, Нобелівська премія з фізики 1978 р.), що підтвердило теорії гарячого Всесвіту



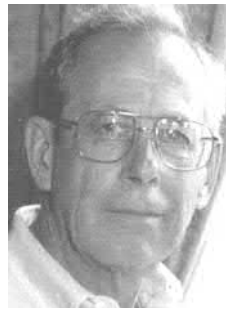
Ю.А. Гольфанд



А. Пензіас



Р.В. Вільсон



Ф. Піблс



Е. Гат

та Великого вибуху. Виявлений мікрохвильовий фон зберігся від ранньої гарячої фази Всесвіту, який саме і зафіксували А. Пензіас і Р.В. Вільсон. Того ж року Ф. Піблс ідентифікував його з реліктовим випромінюванням раннього Всесвіту. (Нобелівська премія з фізики 2019 р.). Це відкриття спричинило бурхливий розвиток космології. В тому ж році Є.Б. Глінер висловив ідею, що на початку розширення Всесвіту, безпосередньо після Великого вибуху, матерія в ньому перебувала у так званому вакуумному стані який створював антигравітацію.

Було продовжено розробку в загальних рисах сценаріїв еволюції гарячого Всесвіту (Ш. Глешоу, С. Вайнберг та ін.). В 1972 р. С. Вайнберг в англійському виданні своєї книги «Гравітація і космологія» побудував загальну картину ранньої історії Всесвіту з врахуванням результатів теорії елементарних частинок (до утвердження в ній Стандартної моделі) [5]. Це саме він зробив і в книзі «Перші три хвилини» [6]. На цьому етапі в космології починають використовуватися кванто-

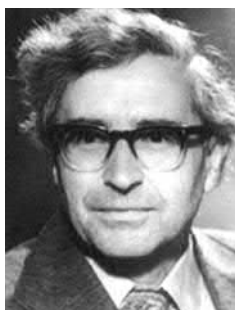


А.Д. Лінде

ві ідеї та підходи, що започаткувало квантову космологію та квантову теорію гравітації.

З початку 80-х років почалася розробка космологічних інфляційних моделей Всесвіту (Е. Гат, А.Д. Лінде; 1981 р.), особливістю яких є наявність у них надзвичайно короткої фази на ранній його стадії, через -10^{-42} сек після Великого вибуху, роздування, або інфляції, що передувала фрідманівському розширенню, коли його масштаби збільшувалися експоненціально.

Астрофізика. Потужна експериментальна база фізики та астрономії (надчутливі радіо-, оптичні та ін. телескопи, детектори космічного випромінювання, орбітальні обсерваторії та космічні апарати, ЕОМ тощо) в поєднанні з теоретичним арсеналом фізики уможливили в астрофізиці одержати чимало фундаментальних результатів. В 1967 р. відкрито пульсари – дискретні космічні об'єкти з пульсуючим радіовипромінюванням (Е. Х'юїш, Ж. Белл та ін., Нобелівська премія з фізики 1974 р. Е. Х'юїшу). В наступному році їх ототожено з обертальними нейтронними зорями. В 1970 р. запущено супутник УХУРУ – першу рентгенівську обсерваторію, завдяки якій час спостережень збільшився від кількох хвилин до кількох років.



Е. Х'юїш



Дж. Х. Тейлор



Р. Халс



С. Хокінг

Вже в перші місяці роботи обсерваторії відкрито 300 нових рентгенівських джерел, в т.ч. подвійні, наднові, активні галактики, квазари та ін. В 1972 р. виявлено рентгенівський пульсар і подвійне рентгенівське джерело, складене з рентгенівського пульсара і нормальної зорі (Р. Джіакконі, Т. Гурський, Г. Таннанбаум та ін.). Подальші дослідження та аналіз даних з УХУРУ в 1971–1974 рр. привели до відкриття рентгенівського джерела Суз Х-1, і довели, що воно входить до складу подвійної системи, причому маса невидимої компоненти більша за шість сонячних мас. Було зроблено висновок що Суз Х-1 являє собою компактний об'єкт розміром, меншим 30 км, і масою, більшою за верхню межу маси нейтронної зорі, тобто може бути першим кандидатом на роль чорної діри (Р. Джіакконі та ін., 1974 р.). Отже, показано, що існують подвійні рентгенівські системи як з нейтронними зорями, так і з чорними дірами. Також було відкрито явище акреції міжзоряного газу на сколапсований об'єкт, це уможливило пояснення джерел енергії квазарів і ядер активних галактик.

В 1979 р. Запущено потужнішу рентгенівську обсерваторію «Ейнштейн» з телескопом, чутливішим за телескоп УХУРУ в 1000 разів, що дало можливість досліджувати всі типи астрофізичних джерел і явищ.

В 1974 р. Дж.Х. Тейлор і Р. Халс з допомогою 300-метрового радіотелескопа, встановленого в кратері загаслого вулкана в Аресебіо на о. Пуерто-Ріко відкрили подвійний пульсар – тісну систему, складену з двох нейтронних зір (Нобелівська премія з фізики 1993 р.). Дослідження руху цих компонент показували зміни в їх орбітах з часом. Ефект був незначний, проте спричинював зменшення періоду обертання пульсара навколо спільного центру тяжіння, яке було виміряно. Аналіз дозволив зробити висновок, що причиною є гравітаційне випромінювання однією з зір у повній відповідності з ЗТВ, генерацію гравітаційних хвиль. І кандидатів на чорні діри шукають у подвійних системах.

Зафіксовано випадки, коли одна з компонентів подвійної системи, крім потужного гравітаційного впливу, є також потужним джерелом рентгенівського випромінювання, зокрема Лебідь Х-1. Його стали вважати подвійною системою, складеною з чорної діри і звичайної зорі, які обертаються навколо спільного центру тяжіння. Інтерес до чорних дір виник з початку 60-х років, з відкриття квазарів, і невдовзі фізика чорних дір перетворилася на окремий науковий напрям. В 1965–1970 рр. С. Хокінг і Р. Пенроуз показали, що в чорній дірі повинна існувати сингулярність, в якій густина

і кривина простору-часу нескінченні, і сформулювали 1969 р. одну з теорем про сингулярність (теорема Хокінга–Пенроуза). В 1973 р. Дж.М. Бардін, Б. Картер і С. Хокінг сформулювали чотири закони динаміки чорних дір, а 1974 р. С. Хокінг передбачив квантове випаровування чорних дір (ефект Хокінга), знайшовши механізм їх випромінювання.

В 1973 р. виявлено перші гамма-сплески – потужне вибухове явище, спостережуване у Всесвіті, і з того часу вони інтенсивно вивчаються. В 1967 р. Р. Девіс зафіксував перші сонячні нейтрини. На цьому етапі відбулося започаткування нейтринної астрофізики.

Чимало нових даних одержано не тільки щодо космосу, але і планет сонячної системи завдяки космічним апаратам та автоматичним станціям. Сформувався новий погляд на космос, в якому високоенергетичні процеси відіграють вирішальну роль в його динаміці. Класична концепція Всесвіту як спокійної системи з повільною еволюцією, що регулюється споживанням ядерної енергії в зорях, завершилася. Всесвіт постав перед нами на цьому етапі з грандіозними вибухами, різкими змінами світності. Від Великого вибуху, від утворення зір і галактик та їх скупчень, від народження і смерті зір високоенергетичні процеси в ньому є нормою, а не винятком.

Фізика твердого тіла і конденсованих систем. На цьому етапі фізика твердого тіла і конденсованого стану речовини остаточно перетворилася на фізику конденсованих систем, ставши величезною і розгалуженою галуззю фізики, в якій, як вважають, нині працює майже половина всіх фізиків світу. При цьому пріоритет у дослі-

дженнях у ній дещо змістився – від ідеальних кристалів в бік інтенсивного дослідження неупорядкованих, неперіодичних, структур (аморфні тіла, сплави, полімери, скло та ін.), що відкрило можливість нових технічних застосувань. Використовуючи власний теоретичний арсенал, а також результати інших, здавалося б далеких фізичних напрямів, наприклад, квантової теорії поля, теорії елементарних частинок, фізики нелінійних явищ тощо, залучаючи досягнення експериментальної фізики твердого тіла, завдяки яким тверді тіла стали відігравати самостійну роль – роль високоточних фізико-технічних приладів, у розглядуваній галузі було досягнуто вражаючих успіхів.

Як і раніше, розвиток її стимулювався запитом техніки, для якої вона залишалася передусім джерелом нових матеріалів і технологій – матеріалів надчистих, з наперед заданими характеристиками та екстремальними властивостями щодо механічної міцності, тепло- і радіаційної стійкості та ін. Зріс інтерес до «екзотичних» твердих тіл – квантових кристалів, рідких кристалів, квазікристалів, кластерів, до тіл з властивостями речовин різної природи, а також до різних оксидів, двовимірних електронних систем, кераміки, наноматеріалів та ін. Почали вивчатися нелінійні явища в твердих тілах.

В 70-х роках започатковано новий напрям – комбінований вплив сильних і надсильних магнітних та електричних полів, тиску, анізотропних деформацій, домішок на речовини при низьких і наднизьких температурах. В результаті було здійснено переходи діелектрика в метал, метала в діелектрик, напівпровідника в метал, відкрито нові стани речовини, зо-



Д. Офєрофф



Р. Рїчардсон



Д. Лі



Е. Легетт

крема квантову спінову рідину, бозе-ейнштейнівський і ферміонний конденсати, виявлено електронно-топологічний фазовий перехід $2^{1/2}$ роду, створено перші надпровідний полімер і органічний надпровідник, а також сполуки, в яких співіснують надпровідність і феромагнетизм, тощо.

Розроблено методи «конструювання» якісно нових, штучних кристалів із заданими властивостями, зокрема епітаксію – процес нарощування монокристалічних шарів речовини на кристалічну підкладку, а також методи осадження з молекулярних пучків, напilenня в умовах глибокого вакууму, рідинно-фазної, газо-фазної та молекулярно-променевої епітаксії, модульованого легування тощо.

Значно розширився інструментарій твердотільних досліджень: широко почали використовуватися електронні обчислювальні машини, надчутливі радіофізичні та оптичні прилади, лазери, скануючий тунельний мікроскоп, нанотехнології, відбувалася мініатюризація електронної техніки. Завдяки прогресу в створенні нових матеріалів і технологій їх виготовлення активно розвивалася експериментальна фізика твердого тіла, в якій одержано чимало фундаментальних результатів, зокрема, виявлено квантову дифузію, електронну кристалізацію, квантування

магнітного потоку та ін., а також розглядувані нижче ефекти та структури.

Надґратки та гетероструктури. В 1970 р. Л. Есакі та Р. Тсу висунули ідею надґратки – періодичної напівпровідникової структури, в якій на носіїв заряду, крім звичайного потенціалу кристалічної ґратки, діє ще додатковий потенціал, і реалізували її, виростивши перші твердотільні композиційні надструктури. В 1974 р. вони та Л. Чанґ в праці з резонансного тунелювання виявили нові фізичні властивості гетероструктур з так званими квантовими ямами, тоді ж Л. Есакі та Л. Чанґ спостерігали резонансне тунелювання в надґратці.

В 1971 р. Е. Чо запропонував метод молекулярно-променевої епітаксії чим зроблено прорив у створенні гетероструктур. Ця технологія уможливила конструювання гетероструктур. В 1970 р. Ж.І. Алфьоров розглянув можливість одержання різних ґратково-узгоджених гетеропереходів з використанням четвертих твердих розчинів $A^{III}B^V$, що давали можливість змінювати сталу ґрутки і ширину забороненої зони. Ця ідея стала важливою для технології гетероструктур.

В 1983 р. Г. Кремер і Г. Гріффїтс розглянули генероструктури зі ступінчастою структурою зон (гетеропереходи \bar{II} роду), просторовий розподіл



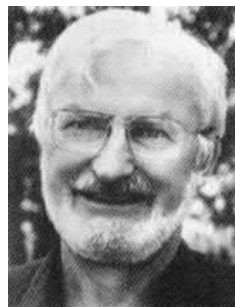
Ж.І. Алфьоров



Е. Чо



Г. Бінніг



Е. Легетт

електронів і дірок у яких дозволяє керувати їх оптичними властивостями в широкому діапазоні. Гетероструктури II роду відкрили нові можливості для фундаментальних і прикладних досліджень. Різні гетероструктури являють собою способи створення нових матеріалів – гетеропровідників, подекуди з унікальними властивостями. В 2000 р. Ж.І. Алфьорова і Г. Кремера за розробку напівпровідникових гетероструктур удостоєно Нобелівської премії з фізики.

В 1972 р. Д. Ошерофф, Р. Річардсон і Д. Лі відкрили в рідкому гелії-3 ^3_2He два квантові переходи – А-перехід при 2,6 мК і В-перехід при 1,8 мК, тобто існування в ньому двох надплинних фаз (Нобелівська премія з фізики 1996 р.). Це стало можливим завдяки сконструюванню Д. Ошероффим з колегами (1969–1970) комірок охолодження Померанчука нового покоління.

Теорію надплинного гелію ^4_2He побудував в 1972–1973 рр. Е. Легетт (Нобелівська премія з фізики 2003 р.). Методи і результати досліджень надплинного гелію-3 використовуються в різних галузях фізики, зокрема астрофізиці та космології.

В 1980–1981 рр. у фізиці твердого тіла зроблено проривні відкриття – виявлено квантові ефекти Холла. В 1980 р. К. фон Клітцинг відкрив квантування холлівського опору в двовимірній металічній електронній системі, в якій електрони вільно переміщуються в певній площині – цілочисловий квантовий ефект Холла (Нобелівська премія з фізики 1985 р.). В 1981 р. Д. Тсуї і Х. Штьормер виявили при температурі 1,5 К і В=5 Тл дробовий ефект Холла і дробовий заряд ($1/3e^-$), пояснення спостережуваному ефекту дав 1983 р. Б. Лафлін (Нобелівська



К. фон Клітцинг



Е. Чо



Д. Тсуї



Х. Штьормер



Т. Хьонш



Дж. Холл



Г. Демелт



В. Пауль

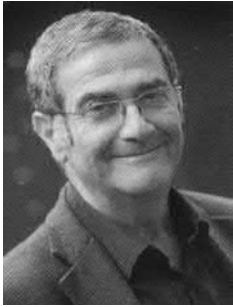
премія з фізики 1998 р.). Стан, який відповідає дробовому ефекту Холла, є новим станом матерії з квазічастинками з дробовими електричними зарядами вони не є адиабатичними образами електронів). Слід зазначити, що вимірювання ефекту Холла Д. Тсуї і Х. Штьормер проводили на модульовано-легованих зразках, вирощених А. Госсардом і У. Вігманом, саме ж модульоване легування винайшли та здійснили 1978 р. У. Вігман, А. Госсард, Р. Дінгл і Х. Штьормер.

В 1982 р. Д. Шехтман відкрив новий тип твердого тіла – квазікристали. Важливою для експериментальної фізики твердого тіла стала розробка (1979–1981) нового методу дослідження поверхонь – скануючої тунельної мікроскопії та тунельного скануючого мікроскопа, СТМ (Г. Бінніг, Г. Рорер, Нобелівська премія з фізики 1986 р.). В 1982 р. вони одержали атомне розрізнення, а невдовзі – зображення окремих атомів. Роздільна здатність СТМ становить частки Å , що зумовило його широке використання не тільки у фізиці, але і в інших науках, зокрема біології.

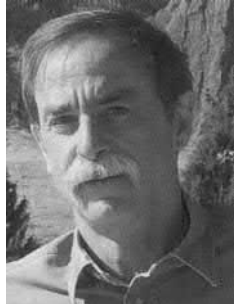
Лазерна фізика. На розглядуваному етапі систематичного розвитку дістали також лазерна фізика і лазерна спектроскопія, нелінійна та інтегральна оптика, фізика плазми та ін. Бурхливо

розвивалася фізика лазерів та її окремі напрями. Удосконалювалися «старі» лазери та розроблялися нові (нові робочі середовища, методи накачки, конструкції), зростали їх потужність та інтенсивність випромінювання, діапазон робочих частот, галузі застосування, зокрема було започатковано лазерну хімію, лазерні технології, лазерну локацію. В 1969 р. одержано лазерну генерацію в парі металічного кадмію і запропоновано хіміко-газодинамічні лазери, 1970 р. запущено ексимерний лазер, а також лазер неперервної дії на барвнику, для збудження якого використовувався іонний аргонний лазер, 1974 р. створено лазер на центрах забарвлення, а 1975 р. – лазер, що генерував біле світло.

В 70-х розроблено лазери на подвійних гетероструктурах, зокрема в 1970 р. в них одержано неперервний режим генерації при кімнатній температурі (Ж.І. Алфьоров із співробітниками. Створені Ж.І. Алфьоровим і Г. Кремером швидкодіючі оптико-мікроелектронні пристрої на основі напівпровідникових гетероструктур стали значним внеском у сучасні інформаційні технології. Створено також потужні багатоканальні лазерні установки, а в 70–80 роки лазери, що генерували імпульси світла фемтосекундної тривалості (10^{-15} – 10^{-12} с).



С. Арош



Д. Вайнленд



Ч. Као



Дж. Сміт

Одержавши в своє розпорядження потужне спрямоване, когерентне і високомонохроматичне світло від лазерів, фізики створили чимало зовсім нових видів спектроскопії, які інтенсивно розвинулися. В 1970–1971 рр. Т. Хьонш і К. Борде незалежно розробили новий метод спектроскопії насичення, вільний від доплерівського розширення, який не вимагав вміщення зразка в лазерний резонатор. Як зазначав сам Т. Хьонш, невдовзі він створив спеціальний перебудований імпульсний лазер на барвнику, накачуваний азотним лазером високої монохроматичності, що давало можливість застосовувати цей метод до будь-яких атомних резонансних ліній, і вперше одержав вільні від доплерівського розширення спектри. В результаті виникла і дістала бурхливого розвитку прецизійна лазерна спектроскопія (Т. Хьонш, Дж. Холл, Нобелівська премія з фізики 2005 р.).

З появою лазерів їх стали використовувати для визначення більш точного еталона довжини. З їх допомогою було обчислено швидкість світла: $c = 299792458$ м/с (секунда визначалася цезієвим годинником). В результаті в 1983 р. було зроблено перевизначення метра. Він став тлумачитися як довжина шляху, яку проходить світло за $1/299792458$ с. Отже, оптична частота пов'язана з

часом і може бути використана також для визначення одиниці довжини. Переформульовано і низку основних одиниць системи СІ, зокрема прийнято нові еталони – опору, заснованого на квантовому ефекті Холла, та напруги, який використовує ефект Джозефсона.

Було розроблено низку методів «охолодження» атомних пучків (доплерівське, субдоплерівське, зееманське та ін.), які водночас є і методами їх уповільнення. Але фізики намагалися не тільки уповільнити атоми, але і зупинити їх з подальшим полоненням. Маючи досить повільні атоми, можна здійснити їх полонення, зокрема у магнітних, магнітооптичних, лазерних та ін. пастках. Перші електромагнітні пастки для вільних заряджених і нейтральних частинок, що не мали матеріальних стінок, розробили на основі принципів фокусування і захоплення незалежно В. Пауль (1954–1958) і Г. Демелт (1977) (Нобелівська премія з фізики 1989 р.). Такі пастки дають можливість досліджувати ізольовані частинки протягом тривалого часу, отже, з дуже високою точністю вимірювати їх властивості.

Наприкінці розглядуваного періоду С. Арош і Д. Вайнленд започаткували розробку експериментальних методів вимірювання окремих кван-

тових систем і керування ними, тобто маніпуляції квантовими станами, окремими індивідуальними частинками, зберігаючи їх квантову природу. Зокрема, в 1983 р. С. Арош відкрив прискорення випромінювання фотона в резонаторі в 500 разів, продемонструвавши можливість змінювати час життя поодинокого збудженого атома, тобто маніпулювати темпами внутрішньоатомних процесів, а Д. Вайнленд за допомогою методу доплерівського охолодження іонів у 1980–1981 рр. «спіймав» окремі іони в іонні пастки.

Значні результати одержано в прикладній оптиці. На початку 70-х років започатковано інтегральну оптику (Е. Міллер). Появи лазерів уможливила створення оптичного зв'язку, побудову волоконно-оптичних ліній передачі інформації, які за своїми характеристиками перевершують традиційний зв'язок. В 1966 р. Ч. Као розрахував, як передавати світло на значні відстані по оптичному скловолокну і яким вимогам цей волоконний світловод повинен задовольняти, започаткувавши тим самим волоконно-оптичний зв'язок. Його вимірювання 1968–1969 рр. показали що для здійснення оптичного зв'язку необхідні компактний напівпровідниковий GaAs лазер як джерело, волоконний світловод з низькими втратами, як провідне середовище і германієві або кремнієві детектори (Нобелівська премія з фізики 2009 р.). В 1970 р. вперше створено волоконні світловоди на основі кварцового скла з втратами ~ 20 дБ/км, в 1976 р. – світловоди з втратами, меншими 1 дБ/км. Було розпочато розгортання світловолоконної системи зв'язку першого покоління з пропускною здатністю 45 Мд/с, з 80-х років почали проклада-

тися комерційні волоконнооптичні системи зв'язку.

Важливе значення для прикладної оптики мало винайдення 1969 р. У. Бойлем і Дж. Смітом прилада з зарядовим зв'язком, або ПЗЗ-матриці, що використовує технологію реєстрації зображень за допомогою цифрового детектора (цифрова форма зображень) (Нобелівська премія з фізики 2009 р.). Це революціонізувало запис і відтворення зображень.

Розвивалися також різні види томографії. В 1969 р. Дж. Хаунсфілд побудував перший комп'ютерний рентгенівський томограф на основі комп'ютерного методу відтворення пошарової структури внутрішніх органів з допомогою рентгенівських променів, розробленого 1964 р. А. Кормаком (Нобелівська премія з фізики 1979 р.). В наступні роки дістала розвитку магнітно-резонансна томографія на основі ЯМР (П. Мансфілд, П. Лаутербур, Нобелівська премія з фізіології та медицини 2003 р.).

На цьому етапі поряд із синергетикою активного розвитку дістав також інший міжциплінарний напрям – нелінійна динаміка, або теорія нелінійних динамічних систем, що включає теорії стійкості, динамічного хаосу, турбулентності, катастроф та ін. і для дослідження нелінійних систем використовує нелінійні моделі. Нелінійні коливання й хвилі в нелінійних системах різної фізичної природи мають спільні риси, що зумовлює їх однакове математичне описання. Це стало основою розробки єдиного підходу до вивчення нелінійних систем і процесів у них, побудови їх базових математичних моделей. Можна сказати, що за великим рахунком і сама фізика стала нелінійною, адже більшість її задач зводиться до розв'язання не-

лінійних рівнянь. Бурхливий розвиток нелінійної динаміки розпочався у 70–80-х роках і привів до заміни парадигми лінійності парадигмою нелі-

нійності, що спричинило принципові зміни в науковій картині світу та методології науки, утвердження в науці нелінійного стилю мислення.

Фізика в Україні в 1965–1984 рр.

В цей період науково-дослідна робота з фізики проводилася в інститутах, названих вище, а також у створених у цей час – Донецькому фізико-технічному інституті АН УРСР (1965) та Інституті теоретичної фізики АН УРСР і Інституті ядерних досліджень АН УРСР, організованих у Києві відповідно в 1966 р. і 1970 р. Нижче наведено основні наукові та науково-технічні результати, одержані в названих інститутах.

Харківський фізико-технічний інститут [7]. В 1965 р. тут став до ладу електронний прискорювач на 2 ГеВ (А.К. Вальтер, І.О. Гришаєв та ін.), що дало можливість експериментально вивчати процеси взаємодії електронів, позитронів і фотонів високих енергій з ядрами і нуклонами, реалізувати обширні програми з ядерної фізики та фізики елементарних частинок, одержати основну інформацію в СРСР з електромагнітних взаємодій. Цим прискорювачем завершено створення в ХФТІ комплексу лінійних прискорювачів електронів, що уможливило проведення досліджень в діапазоні від кількох МеВ до 2 ГеВ в широкому інтервалі інтенсивностей на пучках з унікальними характеристиками. Робота на них сприяла також розвитку теорії і техніки прискорювачів.

В 1967 р. став до ладу також перший у СРСР перезарядний електростатичний прискорювач поляризованих протонів і дейтронів на енергію 3 МеВ. Поряд зі створенням прискорювачів на високі енергії в Інституті

почали розробляти також малогабаритні лінійні прискорювачі протонів і багатозарядних іонів на невеликій енергії для потреб фізики твердого тіла, фізичного матеріалознавства, радіаційної біології й медицини. З 1970 р. провадилися роботи зі створення прискорювачів релативістських електронів пучків і вже наступного року став до ладу один з перших у СРСР таких прискорювачів.

Створення потужної прискорювальної бази, методів дослідження та відповідної вимірювальної апаратури дало можливість проводити широкі експериментальні в різних напрямках ядерної фізики. Відкрито і докладно вивчено ізотопний ефект (О.П. Ключарьов та ін.), одержано понад 20 нових ізомерних ядер і встановлено закономірності їх розпаду (О.П. Ключарьов та ін.). Значний цикл досліджень структури атомних ядер провів Є.В. Інопін, зокрема розрахував (1976) межі стабільності ядер та ізотопічні ефекти в розсіянні електронів і нуклонів високих енергій на ядрах. М.Г. Афанасьєв з співробітниками вивчав електроутворення піонів на ядрах, а П.І. Вацет – розщеплення легких ядер гамма-квантами в потужних пучках електронних прискорювачів. З 1968 р. під керівництвом П.В. Сорокіна велися дослідження фото- та електронородження піонів на нуклонах в області першого піон-нуклонного резонансу.

Дослідження з фізики елементарних частинок стосувалися квантової електродинаміки, електродинаміки

адронів, квантової теорії поля й теорії елементарних частинок, теоретичного обґрунтування експериментів з фізики високих енергій. В 1965–1966 рр. Д.В. Волков виконав роботи з вищих симетрій та їх застосувань. В 1972 р. спільно з В.П. Акуловим і В.О. Сорокою він запровадив (незалежно від Ю.А. Гольфанда і Є.П. Ліхмана, 1971 р.) поняття суперсиметрії та і провів піонерські дослідження з побудови теорії суперсиметрії, розвинув геометричний метод побудови феноменологічних лагранжіанів для будь-якої групи симетрій. Висунув також основні ідеї теорії супергравітації. Широкого розвитку дістали дослідження з електродинаміки адронів (О.І. Ахієзер, М.П. Рекало).

В 70-і роки розроблено квазікласичну теорію гальмівного випромінювання та пружного розсіяння швидких частинок у монокристалах (О.І. Ахієзер, В.Ф. Болдишев, М.Ф. Шульга, 1976 р.).

Істотний внесок зроблено в закладання теоретичних основ фізики плазми. Неабияке значення тут відіграли О.І. Ахієзер, О.Г. Ситенко, К.М. Степанов, Р.В. Половін, О.С. Бакай та ін., зокрема було розвинуто докладну теорію нелінійних хвильових проце-



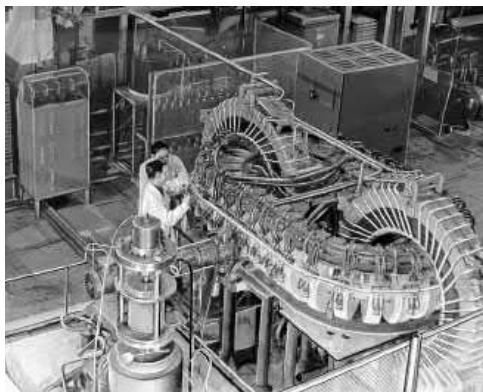
В.Т. Толок



В.Ф. Алексин

сів у плазмі, теорію електромагнітних флуктуаній у ній, динамічну теорію взаємодіючих хвиль. З 60-х років розпочато дослідження нелінійних процесів у турбулентній плазмі, зокрема розроблено теорію слабкої турбулентності плазми та метод нагрівання такої плазми. Досліджувалися нелінійні взаємодії хвиль в плазмі, нелінійні нестійкості та нелінійні методи нагрівання плазми (О.І. Ахієзер та ін.).

З фізикою плазми тісно пов'язані роботи з керованого термоядерного синтезу, які розпочалися в Інституті в 1960 р. за безпосереднім завданням І.В. Курчатова і мали метою розробку керованого термоядерного реактора на основі замкнених магнітних пасток стелараторного типу [8]. Вони були зосереджені у Відділенні фізики плазми і керованих термоядерних



Стеларатор «Сиріус»



Стеларатор «Ураган-1»

реакцій (керівник В.Т. Толлок) і проводилися по трьох наукових програмах – «Ураган», «Юпітер» і «Пучок», які були частиною загальної програми розвитку термоядерних робіт у СРСР. Програма «Ураган» передбачала розробку способів ефективного нагрівання плазми до термоядерних температур, вивчення її тривалого втримання в стелараторах і процесів дифузії та теплопровідності в ній, спорудження самих магнітних систем, розробку методів діагностики плазми тощо. Програма «Юпітер» мала на меті дослідження втримання гарячої плазми в електромагнітних пастках. Ці дві програми було спрямовано на створення конкретних пристроїв, які могли би стати фізичними моделями керованих термоядерних реакторів. Програма «Пучок» розвивала плазмову електроніку, основи якої заклали вчені Інституту.

Вже в 1964 р. став до ладу перший стеларатор «Сиріус», споруджений працівниками ХФТІ за участю харківських заводів. На ньому передбачалося набути досвід розв'язання багатьох задач створення складних стелараторних систем, відпрацювати способи нагрівання плазми та її діагностики, зокрема на ньому було показано існування замкнених магнітних поверхонь, визначено критичний газокінетичний тиск в утримуваній плазмі, ідентифіковано її дрейфову нестійкість. В 1967 р. введено в дію стеларатор «Ураган-1», який став лідером у дослідженні стелараторних систем. На ньому вперше (1971) визначено закони подібності для втримання плазми в стелараторі з омічним нагріванням і досліджено втримання безструмової іонної гарячої плазми, 1974 р. зроблено висновок про ідентичність законів утримання плазми в токамаках і

стелараторах з омічним нагріванням. Цими двома стелараторами в ХФТІ започатковано створення власної експериментальної бази для розв'язання основних задач термоядерного синтезу. В наступні роки в Інституті стали до ладу «Ураган-2», Ураган-3 та ін.

Важливим етапом в розвитку програми «Ураган» було створення стеларатора з дивертором (торсатрона), який працював у стаціонарному режимі завдяки тільки одній гвинтовій обмотки і з «безструмовою» плазмою. Торсатрон запропонував В.Ф. Алексин незалежно від С. Гурдона (Франція), і перший в світі торсатрон «Сатурн» споруджено в Харкові в 1970 р. Найбільший в світі торсатрон «Ураган-3» став тут до ладу в 1982 р. Основними результатами виконання програми «Ураган» були: демонстрація ефективності втримання гарячої плазми в стелараторах з параметрами, близькими до термоядерних, використання розроблених в Інституті високочастотних методів нагрівання плазми, робота з безструмовою плазмою створення стелараторів-торсатронів, які мають необхідні для керованого термоядерного реактора системи [9, с. 103–104].

«В рамках стелараторної програми ХФТІ вдалося розв'язати чимало складних задач, – писав В.Т. Толлок. – Передусім принципово: ми відмовилися від використання струму, збуджуваного індукційним способом у плазмі тороїдальних пасток, відмежувалися від режиму в токамаках. Зробити такий рішучий крок, перейти до реального стелараторного режиму, до роботи з безструмовою плазмою дозволили успіхи в дослідженнях взаємодії високочастотних полів з плазмою. Попередні результати з нагрівання плазми в ділянці іонного циклотронного резонансу на стендових установках було вдало використано на наших стелараторах. Тут вперше вдалося продемонструвати можливість ефективного нагрівання плазми по всій довжині замкненої магнітної пастки за допомогою збудження та наступного загасання іонно-циклотронних хвиль...



А.М. Косевич



І.М. Неклюдов



Р.І. Гарбер

В.М. Ажажа

Цей принципової важливості результат відкрив перспективу нагрівання плазми в замкнених пастках... Виконання такої складної комплексної програми потребувало розв'язання багатьох завдань і розробки способів створення плазми з температурою в сотні мільйонів градусів та ефективної її ізоляції від навколишнього середовища, одержання «чистого» безмасляного вакууму у великих об'ємах, розрахунку, виготовлення й настроювання найскладніших магнітних полів, відпрацювання методів діагностики гарячої плазми тощо... Час показав перспективність стелараторів...» [8, с. 92–94].

Слід зазначити, що для забезпечення необхідного вакууму в термоядерних установках в Інституті розроблено криогенні методи відкачування та створено економічні конденсаційні та адсорбційні насоси, а також криогенні соленоїди.

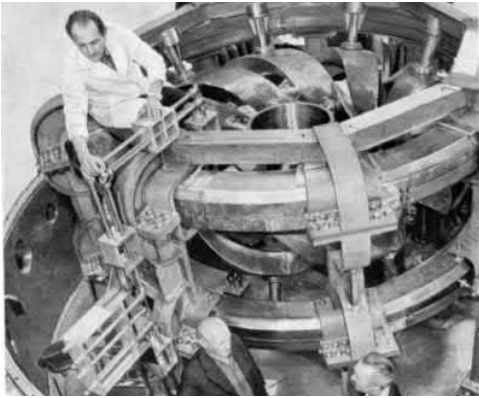
В результаті в ХФТІ було закладено основи сучасної експериментальної бази для робіт по термояду, і він став одним з крупних термоядерних центрів світу.

В рамках робіт з фізики плазми одержано важливі результати в новому прикладному напрямі – плазмовій технології. Було розроблено спосіб нанесення покриттів багатофункціонального призначення внаслідок осадження речовин у вакуумі при конденсації високошвидкісних плазмових потоків (спосіб КІБ), що істотно підвищило зносостійкість ріжучого інструменту та окремих вузлів

машин і механізмів. Для нанесення цих покриттів методом КІБ в Інституті створено установку «Булат», широко використовувану в промисловості (В.Т. Толлок, В.Г. Падалка та ін.).

Фундаментальні результати одержано і у фізиці твердого тіла. Вперше вивчено нелінійні процеси в спіновій системі (О.С. Бакай, В.Г. Бар'яхтар, 1970 р.), флуктуації та розсіяння електромагнітних хвиль на коливаннях магнітної системи (І.О. Ахієзер, Ю.Л. Болотин, 1967 р.), передбачено комбінаційне розсіяння звуку на спінових хвилях (І.О. Ахієзер, Л.Н. Давидов, 1968 р.) та температурний магнітоакустичний резонанс (І.О. Ахієзер, 1972 р.), запропоновано мікроскопічне пояснення антиферомагнетизму металів (І.О. Ахієзер, 1975–1976 рр.). Значний цикл робіт проведено в теорії доменної структури феро- і антиферомагнетиків (В.Г. Бар'яхтар та ін.).

В 1965 р. І.М. Ліфшицем із співробітниками завершено побудову сучасної електронної теорії металів. Розроблено дислокаційну модель двійникування (А.М. Косевич, 1971 р.) та теорію дислокацій (А.М. Косевич, 1978 р.). Вивчено механізм явищ переносу в твердих тілах при низьких температурах (Р.Н. Гуржі, 1968 р.) та побудовано теорію електропровідності чистих металів про низьких температурах (Р.Н. Гуржі, 1973 р.).



Термоядерна установка «Ураган-3»

Інтенсивного розвитку дістали дослідження С.В. Пелетминського та його учнів із загальної теорії необоротних процесів на основі розробленого ним методу скороченого описання нерівноважних систем. У 1974–1978 рр. він одержав загальний вираз для крупноструктурної ентропії, що узагальнює формулу Больцмана для ентропії ідеального газу.

Широкі дослідження проводилися в ХФТІ в галузі фізичного матеріалознавства (фізика міцності й пластичності, радіаційне матеріалознавство, розробки ядерного палива, конструкційних і реакторних матеріалів, вакуумна металургія, одержання чистих і надчистих металів). Виходячи з особливостей низькотемпературного деформування, було запропоновано потужний засіб впливу на фізико-механічні властивості металів і сплавів, в Інституті було розроблено новий підхід до проблеми структурного зміцнення кристалічних тіл і запропоновано методи їх зміцнення (І.О. Гіндин, Я.Д. Стародубов та ін.). Досліджено властивості й структурні зміни тіл у процесі та після програмного зміцнення, відкритого в 1962 р. в Інституті Р.І. Гарбером, І.О. Гін-

диним і І.М. Неклюдовим, з'ясовано механізми, відповідальні за підвищення структури і властивостей програмно-зміцнених матеріалів, що сприяло створенню матеріалів, поєднуючих підвищену міцність і пластичність (І.О. Гіндин, І.М. Неклюдов). Дістав розвитку і спосіб підвищення їх, заснований на зміні властивостей поверхні твердих тіл (В.М. Ажажа та ін.), було встановлено при цьому зміцнюючу й пластифікуючу дію металічних і неметалічних покриттів при певному поєднанні фізико-механічних властивості підкладки і покриття та умов формування захисного шару (В.Є. Іванов та ін.). Вперше досліджено вплив високотемпературних жаростійких покриттів на міцнісні характеристики металів і сплавів (В.Є. Іванов та ін.).

Виконано комплекс теоретичних та експериментальних робіт, що стосуються взаємодії випромінювання з речовиною, процесів виникнення й еволюції дефектів у твердих тілах при опроміненні, радіаційної стійкості матеріалів і шляхів її підвищення. Вперше розроблено методи розрахунків пристороно-енергетичних параметрів, які характеризують пошкодження в матеріалах при їх опроміненні електронами і гамма-квантами в діапазоні енергій 1 MeV – 1,7 GeV. Вивчено процеси деформації реакторних матеріалів для забезпечення їх роботи при комплексному впливі радіації, температури і напруг (В.Ф. Зеленський та ін.). Було запропоновано ефективний спосіб підвищення їх міцності – зміцнення дисперсними частинками. Розроблено ядерне паливо на основі металічного урану та способи його дисперсного зміцнення й підвищення радіаційної стійкості (В.Є. Іванов, В.Ф. Зеленський та ін.) – твел у класичній, міцнозчепленій з урановим

осердям оболонка, що в значній мірі розв'язало проблему використання металічного урану в ядерних реакторах. Розроблене паливо було використано в реакторі першої промислової чехословацької АЕС, й показало високу ефективність, надійність і радіаційну стійкість його до вигорання. Проте сьогодні виникає слушне запитання. Ці твели, такі необхідні для ядерної енергетики незалежної України, чому вона вимушена закупати їх у Росії або США? Всебічно досліджено берилій та розроблено методи одержання чистого реакторного берилію (В.Є. Іванов, І.І. Папіров, Г.Ф. Тихинський).

Активно було розвинено дослідження захисту матеріалів від окислення, запропоновано низку нових фізичних принципів і технологій одержання захисних покриттів, які забезпечили якісний стрибок у досягненні їх високих параметрів. В результаті розроблено покриття різних класів: жаростійкі, високоміцні, антидифузійні та ін. (В.Є. Іванов та ін.).

На цьому етапі в ХФТІ було сформовано наукові школи В.Є. Іванова, Я.Б. Файнберга і Д.В. Волкова.

Інститут фізики АН УРСР [10]. Основні наукові напрями Інституту: оптика твердого тіла, ядерна фізика, фізична і квантова електроніка, фізика плазми. Експериментальними і теоретичними дослідженнями екситонних спектрів молекулярних кристалів створено чіткі уявлення про екситони в цих кристалах і про різні процеси в них при взаємодії зі світлом, тим самим сформовано нову галузь фізики твердого тіла – фізику екситонних станів (А.Ф. Прихотько, О.С. Давидов, В.Л. Броуде, Е.Й. Рашба, М. С. Бродин, А.Ф. Лубченко).

Тривали роботи з фізики кріоцисталів. Було виявлено одночасні збудження магنونів, фононів та екси-



М.С. Бродин



А.Ф. Лубченко

тонів у них, а також міжекситонні взаємодії, які приводять до виникнення складних квазічастинок – біекситонів і поліекситонів, конкретизовано типи екситонів в атомарних кріоцисталах і виявлено в них одночасне існування вільних та автолокалізованих екситонів і біекситонні розщеплення ліній кристала кисню, з'ясовано колективну природу поглинання ним світла (А.Ф. Прихотько, Л.І. Шанський). В ці роки завершено формування школи низькотемпературної спектроскопії твердого тіла А.Ф. Прихотько.

З виникненням лазерної фізики (1960) в ній активно почали працювати вчені Інституту. В 1965–1966 рр. тут створено перестроювані по частоті лазери на кристалі рубіна й неодимому склі (В.Л. Броуде, М.С. Соскін, В.І. Кравченко та ін.). Запропоновано і реалізовано (1966–1967) режим свіпирування частоти в процесі лазерної генерації, що уможливило створення імпульсних світла-лазерів і методу безщилинної лазерної спектроскопії високої роздільної здатності (В.І. Кравченко). В ці ж роки М.Т. Шпак і Є.О. Тихонов одержали лазерну генерацію від великої групи поліметилових барвників, а в 1976 р. створили об'ємні й планарні лазери на рідких кристалах, активованих барвниками. В 1965 р. М.С. Бродин із співробіт-



М.Т. Шпак



О.Г. Одулов



О.Ф. Немець



М.Д. Габович

никами вперше створив лазери на змішаних напівпровідниках при їх двофотонному збудженні, що дало можливість здійснювати частотну перебудову генерації в усій видимій та ближній ультрафіолетовій ділянках спектра. Було показано, що основним каналом їх генерації є екситонні переходи (М.С. Бродин та ін., 1966 р.). Розроблено низку нових методів лазерної спектроскопії високої роздільної здатності та серію високостабільних лазерів (М.Т. Шпак та ін.).

Розпочато створення високостабільних оптичних стандартів частоти (М.Т. Шпак, М.В. Данилейко та ін.). В 1967–1968 рр. В.С. Машкевич побудував кінетичну теорію лазерів.

На основі проведених в Інституті досліджень і розробок створено комплекс твердотільних і рідинних лазерів, перестроюваних за частотою в широкому спектральному інтервалі [9].

За ініціативою А.Ф. Прихотько розпочато і дослідження в тільки створених галузях – нелінійній оптиці та оптичній голографії. Вивчалися процеси двофотонного поглинання в змішаних системах, встановлено типи двофотонних переходів та їх зв'язок зі структурою кристалів, показано істотну роль в них екситонів (М.С. Бродин та ін., 1976 р.). Широко досліджувалися багатофо-

тонні процеси в розчинах барвників як робочих речовинах рідинних лазерів. Вперше відкрито самовикривлення лазерного пучка як новий вид самовпливу, який використано при розробці методу безінерційного керування імпульсними пучками лазерів (М.С. Бродин та ін., 1966 р.). Проводилися дослідження нелінійностей люмінесценції напівпровідникових кристалів, зумовлених колективними екситонними процесами в них та ефектами насичення, відкрито 1975 р. в них екситонну рідину та електронно-діркову плазму (М.С. Бродин, Б.В. Блонський та ін.). В результаті в Інституті дістали широкого розвитку дослідження з двофотонної спектроскопії кристалів та явищ самофокусування в них.

Вчені Інституту зробили істотний внесок у розробку голографічних методів запису й відтворення хвильових полів, корекції та перетворення хвильових фронтів лазерних пучків, у дослідження нових механізмів запису голограм і створення нових реєструючих середовищ. Зокрема, запропоновано голографічний метод одержання зображення самих світлових полів без збурень їх об'єктів, який дає змогу відновлювати амплітудно-фазовий розподіл лазерних пучків (М.С. Соскін та ін.). Розроблялися нові реєструючі

середовища для об'ємного голографічного запису, запропоновано для цього низку перспективних напівпровідникових кристалів і плівок. В 1972 р. запропоновано новий метод запису голограм на аморфних плівках (М.Т. Шпак, А.В. Гнатовський), одержано ефективні голографічні ґратки (М.С. Соскін, О.Г. Одулов та ін.). Побудовано теорію запису об'ємних фазових голограм (В.Л. Вінецький, М.В. Кухтарев). Здійснено голографічне підсилення лазерних пучків у широкому інтервалі інтенсивностей (В.Л. Вінецький, М.С. Соскін та ін., 1976–1977 рр.). З початку 70-х років проводяться широкі дослідження процесів динамічної голографії, фізичні основи якої заклав М.С. Соскін з співробітниками, створено 1976 р. її теорію (В.Л. Вінецький, М.В. Кухтарев).

Використання в динамічній голографії фоторефрактивних матеріалів зумовили відкриття нового класу підсилювачів і генераторів когерентного світла (М.С. Бродин, С.Г. Одулов, М.С. Соскін) [9].

Створена в Інституті в 50-х роках експериментальна база для ядерної фізики (нейтронні генератори, електростатичний генератор на стисненому газі, ізохронний циклотрон У-120, ядерний реактор на 10 МВт, який став до ладу в 1960 р.) уможливили проведення досліджень взаємодії нейтронів, протонів та інших частинок середніх енергій з ядрами (М.В. Пасічник, О.Ф. Немець, В.П. Вертебний та ін.) та одержати результати щодо енергетичних рівнів ядер. М.В. Пасічник виконав цикл робіт по визначенню нейтронних констант низки конструкційних матеріалів ядерних реакторів, О.Ф. Немець виявив низку нових ефектів (ізотопні та обо-



В.М. Оравський



П.М. Томчук

лонкові) та немонотонну залежність перерізів розщеплення дейтронів від атомної маси (ефект Немця), показав роль тричастинкових ефектів в ядерних реакціях, вперше у СРСР створив мішень поляризованого гелію-3. В 1968 р. Г.Д. Латишев побудував бета-спектрометр високої роздільної здатності та виконав на ньому численні вимірювання спектрів внутрішньої конверсії.

Інститут займає провідні позиції в СРСР у галузі іонно-пучкової плазми. В 1969 р. вперше М.Д. Габович спостерігав виникнення багатозвдикуватого потоку при нелінійній взаємодії електронного пучка з плазмою, в 1970 р. вперше синтезовано іонно-іонну плазму й показано підсилення коливань при відносному русі пучків (М.Д. Габович, В.П. Коваленко, О.П. Найда), в тому ж році виявлено дрейфову пучкову нестійкість неоднорідних зустрічних іонних потоків, що рухаються в плазмі вздовж магнітного поля (М.Д. Габович, Е.О. Пашицький, М.М. Проценко). Спостерігалися явища збудження іонно-звукових хвиль повільними іонами та самодекомпенсації пучка позитивних іонів (М.Д. Габович та ін.). З'ясовано механізм нелінійної взаємодії пучків позитивних і негативних іонів (М.Д. Габович, 1972 р.), виявлено нелінійні хвилі



А.Г. Науомець



А.Г. Федорус

сталої амплітуди та їх нестійкість. Розроблено 1975 р. спільно з вченими Інституту електрозварювання АН УРСР принцип іонно-променевого зварювання. В 1969 р. Л.Л. Пасічник спостерігав зіштовхувальний резонанс.

Значний цикл робіт виконав О.Г. Ситенко з теорії плазми, зокрема теорії флуктуацій. Він розробив метод обернення флуктуаційно-дисипативного співвідношення, який дає можливість вивчати електродинамічні властивості плазми, не використовуючи кінетичне рівняння. В 1968 р. В.М. Ораєвський та ін. побудував теорію взаємодії об'ємних і поверхневих хвиль в обмежених плазмових системах.

Досліджувалися плазмові ефекти в твердих тілах (В.В. Володимиров та ін.). П.М. Томчук розробив теорію переносу й колективних процесів у нерівноважній напівпровідниковій плазмі зі складним законом дисперсії енергії носіїв струму та в 1973–1977 рр. теорію флуктуацій в термодинамічно нерівноважній плазмі напівпровідників.

І, нарешті, традиційний для Інституту напрям – фізична електроніка, який на даному етапі наповнився новим змістом, плавно переходячи в подальшому в нанофізику та нанотехнології. Було закладено основи ново-

го напрямку у фотоелектроніці, який привів до створення фотоемітерів з від'ємною електронною спорідненістю (П.Г. Борзяк та ін.), створено також холодні катоди нового типу. В 70-ті роки в Інституті сформувався фізика гарячих електронів.

Традиційно значний обсяг досліджень проводився у фізичній електроніці. Ще в 50-х років під керівництвом Н.Д. Моргуліса розпочато систематичні роботи з електронно-адсорбційних явищ на металах, з 60-х років вони ведуться на поверхнях з відомою атомною структурою. В 1967–1968 рр. розкрито механізм атомних процесів при адсорбції й десорбції кисню з поверхні тугоплавких металів і встановлено відповідність між характером цих процесів і атомною будовою монокристалічної поверхні (Ю.Г. Птушинський, Б.А. Чуйков). Вперше одержано коректні дані про склад продуктів десорбції при взаємодії кисню з вольфрамом і молібденом, визначено умови, при яких вона стає корозійною. В 70-ті роки виконано цикл досліджень атомної структури субмоношарових адсорбованих плівок. Виявлено двовимірні ґратки адатомів з великими переходами (10–20Å), встановлено кореляцію між структурними перетвореннями в плівках і роботою виходу, відкрито фазовий перехід І роду в плівках з сильним полярним зв'язком тощо (А.Г. Науомець, Г. А. Федорус, В.К. Медведєв). На основі вивчення взаємодії атомів в адсорбованих плівках розроблено фізичні принципи відбору матеріалів для емісійно-активних систем. У дослідженнях електронно-ядерних явищ на поверхні металів Інститут фізики АН УРСР займав провідне місце в СРСР.

Інститут металофізики АН УРСР [11]. У розглядуваний період роботи



В.І. Трефілов



Ю.Я. Мешков



Л.Г. Хандрос



В.Т. Черепін

Інституту стосувалися фізики міцності й пластичності металів і сплавів, фазових перетворень та їх впливу на структуру й властивості кристалів, електронної структури та електронних властивостей металів і сплавів розробки нових фізичних методів дослідження. Широкого розвитку з другої половини 60-х років одержали дослідження природи високоміцного стану сталі й сталюого холодно-тягнутого дроту. Вивчено можливість підвищення запасу його міцності, запобігання крихкого руйнування й зниження холодноламкості, розроблено нові методи одержання дроту з високим рівнем міцності (В.Н. Гріднев, Ю.Я. Мешков). В 1975–1977 створено теорію конструкційної міцності, на основі якої сформульовано вимоги до структури матеріалу, призначеного для роботи в умовах складнонапруженого стану (Ю.Я. Мешков). В 1968 р. В.Н. Гріднев і В.І. Трефілов створили перші композиції дисперсно-зміцнених жароміцних сплавів на основі хрому, що зберігають низькотемпературну пластичність. Вивчено структурні зміни в металах при повзучості, зокрема встановлено, що температура переходу, від низькотемпературного механізму до високотемпературного визначається енергією дефектів упаковки (Г.Я. Козирський,

1959–1971 рр.). В галузі ультраакустики твердого тіла встановлено закономірності рухливості й розмноження дислокацій в металах при поширенні в них хвиль і 1968 р. виявлено, що ультразвукове опромінення металів підвищує їх жароміцність, в 70-х роках розроблено метод поверхневого зміцнення металів ультразвуком (І.Г. Полоцький з співробітниками). В 1973 р. відкрито аномальне масоперенесення при імпульсному навантаженні, на основі якого розроблено методи зварювання різнорідних металів і сплавів та їх механіко-хіміко-термічної обробки (Л.М. Лариков та ін.). Створено технологію одержання високочистого хрому в злитках вагою до 10 кг і одержано жароміцний сплав хрому з рекордною міцністю і задовільною пластичністю при кімнатних температурах.

Виявлено нові явища, притаманні сплавам з термопружним мартенситом, – оборотність пластичної деформації (ефект пам'яті форми), надпружність, накопичення сплавом «пружної» енергії. Це дало можливість створити сплави з унікальними фізичними властивостями (Л.Г. Хандрос та ін.).

Проведено дослідження фазових рівноваг, структури і фізико-механічних властивостей різних сплавів,



Л.М. Литвиненко



В.П. Шестипилова

зокрема подвійні й потрійні сплави понад 30 систем (В.М. Свечников). В 1965 р. в марганцевих сталях виявлено мартенситну фазу з багатошаровою ґраткою (18 шарів в елементарній комірці) – χ' -мартенсит (Л.І. Лисак). Було показано, що при перетворенні мартенситу в аустеніт формуються структури, які надають сплавам нові фізико-механічні властивості (В.Г. Горбач), і виходячи з цього розроблено нові інструментальні матеріали. Встановлено закономірності утворення модульованих структур у «старіючих» сплавах та їх дію на фізичні властивості (К.В. Чуїстов).

Предбачено новий тип автолокалізованих станів у системах з легкозмінювальними параметрами – флуктуони та їх вплив на фізичні властивості системи (М.О. Кривоглаз). Широкий розвиток в Інституті дістали спектральні методи дослідження (В.В. Немошкаленко), а також дослідження взаємодії позитронів з дефектами в металах і сплавах, при цьому відкрито низку нових явищ (І.Я. Дехтяр).

А.Г. Лесник проводив дослідження властивостей магнітних плівок, одержав плівки з певною комбінацією властивостей, побудував теорію магнітної анізотропії.

В.Т. Черепін заклав основи іонної мас-спектральної мікроскопії та створив перший у СРСР мікроскоп такого типу. В.М. Пан розробив фізичні основи розробки нового класу надпровідних матеріалів з високою струмонесучою здатністю в сильних магнітних полях і запропонував технологію одержання надпровідного кабелю для лінії електропередачі змінного струму.

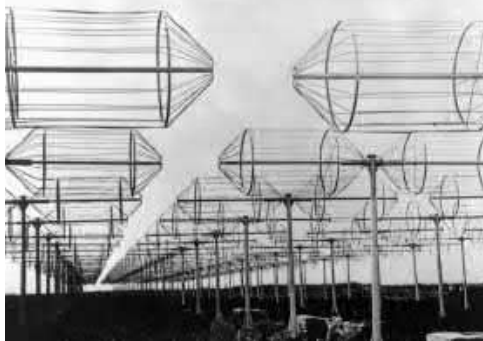
Розвинуто теорію розсіяння рентгенівських променів та електронів для кристалів з різними спотвореннями, а також теорію прямих методів спостереження дефектів у кристалах (А.А. Смірнов), новий метод дослідження форми поверхні Фермі в металах і сплавах (А.А. Смірнов, М.О. Кривоглаз), побудовано теорію розсіяння рентгенівських променів і теплових нейтронів реальними кристалами (М.О. Кривоглаз). Розвиток в Інституті теорії взаємодії випромінювань зі спотвореннями ґраток кристалів заклало основи створення нових методів вивчення недосконалостей структури металів і сплавів. Розвивалися наукові школи Г.В. Курдюмова та В.Н. Гріднева, почала формуватися школа В.В. Немошкаленка.

Інститут радіофізики і електроніки АН УРСР [12]. Основні наукові напрями: теорія й техніка міліметрових і субміліметрових хвиль, розробка джерел випромінювання в цих діапазонах хвиль та вимірювальної апаратури, поширення, розсіяння й поглинання радіохвиль в широкому частотному діапазоні, НВЧ властивості твердого тіла, квантова електроніка, радіоастрономія.

Значні результати одержано в теорії дифракції електромагнітних хвиль і створено новий науковий напрям – дифракційну електроні-

ку, практичним виходом якої стала розробка 1969 р. нового класу джерел когерентного випромінювання міліметрового і субміліметрового діапазону – генераторів дифракційного випромінювання імпульсної та неперервної дії з унікальними параметрами – високою стабільністю в роботі, вузьким спектром, низьким рівнем шумів і високою потужністю (В.П. Шестопапов, Л.М. Литвиненко, О.О. Кириленко та ін.). Побудовано строгу спектральну теорію відкритих резонаторів, що мала велике значення при розв'язанні задач електродинаміки відкритих систем (В.П. Шестопапов). Значні результати одержано в галузі квазіоптичної радіометрії, створено комплекс квазіоптичних широкодіапазонних вимірювальних пристроїв міліметрових і субміліметрових хвиль (В.П. Шестопапов, Є.М. Кулешов та ін.).

Інститут посідає провідні позиції також у галузі поширення радіохвиль, радіолокації та декаметрової радіоастрономії. Розроблено теорію резонансного розсіяння радіохвиль (О.О. Кириленко, С.О. Масалов, С.Л. Просвірнін, Л.А. Рудь, Ю.К. Сіренко, В.Г. Слогуб) та неконтактні методи визначення параметрів морських хвиль (С.Я. Брауде,



Антенне поле радіотелескопа УТР-2



Ф.Г. Басс



А.В. Мень

Ф.Г. Басс, І.Є. Островський та ін.) Було побудовано низку моделей морської поверхні, що враховують резонансний характер розсіяння нею радіохвиль, зокрема двомаштабну (Ф.Г. Басс, Й.М. Фукс та ін.), широко використовувану при дистанційному зондуванні світового океану.

В результаті було створено декаметрову радіоокеанографію. Розроблено низку методів дистанційного зондування природного середовища Землі з космосу реалізованих у радіолокаційній системі бічного огляду, встановленій на штучному супутнику Землі «Космос-1500». Дані з системи 1983 р. використано при виведенні 26 судів з льодового полону в проливі Лонга в Арктиці.

В галузі радіоастрономії розроблено принципи побудови декаметрових радіотелескопів і побудовано в 1970 р. радіотелескоп УТР-2 (С.Я. Брауде, А.В. Мень та ін.).

Створено лазери на органічних барвниках з керованою частотою випромінювання (М.І. Дзюбенко, 1975 р.), розроблено генератор когерентних фононів (Є.М. Ганапольський та ін., 1974 р.), методи обробки цифрової та аналогової інформації (О.Я. Усиков та ін., 1970–1977 рр.).

Проведено широкі теоретичні та експериментальні дослідження з НВЧ



В.В. Єременко



А.І. Зв'ягін



О.В. Погорєлов



В.О. Марченко

радіаспектроскопії твердого тіла, в результаті передбачено й відкрито низку нових ефектів (Е.А. Канер, О.П. Королюк, Е.М. Гананольський та ін.), запропоновано нові принципи створення твердотільних радіофізичних приладів (С.А. Песковацький, Ф.Г. Басс, Д.А. Кичигін, В.М. Яковенко).

В 1955–1973 рр. директором Інституту був О.Я. Усиков, 1973–1993 рр. – В.П. Шестапалов. У розглядувальний період в Інституті сформувалися наукові школи С.Я. Брауде і В.П. Шестапалова.

Фізико-технічний інститут низьких температур АН УРСР. На цьому етапі Інститут значно розширив діапазон своїх досліджень – від звичайної фізики й техніки низьких температур до конкретніших напрямів: фундаментальна й прикладна надпровідність, фізичні властивості нормальних металів, квантові рідини, квантові кристали й криокристали, фізичні властивості біологічних макромолекул, фізичне матеріалознавство, криогенна техніка, нові проблеми математики. Таке розширення не було випадковим, оскільки Інститут створювався як наукова установа нового типу, що об'єднала фізиків, математиків, хіміків, біологів, інженерів. В 1981 р. вона перетворюється на один з пер-

ших в АН УРСР науково-технічних комплексів (НТК) в складі власне Інституту з 25 науковими відділами й потужним Математичним відділенням, Особливого конструкторського технологічного бюро, Дослідного виробництва та Дослідного заводу. В 1960–1988 рр. директором Інституту був Б.І. Веркін.

Відразу після передбачення (1962) Б. Джозефсонам низки ефектів, пов'язаних з туннелюванням у твердих тілах, в Інституті, як вже зазначалося, відкрито (1964) електромагнітне випромінювання з тунельного джозефсонівського контакту, або нестационарний ефект Джозефсона (І.К. Янсон, В.М. Свистунов, І.М. Дмитренко) і в наступні роки (1965–1975) створено його теорію (І.О. Кулик). Дослідження ефектів Джозефсона привело до використання їх у практичних розробках, було виявлено низку квантових ефектів у надпровідниках і започатковано фізику слабкої надпровідності, створено (1967–1977) надпровідні радіометри, боломе-



В.Г. Дрінфельд

три, магнітометри, градієнометри, гравіметри та ін. прилади (Б.І. Веркін, І.М. Дмитренко та ін.), зокрема перший в СРСР магнітокардіограф (І.М. Дмитренко).

В 1973 р. І.К. Янсон відкрив явище перерозподілу енергії носіїв заряду в мікроконтактах при низьких температурах, що лягло в основу розробленої ним мікроконтактної спектроскопії – спектроскопічного методу, широко використовуваного в фізиці твердого тіла при вивченні взаємодії електронів провідності з різними квазічастинковими збудженнями. Теорію явища побудували 1977 р. І.О. Кулик, О.М. Омелянчук і Р.І. Шехтер (теорія електронного транспорту в мікроконтактах).

В 1966 р. відкрито стимулювання надпровідності НВЧ полем (В.М. Дмитрієв, Е.В. Христенко), 1971 р. – проміжний магнітний стан в анізотропних антиферомагнетиках (В.В. Єременко та ін.), 1972 р. – квантову дифузію в кристалах гелію (Б.Н. Єсельсон, В.Н. Григор'єв, В.А. Міхеев). Також В.В. Єременко відкрив низку нових магнітооптичних ефектів в антиферомагнітних кристалах, зокрема «просвітлення» антиферомагнетиків у сильних магнітних полях (1970), а А.І. Зв'ягін – двомагнетонне поглинання в них. Під керівництвом Б.Н. Єсельсона проводилися дослідження хвильових і кінетичних процесів у надплинному рідкому гелії, зокрема виявлено в розчинах ${}^3_2\text{He}$ – ${}^4_2\text{He}$ четвертий звук. Спільно з Е.Я. Рудавським та ін. він створив установки для одержання наднизьких температур методом безперервного розчинення ${}^3_2\text{He}$ в ${}^4_2\text{He}$ (1968–1978).

В.Г. Манжелій зі співробітниками провів масштабні комплек-

сні дослідження квантових молекулярних кристалів і криокристалів (1971–1977), було відкрито фазовий перехід у твердому водні та сильний аномальний вплив домішок на його теплові властивості. Під керівництвом Б.І. Веркіна вивчалися тепло-і масообмін в затверділих газах, які завершилися створенням пасивних систем охолодження – акумуляторів холоду (1972–1977), зокрема розроблено системи охолодження харчових продуктів з використанням рідкого азоту, якими обладнувалися авторефрижератори. Виявлено нове явище – електронний переніс звуку в металах і сильно збуджені стани в магнетиках – магнітні краплі, що є одним з основних типів колективних збуджень у магнетиках.

Досліджувалися пластичність і міцність кристалічних тіл, їх механічні властивості та ін. при низьких температурах, було відкрито розміщення металів при переході їх у надпровідний стан (В.І. Старцев та ін., 1967–1971 рр.) та вплив надпровідного переходу на втомні характеристики матеріалів (Б.І. Веркін та ін., 1967–1977 рр.), побудовано динамічну теорію дислокацій у кристалах (А.М. Косевич, 1978 р.). Розроблено і виготовлено моделі турбогенераторів з надпровідними обмотками збудження (спільно з об'єднанням «Електросила») та низка кріомедичних інструментів і приладів різноманітного призначення.

У Відділенні математики Інституту проводилися актуальні роботи з математичної і теоретичної фізики, математичного аналізу, геометрії. Тут О.В. Погорелов розробив оригінальні геометричні методи одержання оцінок розв'язків рівняння Монжа–Ампера, побудовав



О.В. Снітко



В.Г. Литовченко



М.П. Лисиця

теорію цього рівняння геометричними методами та завершив вирішення проблеми однозначної визначеності замкнених опуклих поверхонь, розробив нелінійну теорію тонких пружних оболонок. Він також повністю в 1973 р. розв'язав IV проблему Гільберта. В.О. Марченко розв'язав обернену квантову теорію розсіяння, В.Г. Дрінфельд довів (1977) гіпотезу Ленглендса у випадку для $GL(2)$ над функціональним полем [13, 14].

Інститут напівпровідників АН УРСР. Основні наукові напрями: фізика й техніка напівпровідників, теорія твердого тіла, мікро- і оптоелектроніка, напівпровідникові матеріалознавство та приладобудування [16]. Встановилися тісні зв'язки Інституту з промисловими підприємствами з метою впровадження його розробок у практику, в 1970 р. створено першу міжвідомчу лабораторію з київським заводом «Точелектроприлад», а в 1977 р. в Інституті було вже три такі лабораторії. Для прискорення впровадження своїх результатів у промисловість при Інституті 1975 р. створено СКТБ з дослідним виробництвом.

В розглядувальний період в Інституті одержано чимало фундаментальних результатів. Започаткована 1957 р. С.І. Пекарем нова кристало-

оптика в наступні роки дістала своє завершення (1957–1977), що уможливило пояснення багатьох експериментальних фактів. В 1963 р. він запропонував потужний хімічний лазер неперервної дії видимого діапазону

на стимульованих електронних фотопереходах.

І.М. Дикман одержав низку важливих результатів в теорії гарячих електронів, зокрема докладно дослідив кінетику носіїв заряду зі складним законом дисперсії, захоплення неосновних носіїв основними, вплив електрон-електронних зіткнень на кінетичні явища в електричних і магнітних полях (1968–1981). В 1966 р. З.С. Трибніків з В.І. Мельниковим побудував теорію розмірних ефектів для гарячих електронів, чим передбачив охолодження носіїв заряду в сильних електричних полях, 1979 р. з ін. – від'ємну диференціальну провідність та осциляції струму в напівпровідниках, а 1982 р. з В.В. Мітіним – багатознакову анізотропію електропровідності напівпровідникових кристалів у сильних електричних полях.

Докладні дослідження оптичних властивостей нерівноважних носіїв провів Ф.Т. Васько. В.Й. Піпа започаткував новий напрям – концентраційно-деформаційну нестійкість кристалів і встановив механізм взаємодії низькорозмірних носіїв з акустичними фононами.

Побудовано фізичну модель поверхні напівпровідників та теорію нерівноважних процесів у приповерхневій ділянці, відкрито низ-

ку поверхневих явищ (О.В. Снітко, В.Г. Литовченко, 1968–1977 рр.). В оптиці кристалів передбачено і виявлено нові нелінійні оптичні явища в кристалах з домішковими центрами. Розроблено методи визначення характеристик цих центрів і керування характеристиками оптичного випромінювання. Відкрито низку ефектів при дії лазерного випромінювання значних потужностей на напівпровідники – комбінований резонанс Фермі – Давидова, самоіндуктоване обертання площині поляризації, нелінійну оптичну активність в гіротропних кристалах (М.П. Лисиця, 1970–1977 рр.). На основі подвійного електронно-ядерного резонансу розроблено методи дослідження основних параметрів кристалів (М.Ф. Дейген, 1967–1977 рр.).

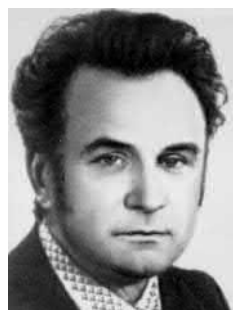
Побудовано теорію залишкової провідності неоднорідних напівпровідникових матеріалів і створено нові типи елементів оптичної та фотоелектричної пам'яті й низку відповідних приладів (М.К. Шейнкман, Г.А. Федорус, 1965–1977 рр.).

С.В. Свечников зі співробітниками заклав фізико-технічні основи оптоелектроніки та розробив низку нових оптоелектронних приладів (1962–1970 рр.). Досліджено вплив нейтральних газових домішок (водню, азоту, аргону та ін.) на електрофізичні параметри технічно важливих напівпровідників, що уможливило розробку рекомендацій по підвищенню якості напівпровідникових приладів (П.І. Баранський, 1975–1977).

І.Б. Мізецька та ін. заклала фізико-хімічні основи синтезу монокристалів групи $A^{II}B^{VI}$ та їх твердих розчинів, розробила методи одержання чистих і легованих монокристалів (1960–1977 рр.).



М.К. Шейнкман



С.В. Свечников

В ці роки в Інституті створено і наукову школу О.В. Снітка в галузі фізики поверхні напівпровідників, який до того ж в 1970–1990 рр. був директором, також почалося формування наукової школи С.В. Свечникова з оптоелектроніки [17].

Донецький фізико-технічний інститут АН УРСР. Створений 1965 р. на базі відділу резонансних явищ ХФТІ. Основні напрями на розглядуваному етапі – фізики твердого тіла, магнетизм, фізика й техніка високих тисків, фізичне матеріалознавство, проблеми гідроекстраузни являє собою потужний науково-дослідний центр з сучасною експериментальною базою, в якому функціонують власне інститут, спеціальне конструкторсько-технологічне бюро та дослідне виробництво, що уможливорює порівняно швидку реалізацію наукової ідеї від її розробки до практичного одержання результатів. Адже ДФТІ створювався як установа для забезпечення подальшого прискорення науково-технічного прогресу вугільної, металургійної та машинобудівної промисловості Донецького регіону.

Характерною особливістю виконання в Інституті досліджень є комплексне використання експериментальної інструментарію – висо-



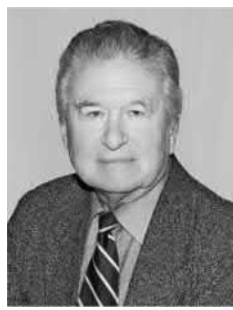
Н.М. Ковтун



Е.А. Завадський



Л.Т. Цимбал



В.М. Свистунов

ких тисків, сильних магнітних полів, низьких температур і значних пластичних деформацій, що дало можливість одержати чимало фундаментальних наукових результатів, створити нові матеріали з наперед заданими властивостями та низку сучасних технологій, зокрема обробки матеріалів високим гідростатичним тиском (методом гідроекструзії).

Було виявлено нове явище в антиферромагнітному кристалі при фазовому переході І роду – стійку термодинамічну доменну структуру, або промітний стан антиферромагнетика (О.О. Галкін, В.Г. Бар'яхтар, С.М. Ковнер, Є.П. Стефановський, 1971 р.) та необоротні індуктовані сильним магнітним полем нові магнітні стани речовини (О.О. Галкін, Е.А. Завадський 1970–1975 рр.).

К.Б. Толпиго поширив динамічну теорію кристалічної ґратки на кристали інертних газів, розробив модель валентних кристалів, в якій розглянув основний, ексигонний та провідний стани кристала і пояснив властивості глибоких багатозарядних акцентів як атомів заміщення, здатних втримувати 1–4 дірки, передбачив деформовані низькосиметричні D_2 екситони в лужно-галоїдних кристалах (1966–1976 рр.).

Доведено, що при фазових переходах ІІ роду в ортоферитах змінюються магнітні моменти підґраток, що спричиняє порушення ортогональності векторів антиферромагнетизму й слабого феромагнітного моменту, у халькогенідних шпінелів виявлено новий механізм фазового переходу з феромагнітного у ферімагнітний стан (Н.М. Ковтун, 1972–1977 рр.).

Вперше метод електронного тунелювання було застосовано для вивчення впливу високого тиску. На надпровідність, завдяки чому одержано дані щодо зміни енергетичної щільності, фононних спектрів і зонної структури металів і сплавів. В результаті розроблено новий підхід одержування інформації з тунельних характеристик (О.О. Галкін, В.М. Свистунов, 1967–1975 рр.).

Відкрито резонансну взаємодію електромагнітних та ультразвукових хвиль в металах доплерон – фононний резонанс якого покладено в основу нового методу дослідження стану металічних кристалів (О.О. Галкін, Л.Т. Цимбал, 1977).

Доведено, що перехід «Крихкість – пластичність» є фазовим переходом, зумовленим зміною частки рухомих дислокацій у матеріалі «коли внаслідок дії високих таків у ньому виникають різні упорядкування дис-



В.М. Локтев



Е.Г. Петров



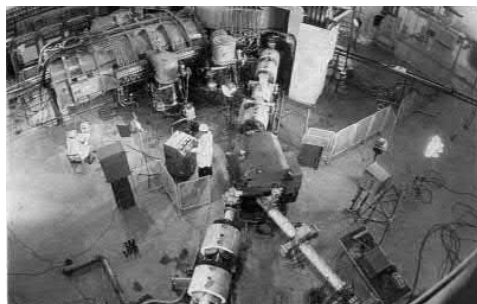
О.С. Парасюк



П.І. Фомін

локаційних ансамблів, оптимізують їх міцності та пластичні характеристики.

В 1967–1968 рр. в Інституті започатковано дослідження з проблеми гідроекструзії, і невдовзі він став головним у країні в цьому напрямі, зокрема в 1975 р. тут створено першу установку для гідроекструзії заштових і автоматичному режимі (О.О. Галкін та ін. Розроблено технологію гідрпресування надпровідного провідника та одержано також способом, це дало змогу підвищити струм у надпровідному провіднику та стабільності його властивостей тощо. В результаті досліджена спрямованої зміни стану гірських порід на значних глибинах закладено основи граничних станів гірських порід у полі стискувальних напружень, розроблено методи прогнозування викидонебезпечних порід



Ізохронний циклотрон У-240
Інституту ядерних досліджень АН УРСР

за їх ефективною поверхневою енергією та противикидного зволоження вугілля із застосуванням поверхнево-активних речовин.

В останні роки розглядуваного етапу Інститут зосереджує зусилля на фізиці й техніці високих тискач, фізико магнітних явищ то електронних властивостях твердих тіл.

В 1965–1982 рр. директором Інституту був О.О. Галкін, його ім'я присвоєно Інституту.

Інститут теоретичної фізики АН УРСР. Створений 1966 р. на базі теоретичного відділу Інституту фізики АН УРСР для проведення фундаментальних досліджень в галузі оптики кристалів теорії атомного ядра, і квантової теорії поля та теорії елементарних частинок статичтичної фізики. Невдовзі до цих напрямів додалися теорія плазми, астрофізика та космологія, квантова біофізика. В 1966–1972 рр. директором Інституту був М.М. Боголюбов, чие ім'я нині носить Інститут, 1983–1988 рр. – О.С. Давидов.

На розглядуваному етапі в Інституті одержано низку ключових результатів [15].



О.С. Петров

Дістали розвитку побудовані О.С.Давидовим теорії екситонів і солітонів, результати яких широко використовувалися для пояснення багатьох експериментів щодо спектрів ідеальних і неідеальних кристалів. В 1973 р. він передбачив зменшення інтегрального поглинання світла при зниженні температури та неекспотенціальному залежності інтенсивності поглинання від товщини кристала. В 1975 р. В.М. Локтев з Ю.Б. Гайдідеєм передбачив біекситонне розщеплення та поляризацію оптичних ліній двочастинкового поглинання (відкриття біекситонів), 1977 р. з В.С. Островським новий магнітно-оптичний ефект, 1979 р. запропонував магнітну структуру однієї з низькотемпературних фаз криокристала кисню (структура Локтева) 1980 р. розробив теорію елементарних квазічастинкових збуджень в неупорядкованих магнетиках (теорії Іванова–Локтева–Погорелова).

Е.Г. Петров спільно з ін. побудував теорію магнітних екситонів, передбачив спінову поляризацію та блокування низькотемпературного струму магнітним полем. Розроблена М.М. Боголюбовим і О.С. Парасюком теорема щодо розбіжностей в квантовій електродинаміці дістали в 1966–1970 рр. широкого застосування.

В 1969–1975 рр. П.І. Фомін незалежно від ін. започаткував квантову космологію, 1973 р. запропонував космологічну модель, що пояснює народження й розширення Метагалактика, показав можливість квантового народження замкненового народження Всесвіту з вакууму внаслідок його гравітаційної нестійкості.

В 1972 р. О.З. Петров завершив цикл досліджень з інваринного групових методів теорії гравітації, вста-

новив існування трьох типів полів тяжіння (типи Петрова).

В 60-і роки О.Г. Ситенком розроблено дифракційну теорію ядерних процесів. Почав передісторію якої датується 1957 р. коли він спільно з О.І. Ахієзером передбачив дифракційне розширення дейтрона. Подібний дифракційний підхід незалежно використовував і американський теоретик Р. Глаубер (метод Ситенка–Глаубера). На основі цього методу, використовуючи дифракційне положення, О.Г. Ситенко в 60-і роки побудував дифракційну теорію ядерних процесів за участю складних частинок, яка виявилася надзвичайно плідною при дослідженні процесів розсіяння високоенергетичних частинок на складних ядрах. В інституті дістали продовження дослідження О.Г. Ситенка, теорії плазми, виконуваним ним у ХФТІ та Інституті, фізики АН УРСР. В 1965–1967 рр. він побудував теорію флуктуацій в нерівноважній плазмі врахуванням нелінійної взаємодії в ній хвиль та 1969 р. – теорію розсіяння електромагнітних хвиль в плазмі, що лежить в основі методу безконтактної діагностики плазми. В.П. Шелест 1969 р. завершив цикл досліджень по застосуванню кваркової моделі до розсіяння ауронів. В 1966–1975 рр. О.С. Давидов, Г.Ф. Філіппов і В.І. Овчаренко розробили теорію колективних збуджень в атомних ядрах з врахуванням їх неаксіальності та деформованості, яка дістала підтвердження в експериментах.

Одержано фундаментальні результати в галузі квантової біофізики, зокрема з дослідження колективних збуджень в молекулярних системах солітонного типу (давидовські альфа-спіральні солітони), 1975 ключо-

вих О.С. Давидов побудував теорію солітонів в основовимірних ланцюжках.

Низку ключових результатів одержано в галузі статистичної фізики, розроблено ряд нових методів, побудовано мікроскопічну теорію розчинів електролітів розраховано статистичну суму тривимірної моделі Ізіна тощо (І.Р. Юхновський та ін.) [15].

Інститут ядерних досліджень АН УРСР. Створений 1970 р. у Києві на базі низки, відділів Інституту фізики АН УРСР – ядерної фізики, ядерних реакцій, ядерної спектроскопії, радіаційної фізики, ядерної електроніки, дитоядерних процесів. Основні наукові напрями: ядерна фізика середніх і низьких енергій, ядерна енергетика, радіаційна фізика, радіаційне матеріалознавство, фізики плазми, прикладна ядерна фізика. В 1970–1973 рр. директором Інституту був М.В. Пасічник, 1974–1983 рр. – О.Ф. Немець, 1984–2016 рр. – І.М. Вишневський. В складі Інституту Ужгородське відділення, на базі якого 1992 р. створено Інститут електронної фізики АН України, СКГБ з експериментальним виробництвом та дослідне виробництво. Експериментальна база Інституту складається з ядерного реактора водо-водяного типу ВВР-М, який став до ладу в Інституті фізики АН УРСР в 1960 р., електростатичного генератора БГ-5, мікротрона, ізохронних циклотронів. У-120 і У-240, яка дає можливість проводити, відповідні які периметральні та прикладні дослідження.

В розглядуваний період ученими Інституту одержано чимало фундаментальних результатів. Так, роботи В.М. Струтинського в теорії ядра, зокрема його метод оболонкових поправок, широко використовувався



В.М. Струтинський



І.М. Вишневський

для розрахунку має, енергій деформації і порогів поділу ядра, побудовано теорії структури типу великих обломків у складних ядрах, стабільності ядер, зумовлених оболонковими ефектами у нагрітих ядрах надважких ядер передбачено існування стабільних (В.М. Струтинський зі співробітниками, надважких ядер (В.М. Струтинський зі співробітниками).

Побудовано теорію, яка передбачає існування стабільних надважких елементів з числом нуклонів у ядрах по 300 властивості (В.М. Струтинський та ін.) дає можливість описувати їх поділ і виконано дослідження взаємодії різних частинок з ядрами ізотонів від водню до урану та одержано дані щодо енергетичної структури ядер, природи ядерних сил, а вивчення пружного й непружного рознянь дейтронів, амфо-частинок на ядрах близько 80 ізотопів нейтронів, уможливили виявити при цьому низку оболонкових та ізотопічних ефектів і зробити висновки про будову ядра. Виявлено при дифракційному розщепленні нейтронів на ядра зростання перерізів щодо процесу у випадку магічних ядер (ефект Немеца). Дослідження (1970–1971) низку тричастинкових реакцій, в яких виявлено 1974 р. резонансу

структуру, побудовано мішень з поляризованого ${}^3_2\text{He}$ (О.Ф. Немець, 1962–1973 рр.).

А.Ф. Лубченком із співробітниками проведено цикл досліджень в галузі фізики твердого тіла, зокрема побудовано теорію дифузії легких і важких домішок проникнення в твердих тілах, вивчено властивості різних речовин, які зазнали опромінювання, та форми нефотонних ліній в спектрах поглинання й випромінювання світла домішковими центрами (1972–1977).

В 1984 р. В. Сугаков заклав основи теорії явищ самоорганізації в кристалах при радіаційному опроміненні.

Створено низку приладів з підвищеною стійкістю до радіації, зокрема в 1670–1977 рр. П.Г. Литовченко розробив ряд напівпровідникових детекторів і спектрометрів ядерного випромінювання Р.Г. Офенгенден у 1970 р. – багатоканальний аналізатор імпульсів, сконструйовано також комплекс приладів для внутрішньореакторних вимірювань, на основі яких запропоновано нову технологію внутрішньореакторного контро-

лю. Визначено нейтронні константи реакторних матеріалів, важливі для розрахунків і проектування реакторів на швидких нейтронах. Внаслідок дослідження швидких нейтронів з ядрами тугоплавних сполук ділянки енергій до 10 МеВ одержано результати, необхідні для розрахунків ядерних реакторів та їх захисту. Інститут регулярно здійснює розрахунки оптимізації завантаження реакторів ЧАЕС ядерним паливом та оцінку впливу українських АЕС на навколишнє середовище.

НДІ фізики Одеського університету. Дослідження стосувалися запису оптичної інформації та суперсенсibiliзації фотоемульсій в інфрачервоній ділянці спектра, процесів утворення і селенбізації фотоаромних стекел з мікрочисталами галоїдних срібла і міді, поліпшення параметрів світловодів з галогенідів срібла в інфрачервоному спектрі, підвищення світлочутливості фотоматеріалів у сильних електричних полях. На початку 80-х років було зміцнено матеріально-технічну базу Інституту, що розширило тематику наукових досліджень.

1. Кульчицький С., Павленко Ю., Руда С., Храмов Ю. Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному контексті. 1918–1998. – К.: Фенікс, 2000.

2. Дзюба І. Інтернаціоналізм чи русифікація

3. Политический дневник. 1964–1970. – Амстердам. Фонд им. Герцена, 1972.

4. Храмов Ю.О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій і відкриттів. – К.: Фенікс, 2015. – 2-е вид.

5. Вейнберг С. Гравитация и космология. – М.: «Мир», 1975.

6. Первые три минуты. – М.: Энергоиздат, 1981.

7. 50 лет Харьковскому физико-техническому институту. – К.: Наук. думка, 1978.

8. Толлок В.Т. ХФТИ. «Термояд» // Наука бы наукознание., 2002, №2, с. 80–94 гг.

9. Національна академія наук України.

1918–2018. Видатні досягнення. – К.: Фенікс, 2018.

10. Інститут фізики НАН України. 80 років. – Львів: Євровіт, 2009.

11. Інститут металлофізики. – К.: Наук. думка, 1985.

12. Інститут радіофізики и електроніки ім. А.Я. Усикова НАН України. 50 лет. – Харьков, 2005.

13. Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины. – Харьков, 2010.

14. Академия наук Украинской ССР. – К.: Наук. думка, 1986.

15. Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. 1966–2016. – К.: Академперіодика, 2015.

16. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лошкарьова, НАН України, 1960–2010. – К.: Інтертехно друк, 2010.

ЕТАП ПЕРЕБУДОВИ В СРСР ТА УКРАЇНІ (1985–1991)

Суспільно-політичний контекст

Усвідомлення кризового стану економіки СРСР та його військово-технічного відставання, а відтак і програшу США в гонці озброєнь, стало чи не вирішальним поштовхом до початку спроб щось оновити в радянській економічній системі. Необхідно було «перемир'я» в гонці озброєнь, щоб стримати реалізацію погрозових американських військово-промислових програм і технічно підготуватися до розгортання аналогічних своїх. А це було можливо тільки за умов поліпшення науково-технічного співробітництва з передовими країнами світу, запозичення їх найновіших розробок і закупівлі сучасних технологій, в основному інформаційних. Це малося вирішити на якісно новому етапі розвитку СРСР, який дістав назву «доби перебудови» [1].

Але США не для того вивели гонку озброєнь на принципово новий рівень, вклавши мільярди доларів у свої військово-космічні програми, щоб так просто повірити намірам радянського керівництва щось змінити в своїй країні та у ставленні до країн Заходу. Політика США за часів президента Р. Рейгана та його наступника Дж. Буша послідовно спрямовувалася на всебічне послаблення СРСР у всіх сферах, на ліквідацію його як наддержави.

Американське керівництво вимагало від СРСР відповідних поступок, передусім реального забезпечення прав людини в СРСР, відповідно до підписаних міжнародних домовленостей. Юридично і морально радянські

лідери забов'язувалися виконувати власні обіцянки і гарантувати громадянам Радянського Союзу ті самі права і свободи, якими користувалися люди в країнах Західної Європи, Північної Америки чи Японії. Ця позиція західних керівників зустріла повну підтримку радянської інтелігенції та знайшла найширший резонанс у суспільстві. Вже в перші перебудовні роки влада вимушена була піти на звільнення практично всіх в'язнів сумління, дозволити друкувати раніше заборонені книжки.

Такі акції та миролюбні заяви СРСР було розраховано, щоб справити зовнішньополітичний ефект, і в цьому відношенні повністю спрацювали. Радянського Генсека М.С. Горбачова радісно зустрічали в західних столицях, сподіваючись, що доба протистояння світових систем закінчилася.

Однак економічна ситуація в СРСР погіршувалася, і в масову свідомість почали втлюватися уявлення про ринок і економічний лібералізм як панацею від усіх бід. Фактична відмова держави в останні роки перебудови від управління трансформаційними процесами у соціально-економічному житті призвела до повної безвідповідальності керівників усіх рівнів, а відтак до економічного й політичного краху країни.

Під час перебудови, за умов прогресуючого параліча влади, почалася приватизація державно-партійно-профспілково-комсомольських коштів на всіх рівнях. Номенклатура в

особі своїх найспритніших представників почала встановлювати відвертий контроль окремих кланово-корпоративних структур над цілими секторами виробництва, особливо тими, що давали експортну продукцію, тобто валюту, яка здебільшого осідала в західних банках.

Слідом за розкраданням державних коштів почалося створення мафіозно-монополістичної системи експлуатації природних ресурсів і населення СРСР. Мафіозно-корпоративна частина номенклатури колишнього СРСР за рахунок своїх високих посад приватизувала левову частку загальнонародного багатства зрослася з відверто бандитськими угрупованнями, багато що запозичивши з стереотипів їх мислення і поведінки. Тенденції останніх десятиліть існування Радянського Союзу дістали своє органічне завершення в Єльцинській Росії – вища радянська номенклатура, виразно криміналізувавшись, утворила основу класу «нових руських», ще більше байдужих до потреб народу і країни за керівників хрущовсько-брежнєвських часів.

Тільки на такому загальносоюзно-пострадянському тлі процесів і подій можна наблизитися до розуміння того, що відбувалося в останні півтора десятилетия років в Україні. Відразу необхідно зазначити, що при всій відповідності генеральному напрямку соціально-політичного розвитку московського центру СРСР, як потім у Росії в цілому, тотожності щодо УРСР і незалежної України, не було. Відмінності в настроях інтелігенції там і у нас були досить виразними, так само, як і розстановка політичних сил. На відміну від московської інтелігенції, освічені кола Києва та інших українських міст, не кажучи вже про пере-

сичних службовців, робітників і селян, сприймали заяви М.С. Горбачова про новий партійний курс значно скептичніше. На відміну від перебудовної метушні в Москві в політичному житті України до 1989 р. практично нічого не змінювалося. Значною мірою це пов'язувалося з тим, що перший секретар ЦК Компартії України В.В. Іщерицький та його оточення зберігало за собою всі ключові посади. Тому, з одного боку, розкрадання державних коштів тут не було таким різючим і брутальним, як у Росії чи деяких республіках Кавказу і Середньої Азії з іншого, і ліберальні віяння часу проходили якимось мляво.

Українська вища номенклатура звикла слухати і виконувати (а від 1985 р. більше робити вигляд, що виконує) вказівки з Москви. Її ініціатива не сягала далі забезпечення власних корисних і кар'єрних інтересів, можливості для яких все більше розширювалися в міру усвідомлення того, що московське керівництво зайнято тим самим, але в незрівняно більших масштабах.

Найкраще це зрозуміли відносно молоді номенклатурники, зокрема другі і треті секретарі райкомів, вищі комсомольські керівники та ін. Вони адекватніше відчували дух нової доби, особливо можливості збагачення за рахунок зловживання своїм службовим становищем, які надавала перебудовна доба, їх більшість використала свій шанс, ставши невдовзі «підприємцями» і «риночниками». Але тоді вони цілком витримували зовнішні правила гри саме українського, а не московського апарату, засвідчуючи вірність уже нічого не вартим на рівні навіть масової свідомості ідеологічним кліше.

Ситуація тотального лицемірства (особливо на тлі тих процесів, що

розгорталися в Москві, Прибалтиці та Закавказзі, не кажучи вже про Польщу чи Угорщину) сприяла формуванню недовірливого ставлення до перебудовних гасел в українському суспільстві.

Одним з найважливіших чинників цього були події, пов'язані з Чорнобильською трагедією, яку спричинив 26 квітня 1986 р. вибух на четвертому енергоблоці ЧАЕС. [] Внаслідок вибуху в навколишнє середовище було викинуто велику кількість радіоактивних речовин, що призвело до забруднення значної території навколо станції і взагалі техногенної катастрофи. Вже 3 травня створено постійно діючу комісію Президії АН УРСР з питань аварії на Чорнобильській АЕС (голова В.І. Трефілов). 8 травня – міжвідомчу комісію з проблем водопостачання і захисту водних ресурсів, яку очолили В.М. Шестопалов і Е.В. Собонович. Ще 6 травня розроблено проект відповідної записки «Першочергові заходи щодо організації водопостачання на території, яка зазнала радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС» та відповідно 10 і 11 травня «Пропозиції щодо проведення експерименту з дезактивації води р. Прип'ять шляхом адсорбції та коагуляції радіонуклідів на природних сорбентах, що завантажувались у річкову воду» та «Пропозиції зі створення штучних геохімічних бар'єрів на шляхах міграції радіонуклідів та дезактивації Київського водосховища».

24 травня Б.Є. Патон і В.І. Трефілов подали в ЦК Компартії України відповідну записку «Прогнозна оцінка наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, а також рекомендації щодо усунення їх шкідливого впливу на ґрунт, воду, атмосферу і здоров'я населення». Записку підготовлено із залученням ба-

гатьох академічних інститутів, установ різних міністерств та відомств. Наведені в ній цифри і факти беззаперечно свідчили що аварія на ЧАЕС має всі ознаки валетенської катастрофи. Визначено заходи, які повинна вжити влада, щоб зберегти Прип'ять, Десну і Дніпро як джерела водопостачання, дано рекомендації по мінімізації медико-біологічних наслідків аварії.

В травні – жовтні створено бригади наукових співробітників Інституту ядерних досліджень АН УРСР, Інституту фізики АН УРСР та Інституту металофізики АН УРСР, які здійснювали цілодобовий контроль за якістю молочних продуктів та молокозаводах Києва, в червні та липні науковці Інституту кібернетики АН УРСР та Інституту геохімії і фізики мінералів АН УРСР спільно з співробітниками ряду інших відомств і установ розробили систему моніторингу й прогнозування стану вод Дніпровського каскаду.

В серпні наукова рада при Президії АН УРСР з еколого-економічних проблем розміщення, будівництва та експлуатації великих енергетичних об'єктів (голова В.Г. Бар'яхтар) спільно з секцією радіоекології Науково-технічної ради Міністерства середнього машинобудування СРСР провели засідання, на якому було підбито підсумки комплексних досліджень, спрямованих на мінімізацію наслідків Чорнобильської катастрофи, та затвердили відповідні рекомендації. Документ містив об'єктивну картину радіаційної обстановки в Україні, прогноз формування дозових навантажень для різних категорій населення за межами 30-кілометрової зони від станції, рекомендації з подолання наслідків аварії. []

Аварія на ЧАЕС значно підірвало довіру до пропагандистських лозунгів

про гласність у країні. Яка нормальна людина могла серйозно ставитися до розмов про гласність, коли щось правдиве про масштаби цієї катастрофи офіційні засоби масової інформації повідомили тільки на десятий чи одинадцятий день після вибуху! Хоч тоді відразу про катастрофу постійно сповіщали західні радіостанції. Київ був переповнений чутками, з місця подій поверталися люди з великими дозами отриманої радіації, яких кидали у чорнобильське пекло, не забезпечивши елементарними засобами індивідуального захисту. 1 травня відбулися святкові заходи, але вся столиця знала, що дітей та онуків (з дружинами та невістками) вищого начальства вже наступного дня після вибуху було вивезено з Києва. Кредит довіри до влади остаточно підірвався. Відчуження мас від центральної та місцевої номенклатури було остаточно і нездоланим. Трудова дисципліна стала виразно низькою, навіть порівняно з брежнєвськими часами. Місцеві можновладці в своїй більшості спочатку психологічно, а потім і насправді опинилися на узбіччі розвитку громадських настроїв і громадської думки, яка в нігілістичному ставленні до горбачовської перебудовної бутафорії значно випередила настрої московської та пітерської інтелігенції.

Повернення політв'язнів сприяло відновленню роботи правозахисних організацій, які в нових умовах значно розширили поле своєї діяльності. На початку 1988 р. «Українську групу сприяння виконанню гельсінських угод» у Києві перетворено на «Українську Гельсінську спілку». Її ідейний розвиток та діяльність значною мірою враховували досягнення народно-визвольних рухів, так званих народних фронтів прибалтійських республік.

7 липня вона оприлюднила «Декларацію принципів», яка містила вимоги перетворення СРСР на конфедерацію незалежних держав, передачу влади демократично, без партійного диктату, обраним радам, про державність української мови, створення республіканських військових формувань, звільнення всіх політв'язнів, легалізацію діяльності Української греко-католицької та Української автокефальної православної церков.

Під ідейними гаслами, близькими до закликів прибалтійських народних фронтів та Української Гельсінської спілки, в різних містах України стають помітними спроби організувати місцеві народні фронти. Проте маси були налаштовані до таких намірів переважно скептично чи байдуже, до того ж не вистачало енергійних і авторитетних лідерів тощо. Все це готувало ґрунт для розгортання діяльності Народного руху України, ідею створення якого висунуто восени 1988 р. київською, здебільшого національно налаштованою інтелігенцією гуманітарних інститутів АН УРСР і Спілки письменників України. Цей процес розгортався паралельно зі створенням українознавчо-просвітницьких організацій – на зразок львівського товариства «Лева», історико-просвітницького товариства «Меморіал», Товариства української мови ім. Т. Шевченка.

У пресі впродовж кінця лютого – березня 1989 р. розв'язано кампанію цькування організаторів Руху, штабом якої став ідеологічний відділ ЦК КПУ на чолі з Л.М. Кравчуком. Але звичні для партійних апаратників заходи давали тільки зворотний результат. Офіційній пропаганді вже ніхто не вірив. У факті створення більш-менш легальної опозиційної організації в

Україні місцева вища номенклатура не без підстав відчула для себе принципову загрозу, але це вже були не ті часи, щоб можна було вдатися до відкритих репресій. В СРСР відбувалися вибори за новим виборчим законом, і люди вперше відчули, що від їх голосу справді залежить, хто буде обраним до вищого законодавчого органу Радянського Союзу. Проте українська партноменклатура цього не розуміла і на весняних виборах 1989 р. кияни забалотували єдиного запропонованого їм кандидата у депутати, тодішнього першого секретаря Київського міськкому КПУ К. Масика. Водночас у західних областях на виборах перемогло кілька опозиційних діячів. У практику життя деяких міст, насамперед Києва і Львова, входили мітинги. Це в свою чергу паралізувало волю номенклатури, яка не могла використовувати силу.

Припинена в роки «застою» десталінізація радянського суспільства відновилася в роки «перебудови». Почали розкриватися деякі «білі плями» з історії КПРС. Це мало велике значення у пробудженні українського суспільства від політичної летаргії і безпосередньо вплинуло на розгортання національно-визвольного руху.

Щоб розібратися в проблемах сучасності, громадяни України звертали свої погляди у недавнє минуле. Найбільше їх хвилювала тема про голод 1932–1933 рр. У народі жила генетична пам'ять про цю жахливу подію. Час від часу вона підсилювалася інформацією, яку передавали радіостанції «Голос Америки», «Свобода» та ін. Будь-які згадки про голод в радянській пресі суворо заборонялися з часів Сталіна. Відзначення 50-річнниці сталінського голодомору дало поштовх дослідницькій роботі в цій галузі.

Увага громадськості Заходу до подій піввікової давності в СРСР набула значення гострополітичного фактору після того, як президент Р. Рейган у жовтні 1984 р. підписав законопроект про заснування при Конгресі США комісії «з розслідування причин голоду в Україні 1932–1933 рр.», яка почала працювати з другої половини 1985 р. Було опубліковано підготовлену в Інституті історії АН УРСР історичну довідку про становище в сільському господарстві України на початку 30-х років. В ній на архівних даних доводилося, що «спростувати» факт голоду – справа безглузда і неможлива. Довідка з'явилася як стаття у березневому номері «Українського історичного журналу» за 1988 р.

Вчені і журналісти кинулися в архіви вивчати документи. В Інституті історії партії почалася підготовка документального збірника про голодомор. Було підібрано десятки документів, що розкривали механізм сталінського терору голодом, від якого загинули мільйони селян. Для їх публікації вимагалася санкція ЦК Компартії України. Після бурхливого і тривалого засідання з участю експертів з АН УРСР Політбюро ЦК дало санкцію на публікацію. Книга «Голод 1932–1933 років на Україні: очима істориків, мовою документів» вийшла в світ у 1991 р. [2].

У квітні 1989 р. Загальні збори Академії наук створили Комісію по вивченню матеріалів та розробці пропозицій щодо реабілітації незаконно репресованих за часи сталінщини учених Академії (голова – В.П. Кухар). За пропозиціями Комісії на Загальних зборах 1990–1992 рр. поновлено у складі Академії наук України 22 академіка і члена-кореспондента. Всього ж Комісія встановила понад

200 імен репресованих науковців. За її поданням Верховний суд України в 1989–1990 рр. переглянув низку сфабрикованих у 20–30-х рр. справ на співробітників Академії.

Новим кроком до демократизації суспільно-політичного життя в СРСР та Україні став З'їзд народних депутатів СРСР, що проходив у Москві 25 травня – 9 червня 1989 р. На ньому головою Верховної Ради СРСР було обрано М.С. Горбачова. Засідання З'їзду широко висвітлювалися органами масової інформації, зокрема телебаченням, що сприяло поживленню демократизації життя, в тому числі в Україні, яка за розвитком відповідних рухів ще відставала від прибалтійських республік, Вірменії, Грузії, Москви та Пітера. 8–10 вересня 1989 р. у Києві відбулися установчі збори Руху, головою якого обрано І. Драча. Він, як і інші представники київського науково-письменницького істеблішменту представляв його помірковане крило. Але до складу Руху вже входили і поступово набували неформального авторитету колишні політв'язні, що прагнули рішучих дій. На їх боці була переважно і радикальна молодь, зокрема студентська.

На тлі рішучих зрушень у суспільній свідомості та настроях пересічних членів партії 28 вересня 1989 р. пленум ЦК Компартії України звільнив від обов'язків першого секретаря ЦК КПУ В.В. Щербицького в зв'язку з виходом на пенсію. Його місце посів В. Івашко. Але останній не в змозі був відновити контроль КПУ над ситуацією в Україні, та й це було вже взагалі неможливо зробити.

Спроба використати жорсткі методи придушення (наприклад, розгін міліцією у Львові 1 жовтня 1989 р. демонстрації опозиційних сил) тіль-

ки посилювали антипартійні настрої. Множилися та активізували свою діяльність громадсько-політичні організації. Так, у жовтні 1989 р. у Києві відбулася перша сесія Великої ради Руху, установчі збори Республіканської асоціації українознавців, у Львові пройшла установча конференція по відновленню діяльності Наукового товариства ім. Т. Шевченка, створено Українську національну партію. Набирав сили мітинговий рух. Виступи на мітингах ставали дедалі відвертішими і радикальнішими. Своєрідним загальнореспубліканським апофеозом цього стала 21 січня 1990 р. акція «Українська хвиля» – створення живого ланцюга між Києвом і Львовом з нагоди 71-ї річниці проголошення акту воз'єднання УНР і ЗУНР.

Ці заходи, як і поширення опозиційної преси (з лютого 1990 р. почала виходити «Народна газета» – вісник Руху), мали свої наслідки: на березневих 1990 р. виборах до Верховної ради УРСР та до місцевих рад від опозиційних сил, головним чином по західним та київським виборчим округам, пройшла помітна кількість антикомуністично налаштованих діячів. 6 червня 1990 р. демократичний блок опозиційних народних депутатів Верховної Ради УРСР оформився у Народну раду (голова – І.Р. Юхновський) і оприлюднив відповідну декларацію. Так вперше виникла офіційна парламентська опозиція.

Процес формування партій прискорювався. Лише впродовж останньої декади квітня 1990 р. в Україні проголошено про створення Української християнсько-демократичної партії, Української республіканської партії, яку очолив Л.Г. Лук'яненко, 14 квітня відбулося засідання ініціативної групи по створенню Демократичної

партії України, на якому ухвалено її маніфест. Офіційна реєстрація цих партій відбулася впродовж листопада – грудня 1990 р.

Таким чином, в Україні 1990 р. значно прискорився процес формування багатопартійної системи. Але партії за своїм складом були вкрай малочисельними і майже не відомими широкому загалу виборців, вони не віддзеркалювали соціальних інтересів і настроїв певних соціально-класових верств (крім, зрозуміло, КПУ). В цьому сенсі значно більше схожим на партію (в її європейському розумінні) був Народний Рух, який об'єднував у своїх лавах осіб національно-демократичної орієнтації найширшого спектра.

16 липня 1990 р. сесія Верховної ради УРСР ухвалила Декларацію про державний суверенітет України, 23 липня гадовою Верховної Ради УРСР обрано Л.М. Кравчука, 3 серпня 1990 р. Верховна Рада прийняла закон про економічну незалежність УРСР.

2 жовтня 1990 р. пов'язані з опозиційними групами лідери студентства організували на центральній площі Києва (нині – Майдан Незалежності) наметове містечко голодуючих студентів, які висунули низку політичних вимог, серед них – відставка голови Ради Міністрів УРСР В.А. Масола, відмова республіканського керівництва від підписання нового Союзного договору, передача місцевим органам на території України майна КППС і ВЛКСМ, перевибори Верховної Ради України тощо. Голодування було пов'язано з масовими студенськими демонстраціями, які мали широкий резонанс, особливо в Києві.

На вищих щаблях влади обговорювалася можливість застосування проти голодуючих сили. Проте з огляду

на настрої киян влади на це не наважилася. Для багатьох членів КППС ці дні стали поштовхом для виходу з партії. Українське керівництво, вирішило піти на поступки і задовольнити деякі вимоги голодуючих. Зокрема, 23 жовтня Верховна Рада УРСР ухвалила рішення про скасування 6-ї статті Конституції УРСР про керівну роль КППС, а також прийняла відставку В.А. Масола. Це трохи знизило рівень напруженості в столиці.

Активізація громадсько-політичного життя в Україні на тлі економічного становища, яке все погіршувалося, розгортання з кінця 1990 р. жорсткої боротьби за владу в Московському центрі примушувало керівні органи України вдаватися до більш самостійної, але надзвичайно обережної політичної лінії. 14 січня 1991 р. Президія Верховної Ради УРСР офіційно засудила використання силовими структурами СРСР військ у Литві. 16 січня 1991 р. Римський папа Іоан-Павло II запровадив в Україні греко-католицьку і римо-католицьку церковні ієрархії. 12 лютого офіційно відновлено Кримську АРСР.

Досить суперечливими в Україні були результати загальносоюзного референдуму 17 березня 1991 р. про збереження СРСР. 70,16% мешканців, що взяли в ньому участь, проголосували за його збереження і 80,17% – за існування України у складі СРСР на засадах Декларації про її державний суверенітет. Це виразно засвідчувало непевність політичних орієнтацій мешканців республіки. Більшість в цілому була за відновлення суверенної Української держави та водночас побоювалася пускатись у «вільне плавання» незалежного існування.

Між тим політичні події в СРСР розгорталися надзвичайно швидко.

М.С. Горбачов втрачав підтримку більшості суспільства. Зрозумівши, що в такому вигляді наддержави існувати не може, він пішов на так званий «новоогарьовський процес» – укладання нового союзного договору з блокуванням виходу з СРСР низки радянських республік, насамперед, України. Та перемовини затягувалися і пробуксовували значною мірою через позицію української делегації. Водночас Б.М. Єльцин, обраний 12 червня 1991 р. Президентом Російської Федерації, повів на М.С. Горбачова та його оточення рішучий наступ. Спираючись на трудові колективи та національні рухи в межах РРФСР, він одержав підтримку також серед значних і впливових у Москві кіл інтелігенції, вкінцець розчарованої поведінкою М.С. Горбачова (зокрема, його позицією щодо невинного використання військових формувань у Прибалтиці та Закавказзі, загравання з номенклатурною реакцією тощо), та з боку низки республіканських лідерів. Відчуваючи стрімке послаблення позиції Президента СРСР і спираючись на російський прецедент, Верховна Рада УРСР 5 липня 1991 р. прийняла закон про заснування поста Президента України. Виразними ознаками часу стало також масове зняття пам'ятників Леніну, перейменування вулиць тощо.

Отже, на початок серпня 1991 р., коли М.С. Горбачов урочисто заявив про узгодження тексту і термінів підписання нового Союзного договору окремими республіками, настрої в українському суспільстві були сприятливими для проголошення державної незалежності. Та більшість населення ще мало уявляла собі можливість існування України як держави без якогось, навіть символічного альян-

су з Росією та іншими республіками СРСР. І це необхідно враховувати для розуміння факту, що подальше проголошення незалежності України було пов'язано зі створенням Співдружності Незалежних Держав (СНД).

Процес розпаду СРСР прискорився заколотом у Москві. Скориставшись відпочинком М.С. Горбачова в його кримській резиденції у Форосі, вищі керівники СРСР – віце-президент Г. Янаєв, прем'єр-міністр СРСР В.С. Павлов, голова КДБ В.О. Крючков, міністр внутрішніх справ Б.К. Пуго та міністр оборони Д.Т. Язов – при підтримці голови Верховної Ради СРСР А.І. Лук'янова, створивши антиконституційний Державний комітет з надзвичайного стану і проголосивши усунення М.С. Горбачова від влади, 19 серпня 1991 р. здійснили спробу встановити в країні військово-диктаторський режим. Однак вони не розраховували на масовий опір москвичів, які згуртувалися навколо «Білого дому», резиденції російського президента, та Б.М. Єльцина особисто. Введені в Москву військові частини коливалися і, врешті-решт, почали переходити на бік народу. За таких умов ініціатори путчу проявили повну нездатність керувати ситуацією, в результаті ініціатива перейшла на бік Б.М. Єльцина та його прихильників.

21 серпня з заколотом було покінчено. М.С. Горбачов прибув на літаку до Москви, але реальна влада в країні йому вже не належала. На очах розгубленого Президента СРСР, який все ще був і Генеральним секретарем Компартії Радянського Союзу, Б.М. Єльцин перед телекамерами підписав указ про заборону діяльності КПРС, керівні органи якої виявилися причетними до путчу. Таким чином,

російський Президент, підтриманий абсолютною більшістю представників усіх соціальних верств країни, особливо московською інтелігенцією, робітниками, студентством, здобув остаточну перемогу над своїм суперником. Влада М.С. Горбачова ставала суто номінальною, і всім було зрозуміло, що у РРСФР вона перейшла до президента Росії.

Ці події мали неабиякий резонанс в Україні. Путч для керівництва республіки був повною несподіванкою. Тим більше було незрозуміло, чим він закінчиться і до чого призведе. Навряд чи хто з українських керівників як з націонал-комуністичного, так і з консервативного табору щиро симпатизував М.С. Горбачову. Але перемога путчистів загрожувала особисто багатьом і не тільки націонал-радикалам і націонал-демократам, а й вищим керівникам, починаючи від Л.М. Кравчука, який впродовж свого головування Верховною Радою УРСР доклав чимало зусиль для суверенізації республіки.

Отже, Л.М. Кравчук та сили у вищих ешелонах влади, на які він спирався, не були зацікавлені у встановленні в СРСР відкритої диктатури. Однак, не маючи важелів впливу на командування військових округів та збройних сил, розташованих на території України, він не міг рішуче виступити проти заколотників. До того ж як перша особа в Україні Л.М. Кравчук ніс і персональну відповідальність за населення і не міг не враховувати небезпеки початку кровопролиття, особливо в західних областях, де звістка про путч у Москві призвела до миттєвої реакції: створювалися загони самооборони на випадок переходу до підпільної, в тому числі партизансько-терористичної боротьби.

З іншого боку, відразу по всій Україні прокинулися і активізувалися реакційні сили. Багато хто з старих номенклатурників і представників середньої ланки партійно-державного керівництва відчув можливість зробити миттєву кар'єру через зняття безпосередніх начальників на службі, які «необережно» демонстрували свою підтримку товаришам по «новомодних» думках. Керівні органи КПУ, першим секретарем ЦК якої на той час був С.І. Гуренко, фактично підтримали путчистів. За таких обставин Л.М. Кравчуку та його прибічникам необхідно було не допустити введення в Україні військового стану і водночас не спровокувати використання генералітетом військової сили, виграти час, щоб розібратися у справжньому співвідношенні сил у масштабах СРСР і вже тоді прийняти певне рішення. Тобто було обрано тактику вичікування, двозначних заяв та складного політичного маневрування, яка цілком себе виправдала. 21 серпня перемога проєльцинських сил у Москві стала очевидною, і ввечері того ж дня Л.М. Кравчук виступив з промовою про провал путчу.

Внаслідок цих подій керівництво КПУ опинилося в стані повної деморалізації, тоді як провідники національно-демократичних сил вирішили, що кращої нагоди для проголошення незалежності України може не бути. Тому на скликаній 24 серпня позачерговій сесії Верховної Ради УРСР ухвалено Акт незалежності України та низку постанов принципного значення, зокрема про департизацію державних органів, правоохоронних органів і армії тощо. Також було прийнято закон про надання додаткових повноважень голові Верховної Ради УРСР, який підносив його владу фактично до президентського рівня.

Чому ж Верховна Рада УРСР, де повністю домінувала комуністична більшість, у своєму фактично повному складі проголосувала (за – 346, проти – 1) за незалежність України? Мабуть, тому, що весь її номенклатурний склад страшенно перелякався можливості розправи з ним (за підтримку путчистів) з боку нової московської влади, на чолі якої став Б.М. Єльцин та його тодішнє радикально-демократичне оточення.

25 серпня Президія Верховної Ради України прийняла постанову про скасування власності КПУ та КПРС на території України, а 30 серпня – указ про заборону діяльності Компартії України в зв'язку з тим, що її керівництво своїми діями підтримало заколот. Більшість комуністів поставилися до ліквідації КПУ або байдуже, або навіть з відчуттям полегшення. В подальшому події швидко розвивалися в бік здобуття Україною повної незалежності.

У жовтні 1991 р. Україна заявила про своє прагнення до без'ядерного статусу, що мало заспокоїти західні країни щодо можливості її перетворення в ще одну ядерну країну. Дипломатичними каналами мали розпочатися і секретні переговори між керівниками України, Росії та Білорусії щодо демонтажу СРСР. Паралельно Україна готувалася до призначених на 1 грудня 1991 р. референдуму про незалежність та перших президентських виборів. Реально на цю посаду претендували Л.М. Кравчук та лідер Руху В.М. Чорновіл. Їхні програми мали однаково декларативний зміст. У них містилися майже тотожні обіцянки щодо майбутнього добробуту, демократії тощо після остаточного здобуття незалежності. Ці гасла були переважно рухівського походження,

та Л.М. Кравчук і його оточення, виступаючи вже в ролі борців за незалежну і демократичну Україну, їх з легкістю перейняли.

1 грудня 1991 р. за незалежність України проголосувало 90,32% учасників референдуму. Водночас у першому ж турі президентом України обрано Л.М. Кравчука, який набрав 61,6% голосів. Його підтримали переважно індустріальні міста сходу та півдня України, а також мешканці сільської місцевості за межами західних областей, В.М. Чорновіла – Західна Україна та до певної міри Київ і Середнє Подніпров'я. Відносно легку перемогу Л.М. Кравчука можна пояснити, тим, що громадяни України в своїй більшості побоювалося радикалізму експресивного В.М. Чорновіла і віддавали перевагу консервативнішому і поміркованішому Л.М. Кравчуку. Від нього не очікували різких і небезпечних змін, загострення відносин з Росією, наступу на російську мову (звичну для більшості у містах за винятком західних областей) та російськомовну освіту тощо. До того ж націонал-демократи послабили себе тим, що, крім В.М. Чорновіла, від них на президентську посаду претендували ще Л.Г. Лук'яненко та І.Р. Юхновський, тобто їх електорат виявився розколотим.

З обранням Л.М. Кравчука Президентом України головою Верховної Ради було обрано І.С. Плюща, на той час також прихильника руху України в бік повної незалежності. Отже, у цьому питанні позиції вищих керівників держави, як і тодішнього прем'єра В.П. Фокіна, цілком збіглися. За ними йшла відповідна частина старої номенклатури, яка зробила ставку на кар'єру при незалежності. Підтримувати їх у відповідних наці-

онально-державницьких намірах була приречена також Народна рада: адже Л.М. Кравчук та його оточення реалізували те, у боротьбі за що його нещодавні політичні вороги провели у в'язницях і таборах чимало часу. Водночас комуністична опозиція ще не встигла відійти від серпневої нищівної поразки і реорганізуватися для контрнаступу. Закладалися основи нової розстановки сил. Та частина номенклатури, що зробила ставку на незалежне існування України, була змушена рішуче відмовитися від вчорашньої ідеології (офіційно комуністичної) і швидко ідейно перефарбовуватися, сприймаючи національно-державницькі ідеологеми, які вона запозичувала з пропагандистського арсеналу національної опозиції.

Представникам останньої відкрився доступ до вищих щаблів влади, однак тільки в тих сферах, де вони не могли загрожувати пануванню постноменклатури над реальною державною владою та економікою. Це стосувалося передусім систем освіти й культури. Інакше кажучи, вони були залучені перефарбованою у національні кольори частиною вчораш-

ньої номенклатури до коаліції з нею на правах молодшого партнера, в обов'язки якого входило ідеологічне забезпечення нової політичної і соціально-економічної системи в Україні.

Отже, для остаточного проголошення повної незалежності, з урахуванням результату референдуму 1 грудня 1991 р., склалися найсприятливіші умови. Було підготовлено і зовнішньополітичне забезпечення цього факту. Ігноруючи вже позбавленого будь-якої реальної влади М.С. Горбачова, президенти України та Росії – Л.М. Кравчук і Б.М. Єльцин і голова Верховної Ради Білорусії С.С. Шушкевич 7 грудня 1991 р. зустрілися у Біловезькій пуші під Брестом і наступного дня підписали спільну угоду про ліквідацію СРСР та утворення Співдружності незалежних держав. Україна перетворилася на повністю незалежну державу, яку в цьому статусі в досить короткий термін визнало світове співтовариство. Так завершилася перебудова в СРСР і Україні – розпадом Радянського союзу та утворенням незалежної й суверенної держави Україна [1].

Світова фізика в 1985–1991 роках

На цьому короткому часовому інтервалі тривав бурхливий розвиток основних фізичних напрямів – фізики елементарних частинок з астрофізикою і космологією, фізики твердого тіла і конденсованих систем, лазерів, оптики, позначених низкою знакових подій. Виник інтерес до нанотехнологій, передбачених ще в 1959 р. Р. Фейнманом [3].

Удосконалювалася експериментальна база фізики високих енергій, створювалися прискорювачі на

надвисокій енергії (400–1000 ГеВ) з нерухомими мішенями і колайдери на зустрічних e^+e^- -, pp - і $p\bar{p}$ -пучках, а також відповідна реєструюча апаратура, зокрема детектори нового покоління. В 1987 р. у ФНАЛ у Батавії став до ладу Теватрон, 1987 р. еколайдер ТРІСТАН на 32x32 ГеВ у лабораторії КЕК (Японія), 1989 р. e^+e^- -колайдери SLC у Станфордї і ЛЕП-1 у ЦЕРНї з енергією в пучках 50x50 ГеВ, 1990 р. – e^-p -колайдер HERA в лабораторії ДЕЗІ в Гам-



А. Мюллер



Дж. Беднорц

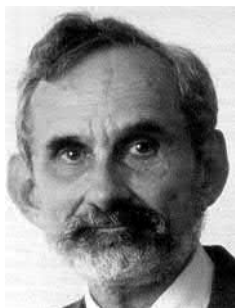
бурзі з енергією в пучках відповідно 30×820 ГеВ.

Розроблена Стандартна модель будови матерії дістала загальне визначення, хоч і не в змозі були відповісти на низку запитань. Вона включає 16 фундаментальних частинок, не рахуючи їх античастинок (на розглядваному етапі двох з них t -кварк і тау-нейтрино ν_τ ще не було виявлено в експерименті, а тільки передбачено). Це 12 ферміонів – 6 кварків (u, d, s, c, b, t) і 6 лептонів ($e, \mu, \tau, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$) та 4 переносника трьох взаємодій (сильної, електромагнітної та слабкої) – фотон γ , глюон g , нейтральний масивний бозон Z^0 і заряджені масивні векторні бозони W^\pm . Відповідно до Стандартної моделі, наша матерія побудована з кварків і лептонів і в природі діють чотири види сил – гравітаційні, електромагнітні, слабкі і сильні. Цим набором частинок і сил можна пояснити всю спостережувану ієрархію матеріальних структур – від нуклонів і ядер до зір і галактик. Лептони і кварки розбиваються на три покоління, які сильно різняться за масою. Кожне покоління складається з зарядженого лептона, відповідного йому нейтрино та двох кварків: u, d, e, ν_e (перше покоління); c, s, μ, ν_μ (друге покоління), t, b, τ, ν_τ (третє покоління). Оскільки кварки існують

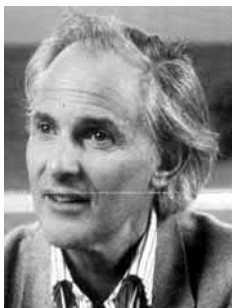
в трьох кольорах, то в першому поколінні 8 частинок, саме з них і складаються атоми нашої звичайної матерії, представники двох інших поколінь спостерігаються в лабораторних експериментах. Для кожного типу сил, що діють між частинками, свою модель: для електромагнітних – квантову електродинаміку, слабких – теорію Вайнберга – Салама – Глешоу, сильних – квантову хромодинаміку. За кадром моделі фігурує бозон Хігса, який «відповідає» за масу всіх частинок.

Пошук надпровідності в різних матеріалах з все вищою температурою надпровідного переходу завжди був одним з магістральних напрямків фізики низьких температур. У 1973 р. для інтерметалічної сполуки Nb_3Ge одержано $T_{кр} = 23$ К, яка тривалий час була рекордною, поки в 1986 р. А. Мюллер і Дж. Беднорц в оксиді з барію, лантану і міді Ва–La–Cu зі структурою перовскиту не виявили надпровідність при температурі 35 К, що було відкриттям високотемпературної надпровідності (Нобелівська премія з фізики 1987 р.). Наступного року Ч. Чу одержав в системі Ва–La–Cu–O надпровідний перехід при температурі 50 К, а А. Мюллер і Дж. Беднорц, ввівши в свій початковий оксид замість лантану іттрій, одержали $T_{кр} = 92$ К, тобто надпровідність при температурі кипіння азоту.

Як зазначалося, в 1959 р. Р. Фейнман висунув ідею нанотехнологій, побудови матеріалів з атомів, які ми самі розміщуємо в заданому порядку, тобто «синтезуємо будь-яку речовину, виходячи з написаної формули». Нанотехнології являють собою сукупність методів і прийомів контрольованого створення нанооб'єкту атомарних розмірів, вони включають також



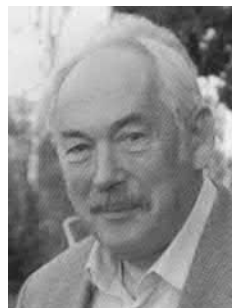
Р. Карл



Г. Крото



Р. Смоллі



П. Грюнберг

створення контрольованим маніпулюванням пристроїв з використанням атомів, молекул і наночастинок (розміром 1–100 нм). З наночастинок можна конструювати наноматеріали з унікальними характеристиками, що привело до виникнення інженерії матеріалів. Нанотехнології тісно пов'язані з фундаментальними науками, «вийшли» з них і водночас дають можливість створювати такі матеріали і пристрої, на яких потім робляться фундаментальні відкриття, наприклад, дробовий квантовий ефект Холла. В результатах було започатковано нанofізикау.

В 1985 р. Р. Карл, Г. Крото і Р. Смоллі відкрили нову форму вуглецю C_{60} , додаткову до графіту та алмазу, так званий фулерен (Нобелівська премія з хімії 1996 р.). Являє собою молекулярні форми вуглецю (кластери), в яких атоми розміщено

у вершинах правильних шести- і п'ятикутників, що вкривають собою поверхню сфери або сфероїда. Молекула C_{60} як кластер з магічним числом атомів 60 має найвищу серед фулернів симетрію (зрізаний ікосаедр), стабільність C_{60} утворюється спонтанно при конденсації пари вуглецю. В 1990 р. C_{60} виділено в макроскопічних кількостях, екстракція його стала проривом у науці про фулерени, виникла синтетична хімія фулеренів, було синтезовано C_{70} , C_{76} , C_{78} та ін., а також вуглецеві наноструктури (нанотрубки), що привело до успіхів у нанотехнологіях.

В ці роки започатковано і спінтроніку завдяки відкриттю в 1988 р. А. Фертом і незалежно П. Грюнбергом в магнітних багаточарових плівках велетенського магніторезисторного ефекту — велетенського магнітоопору (Нобелівська премія з



А. Ферт



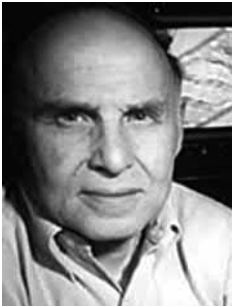
С. Чу



У. Філіпс



К. Коен-Таннуджі



А. Ашкін



Т. Хьонш



Дж. Холл



А. Цайлінгер

фізики 2007 р.). Це відкриття уможливило керування рухом електронів у феромагнітних матеріалах, діючи на їх спінові моменти і значно вилинуло на розвиток магнітних запам'ятовуючих пристроїв, зокрема накопичувачів на жорстких дисках. Засновану на ВМО-ефекті нанотехнологію використовують для зчитування даних у жорстких дисках, що привело до їх мініатюризації.

В 1986 р. створено інжекційний лазер на гетеропереходах ІІ роду, 1987 р. – рентгенівський лазер. Розробка 1985 р. Ж. Муру і Д. Стріклєнд методу генерування надкоротких оптичних імпульсів надзвичайно високої інтенсивності (Нобелівська премія з фізики 2018 р.) уможлиблювала створення ніко секундних лазерних систем потужністю 10^{22} Вт/см². В 1986 р. висунуто ідею параметричного підсилення світла в нелінійно оптичних кристалах для одержання також надпотужних лазерів.

В 1988–1989 рр. завершено розробку техніки лазерного охолодження й полонення атомів у лазерних пастках та з'ясовано фізичні механізми, що дають можливість керувати нейтральними атомами за допомогою світла лазера (С. Чу, У. Філіпс, К. Коен-Таннуджі; Нобелівська премія з фізики 1997 р.). Проте дослідження

й експеримент з удосконалення лазерного охолодження й полонення тривали, в результаті А. Ашкіним зі співробітниками було розроблено світлові пастки лазерні пінцети, які надійно утримували найдрібніші об'єкти рідної природи, зокрема створено 1986 р. лазерну пастку, що використовувала один сфокусований лазерний промінь, та здійснено в ній локалізацію атомів. Того ж року вийшла їх стаття з описанням лазерного полонення діелектричних частинок від десятків нанометрів до десятків мікрометрів. В 2018 р. А. Ашкіна за винайдення лазерних пінцетів та їх застосування до вивчення біологічних систем удостоєно Нобелівської премії з фізики.

Дістала бурхливого розвитку прецизійна лазерна спектроскопія (Т. Хьонш, Дж. Холл, Нобелівська премія з фізики 2005 р.).

Будувалися нові потужні АЕС, проте вибух на 4 блоці Чорнобильської АЕС підірвали довіру громадськості до такого виду енергії».

В 1989 р. закладено теоретичні основи квантової телепортації – передачі квантових станів на відстань (Д. Грінбергер, М. Хорн, А. Цайлінгер), в тому ж році побудовано першу працюючу квантово-криптографічну систему на основі ідеї (С. Візнер,

1970 р.) захисту інформації за допомогою квантових об'єктів.

В галузі астрофізики та космології можна відзначити лише кілька знакових подій, які однак готували передумови одержання багатьох фундаментальних фактів. В 1989 р. на орбіту запущено космологічний супутник СОВЕ для дослідження космічного фону, а для широкомаштабного вивчення космосу, в квітні 1990 р. виведено на навколосезну орбіту висотою 566 км космічний телескоп «Хаббл» з діаметром у зеркала 2,4 м. Саме від них одержано дані, які в значній мірі сформували невдовзі сучасний погляд на Всесвіт. У 1990–1995 рр. почала

розглядатися його Стандартна космологічна модель – Λ СДМ-модель.

На початку 80-х років стали до ладу водяні черенківські детектори Коміюканде і Суперекаміюканде в Японії для детектування нейтрино. В 1987 р. відкрито нейтрино від Наднової SN 1987 А, 1988 р. – атмосферні нейтронні аномалії, 1989 р. – сонячні нейтрино ν_e , що започаткувало нейтринну астрофізику.

В 1988 р. прокладено підводну волоконно-оптичну систему зв'язку між Америкою та Європою і розпочато розробку Міжнародного термоядерного експериментального реактора (ІТЕР).

Фізика України в перебудовні роки

На цьому етапі фундаментальні фізичні дослідження проводилися в основному в згаданих раніше академічних інститутах, до яких долучилися Інститут фізики конденсованих систем у Львові (директор – І.П. Юхновський), створений 1990 року на базі однойменного відділення Інституту теоретичної фізики АН УРСР, Інститут прикладної фізики в Сумах, організований 1991 р. (директор – В.Ю. Сторіжко) та НТК «Інститут монокристалів» у Харкові (генеральний директор В.П. Семиноженко). Також відповідні роботи велися в науково-дослідному Інституті фізики Одеського університету, на ряді кафедр вишів і галузевих науково-дослідних інститутах [12].

На діяльність фізичних структур впливали перебудовні процеси, зокрема прагнення до демократизації й гласності в суспільстві, національної самосвідомості й самоідентичності, незалежності й суверенності республіки, повернення в науковий обіг

замовчених і забутих імен, реабілітація безпідставно засуджених сталінським та брежнєвським режимами, деідеологізація суспільно-політичного життя тощо. Все це накладало відбиток на обстановку в країні, в тому числі Академії наук УРСР та її інститутів. Спостерігається деякий спад ефективності наукової роботи через ейфорію перебудови та надмірну кількість пропагандистських гасел, які подекуди дезорієнтували суспільство, поступове зниження життєвого рівня населення, недофінансування гуманітарної галузі, зокрема наукової.

Негативно вплинула на морально-психологічний клімат у країні також Чорнобильська катастрофа, яка засвідчила неготовність влади до попередження подібних ситуацій і боротьби з ними, поставила під сумнів існування гласності, оскільки правду в перші дні трагедії та її небезпеку й масштаби, поведінку людей в цих умовах керівництво республіки намагалося приховати. До ліквідації



Ю.О. Храмов



Ю.В. Павленко

А.С. Литвинко

женими, і непродуманими до кінця, а тому відігравали подекуди негативну роль, оскільки почали широко використовуватися націонал-радикалами й активістами-псевдопатріотами.

наслідків катастрофи було залучено чимало фізиків [3].

В цей період знизився рівень фундаментальних фізичних результатів, який спочатку підтримувався деякою мірою інерційністю роботи вчених, до того ж обмаль було здобутків світового рівня. Тому відсилаємо читача до книги «Хронологія НАН України» [1]. Розпочалася також еміграція відомих учених та талановитої молоді за кордон.

Але це стосується в основному фундаментальних наук. Щодо гуманітаріїв, то вони в період перебудови й наступними роками демонстрували значну наукову активність, видаючи «на гора» чималу кількість публікацій, рукописи яких тривалий час зберігалися у шухлядах столів, чекаючи кращих часів, а також відгукуючись на реалії сьогодення. Правда, деякі їхні твердження й пропозиції були і недостатньо вива-

Своє слово в ті часи сказали також історики науки. Вони написали низку статей про справжню дату заснування НАН України, а в 1993 році видали монографію «Рання історія Академії наук України» [4]. У подальшому побачила світ низка нарисів про безпідставно засуджених і майже не відомих сучасникам учених: «Справа УФТІ» про зруйнування УФТІ 1935–1938 і долю його провідних співробітників з використанням архівних матеріалів, які тривалий час зберігалися під грифом «таємно» [5], наприклад «Історія формування й розвитку фізичних шкіл на Україні» (1991) [6]. По новому висвітлено історію НАН України за період 1918–1998 рр. в суспільно-політичному контексті, об'єктивно, адекватно, без перекручень і спотворень, з відродженими прізвищами і фактами [2] та ін.



Ю.М. Ранюк

В.С. Савчук



В.Л. Храмова



В.А. Шендеровський

У 1986 році на базі секторів Історії природознавства і техніки Інституту історії АН УРСР та сектору наукознавства РПСУ організовано Центр досліджень, науково-технічного потенціалу та історії науки АН УРСР (з 2015 – Інститут). З часом його Відділ історії науки і техніки перетворився на потужний осередок історико-наукових досліджень. У 1993 році створено Українське товариство істориків науки, виходить з 19 періодичний збірник «Нариси з історії природознавства і техніки», при Інституті функціонує спеціалізована вчена рада із захисту кандидатських і докторських дисертацій зі спеціальності «Історія науки і техніки», проводяться конференції та семінари. Слід відзначити, що Відділ консолідував навколо себе істориків науки і техніки України, підтримуючи водночас творчі зв'язки з провідними вузами і низкою академічних інститутів. Значимо, що чимало фізиків-професіоналів є авторами яскравих і змістових історичних нарисів про фізику і фізиків, зокрема члени НАН України О.І. Ахієзер, В.Г. Бар'яхтар, О.М. Бо-

голюбов, О.Г. Гольдман, С.Я. Брауде, О.С. Давидов, М.В. Пасічник, О.Г. Ситенко, В.Т. Толок, О.Я. Усиков, доктори наук Ю.В. Павленко, Ю.М. Ранюк, М.П. Рекало, В.Л. Храмова, В.А. Шендеровський.

Дану галузь також представляють «чисті» історики науки, доктори історичних наук А.А. Бесов, здебільшого вихованці Відділу, В.М. Гамалія, Л.М. Бесов, О.М. Корнієнко, Н.М. Кушлакова, А.С. Литвинко, О.Я. Пилипчук, С.П. Руда, В.С. Савчук, Л.І. Сухотеряна, О.В. Фірсон, О.Л. Храмова-Баранова та ін.

Повертаючись до фундаментальних наук, варто констатувати, що в той період спостерігалася тенденція до скорочення ключових результатів роботи вчених. На жаль, вона зберігалася і в наступні роки, набуваючи загрозливого характеру, адже через постійне недофінансування, відсутність належної експериментальної бази, розрив багатьох усталених творчих зв'язків ученим доводилося боротися за виживання, долаючи виклики українського сьогодення.

Світова фізика (з 1992 р.)

На цьому етапі в світовій мікро- і макрофізиці сталося кілька революційних подій, які дали новий погляд на світ.

Фізика елементарних частинок. В 1995 р. у ФНАЛ відкрито t -кварк (Дж. Крістенсон, В. Барнес, Ф. Лобкович, М. Стівенсон, Дж. Фрідман та ін.), останній в сім'ї кварків, а в 2000 р. там же τ -нейтрино – ν_τ (виявлено також у Лабораторії КЕК в 2003 р. Й. Тотсукою та ін.), що остаточно підтвердило шестикваркову модель Кабаясі–Маскави. Ці від-

криття заповнили існуючі прогалини в ній та утвердили її як Стандартну



Й. Тотсукою

Дж. Крістенсон



Ф. Джіанетті



С. Ву



Е. Кернелл



К. Віман

модель теорії елементарних частинок. В 1998 р. у Лабораторії КЕК під керівництвом Й. Тотсуки одержано перші вказівки на існування нейтринних осциляцій, передбачених ще в 50–60-х роках, а 2001 р. остаточно підтверджено перетворенням V_e в V_μ і V_τ . Це доводило існування у нейтрино маси (2–3 еВ). Як відома в Стандартній моделі нейтрино-безмасова частинка, отже, це вимагає модифікацію моделі, побудову нової фізики за її межами.

В Стандартній моделі ключову роль відіграє бозон Хіггса. При цьому припускалося, що сила, з якою частинки взаємодіють з полем Хіггса, повинна бути новою, і їх маси виникають внаслідок взаємодії з хіггсівським бозоном, тобто він є відповідальним за маси всіх частинок. Тому його експериментальне виявлення вважалося найголовнішим завданням фізики

елементарних частинок. Цій меті було підпорядковано створення Великого адронного колайдера (ВАК), в якому застрічні пучки протонів і важких іонів (свинцю) повинні набути енергію 13–

14 ГеВ. Будівництво його почалося в 2001 р., в 2008 р. він був запущений, в березні 2010 р. енергія протонів у пучку становила 3,5 ГеВ, розпочався перший етап наукової роботи, що тривав до лютого 2012 р., коли його зупинено на модернізацію. На цьому етапі на ньому було одержано низку фундаментальних результатів, серед яких відкриття незалежно, двома колабораціями на детекторах ATLAS (керівник Ф. Джіанетті) і CMS в 2012 р. бозона Хіггса. Встановлено, що маса його дорівнює $125,3 \pm 0,6$ ГеВ, спін-0, він нейтральний, нестабільний і швидко розпадається на інші відомі частинки. Водночас це було відкриттям і нового виду матерії.

В 2002 р. на установках РЕР і КЕК встановлено порушення CP -інваріантності в процесах за участю b -кварка (Ж. Обер, С. Ву та ін.), чим доведено, що існує взаємодія, яка порушує оберність часу, тобто T -симетрію.

Фізика конденсованих станів. В 1995 р. дві групи фізиків В. Кеттерле та ін. (Массачусетський технологічний інститут) та Е. Корнелл, К. Віман та ін. (університет Колорадо в Боулдері) одержали бозе-ейнштейнівський конденсат – новий стан речовини як наслідок Бозе-Ейнштейна конденсації, яку передбачив 1925 р. А. Ейнштейн (Но-



Д. Джін



К.С. Новосьолов



А.К. Гейм



І. Акасакі



Х. Амано

белівська премія з фізики 2001 р.). Відразу ці почали досліджувати одержаний конденсат. У 1996 р. група Кеттерле спостерігала інтерференцію двох конденсатів, а 1999 р. створили елементарний атомний лазер, вивісивши атоми з конденсату та перевіряючи їх на когерентність. В ньому процес підсилення атомів відбувається під час утворення конденсату і докорінно відрізняються від підсилення світла в лазерах при його проходженні крізь активне середовище. В 2004 р. група фізиків з Національного інституту стандартів і технологій в Боулдері (Д. Джін, М. Грейнер, К. Рігал) одержала ферміонний конденсат – також новий стан речовини, цього ж року виявлено його надплинність (Дж. Томас, Р. Грімм).

У цей період бурхливо почали розвиватися нанотехнології і нанофізика. В 2004 р. К.С. Новосьолов і А.К. Гейм одержали новий наноматеріал – графен (Нобелівська премія з фізики 2010 р.). Являє собою моноатомний шар вуглецю – ідеальну кристалічну структуру, що має унікальні властивості. На початку 90-х років І. Акасакі, Х. Амано і С. Накамура винайшли ефективний синій світлодіод, який уможливив створення джерел білого світла (Нобелівська премія з фізики 2014 р.).

Лазерна фізика і лазерна спектроскопія. Бурхливо розвивалася фізика лазерів та її окремі напрями. Удосконалювалися «старі» лазери та розроблялися нові (нові робочі середовища, методи накачки, принципи роботи, конструкції), зростали їх потужність та інтенсивність випромінювання, діапазон робочих частот, галузі їх застосування.

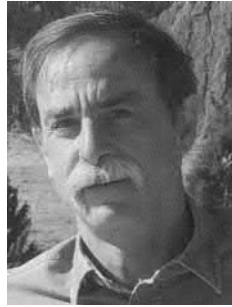
В 2006–2007 рр. побудовано лазери, засновані на параметричному підсиленні світла в нелінійних оптичних кристалах. Розроблено низку міжнародних проектів створення комплексів для лазерного термоядерного синтезу. Наприкінці 80-х – на початку 90-х років розроблено чимало оптичних стандартів частоти на основі лазерів, а невдовзі почали розробляти оптичні частотоміри, засновані на оптичному поділі оптичних частотних інтервалів. В результаті в 1999 р. запропоновано метод оптичного частотного гребінця, який формується лазером з синхронізованими фемтосекундними модами (Т. Хьонш, Дж. Холл). В результаті було значно спрощено вимірювання оптичних частот з допомогою оптичних гребінців і підвищено точність. Лазерні фемтосекундні частотні гребінці стали стандартним інструментом високоточної спектроскопії та оптичної метрології, потужним мето-



С. Накамура



С. Арош



Д. Вайнленд

сою (СДМ-моделі) перебували в протиріччі з великомасштабним розполіом галактик і вимірними значеннями сталої Хаббла, середньої густини й віку Всесвіту. Стало зрозуміло, що додавання в

дом нових перевірок фундаментальних фізичних законів.

Розроблені С. Арошем і Д. Вайнлендом експериментальні методи по втриманню поодиноких фотонів та іонів уможливили вимірювання окремих квантових станів і керування ними, а також вивчення з нової точки зору переходу між класичною і квантовою поведінками елементарних частинок, оскільки стало можливим виконувати вимірювання, які не спотворюють стан квантової системи – квантові неруйнівні вимірювання. Розроблені методи започаткували квантову інформатику та розробку квантового комп'ютера. Але фізика навчилася не тільки керувати квантовими станами, а й передавати їх на відстань. Вперше квантову телепортацію (поляризаційного стану фотона) здійснив 1997 р. А. Цайлінгер зі співробітниками (Австрія), а 2012 р. телепортував квантовий стан на відстань 144 км, а в 2018 р. в Китаї здійсненими квантову телепортацію між Землею і штучним супутником Землі на відстані близько 1400 км.

Космологія та астрофізика. В 1990–1995 рр. розроблено космологічну модель з космологічною сталою – Λ СДМ-модель. Існуючі до цього інфляційні моделі Е. Гата і А.Д. Лінде (1981) з холодною прихованою темною ма-

СДМ-модель космологічної сталої Ейнштейна, відповідальну за антигравітацію, отже розширення Всесвіту, може вирішити проблему. Наступні відкриття підтвердили модель Λ СДМ.

Надзвичайно важливі астрофізичні та космологічні дані одержано космічним телескопом «Хаббл» за час його «роботи» на навколосезній орбіті з 1990 р. За його допомогою зроблено понад 1 млн зображень космічних об'єктів; уточнено значення сталої Хаббла, тобто темп розширення Всесвіту, або його вік, доведено, що в центрі галактик містяться масивні чорні діри; підтверджено ізотропність Всесвіту; одержано зображення протогалактик і перших згустків матерії (2004), сформованих менше, ніж 1 млрд років після Великого вибуху, прямий доказ існування темної матерії (2005); відкрито 14 молодих швидких зір, вік яких становить ~ 1 млн років; значну кількість протопланетних дисків навколо зір туманності Оріана та доведено, що процеси формування планет у нашій Галактиці відбувається навколо багатьох її зір і здобуто додаткові дані щодо існування планет поза Сонячною системою тощо.

Але зупинимося на одному ключовому відкритті. В 1998 р. С. Перлматтер з колегами, використовуючи



С. Перлматтер



Б. Шмідт



А. Рісс



Дж. Смут

дані спостережень телескопа «Хаббл», відкрив першу Наднову типу Ia з червоним зміщенням $z=1,2$, яку можна було використовувати для космологічних тестів у якості стандартної «свічки» (яскраве джерело з фіксованою світністю). Невдовзі було виявлено чимало Наднових Ia з великими z (космологічні Наднові). Проаналізувавши 42 космологічні Наднові (їх хабблівські діаграми) група Перлматтера дійшла висновку про прискорене розширення Всесвіту, відповідальним за яке є домінуюча у Всесвіті якась невідома субстанція, названа «темною енергією», що створює антигравітацію, її математичним виразом є космологічна стала, або Λ -член у рівняннях Ейнштейна ЗТВ. Це відновило у правах і космологічну сталу Λ , від якої А. Ейнштейн хотів відмовитися. Треба сказати, що ще один його прогноз справдився – в 2018 р. нарешті відкрито гравітаційні хвилі, які він постулював 100 років тому.

Аналогічний висновок за результатами дослідження Наднових Ia телескопом «Хаббл» зробила також інша група, до якої входили Б. Шмідт, А. Рісс та ін. За відкриття прискореного розширення Всесвіту С. Перлматтер, Б. Шмідт і А. Рісс удостоєні Нобелівської премії з фізики 2011 р. Одержані дані виявилися добре узгоджува-

ними зі Стандартною космологічною моделлю з космологічною сталою (Λ СДМ-модель), тобто довели її справедливості (незалежно на користь цієї моделі свідчили також інші результати, одержані після 2003 р.).

В результаті сформувався новий погляд на Всесвіт, його еволюцію. Він є геометрично плоским і поряд з баріонною речовиною містить також холодну темну матерію і темну енергію – новий вид матерії, з'ясування природи якої є однією з основних завдань сучасного природознавства. Слід зазначити також, що встановлено сповільнення розширення Всесвіту в минулому та його прискорене розширення нині.

В 1992 р. апаратурою космологічного супутника COBE виявлено апізотропію реліктового випромінювання та низку нових фактів (Дж. Смут, Дж. Мазер; Нобелівська премія з фізики 2006 р.). Було надійно доведено, що космічний мікрохвильовий фон є справді реліктовим тепловим випромінюванням раннього Всесвіту, а його спектр відповідає спектру чорного тіла



Дж. Мазер

з температурою $2,725 \pm 0,001$ К; виявлено й виміряно космічний інфрачервоний фон, створюваний, як вважають першими зорями та дуже яскравими, багатими на пил галактиками на значних червоних зміщеннях (кілька одиниць), це означає, що Всесвіт вдвічі яскравіший, ніж вважали; побудовано зображення нашої Галактики; зареєстровано і картографовано первинні збурення густини у Всесвіті, які утворили його великомасштабну структуру; визначено геометрію простору Всесвіту, його кривину, виявлено, що він плоский. Виходячи з даних приладів СОВЕ, вчені створили образ раннього Всесвіту і процесів, які в ньому відбуваються, зокрема він містить невидиму темну матерію з незначними домішками звичайної речовини. Експериментальне підтвердження темна матерія одержала в 2003 р., хоч ідея її існування, висунута ще 1932 р. Ф. Цвіккі, стала загальноприйнятною вже 1975 р.

В червні 2001 р. на орбіту супутника Землі виведено космологічний супутник WMAP (в жовтні 2010 р. після виконання місії відправлений на орбіту захоронення). За його даними, Всесвіт майже плоский, містить 73% темної енергії, 23% темної матерії та 4% звичайної речовини, стала Хаббла $-74 \pm 4 \text{ км/с} \cdot \text{макс. густина}^{-10^{-29} \text{ г/см}^3}$, вік $13,73 \pm 0,12$ млрд. років.

14 травня до точки Лагранжа-2, розміщеній на відстані $\sim 1,5$ млн км від Землі, стартувала ракета-носіє «Аріан-5», яка вивела на орбіти апарат «Планк» та інфрачервоний телескоп «Гершель» з діаметром дзеркала 3,5 м. Перші ж фотографії, зроблені «Гершелем» вже в червні 2009 р., були дуже високої якості. Згодом отримано результати, які відкрили подро-

биці зародження зір. Так, одержано зображення тисяч далеких галактик, в яких з величезними шкідкостями зароджуються зорі і хмари зоряного пилу, зокрема в хмарі RCW120 в травні 2010 р. відкрито молоду велетенську протозорю (вік її становить кілька десятків тисяч років), маса якої у 8 разів перевищує масу Сонця. Вона оточена величезною газо-пиловою хмарою, що сприяє її розвитку. «Гершель» виміряв інфрачервоне випромінювання тисяч галактик за межами нашої, віддалених на відстань мільярди світлових років. Він показав, що галактики обертаються набагато швидше, ніж вважалося, виявив новий стан води. Тривалість місії «Гершеля» становила три роки, «Планка» – чотири роки.

В 2013 р. Оприлюднено результати, одержані космологічним супутником «Планк» за час його роботи на орбіті (2009–2013): створено карту реліктового випромінювання Всесвіту та уточнено його склад – в ньому 4,9% звичайної речовини, 26,8% – темної матерії і 68,3% – «темної енергії»; уточнено сталу Хаббла, отже, вік Всесвіту – 13,8 млрд років; встановлено зі значною впевненістю існування у Всесвіті трьох типів нейтрино – $V_\epsilon, V_\mu, V_\tau$ та ін.

В квітні 2001 р. до Марса запущено апарат «Одиссей» з метою дослідження його геологічної будови та пошуку мінералів, у жовтні він вийшов на марсіанську орбіту. В 2002 р. від нього одержано дані, що засвідчили в деяких ділянках на глибині ~ 45 см наявність льоду. Вивчення його продовжив космічний апарат «Фенікс», запущений в серпні 2007 р. і який в травні 2008 р. опустився на марсіанську поверхню, невдовзі він виявив в марсіанському ґрунті воду.

Отже, можна підвести деякий стислий підсумок в дослідженнях Марса космічними апаратами. Докладно вивчено його рельєф, найхарактернішими формами якого є конусоподібні гори (величезні згаслі вулкани), що їх діаметр сягає 500 км, а висота – близько 30 км, крім того, виявлено велетенські гребені і розломи та пов'язані з ними величезні долини, рифтоподібну систему каньйонів, наслідки ударної та ендегенної тектоніки, що проявляється у великій кількості кратерів. Марсіанська поверхня вкрита крихким уламковим матеріалом – реголітом, утвореним внаслідок екзогенних процесів, визначено склад ґрунту та атмосфери Марса, в марсіанському ґрунті виявлено воду тощо.

5 вересня і 20 серпня 1977 р. в бік Юпітера запущено відповідно «Вояджер-1» і «Вояджер-2». Спочатку планувалося за допомогою цих АМС з пролітних траєкторій дослідити Юпітер і Сатурн та їх супутники, однак через те, що в 1977–1979 рр. розташування великих планет було дуже зручним («парад планет») для запуску до них космічних апаратів, які, використовуючи їх гравітаційні поля, можуть послідовно облетіти ці планети, було вирішено спрямувати «Вояджери» також до Урана та Нептуна. 5 листопада 2003 р. було повідомлено, що «Вояджер-1» досяг краю Сонячної системи, віддалившись від Землі на $\sim 13,5$ млрд км. За оцінками, «Вояджери» можуть функціонувати, підтримуючи зв'язок із Землею, приблизно до 2020 р., шороку віддаля-

ючись від неї на відстань понад три астрономічні одиниці. З допомогою «Вояджерів» вперше отримано високоякісні знімки Юпітера та кількох його супутників, досліджено його атмосферу, хмарний шар, параметри магнітосфери, іоносфери та магнітосферної плазми. За збуреннями орбіт «Піонера-10» і «Піонера-11» під час їх прольоту повз Юпітер уточнено ступінь його стисненості, що свідчило на користь рідинної моделі Юпітера. Кольорові зображення хмарного шару, одержані цими чотирма АМС, дали відомості про його особливості і структуру, характер рухів в атмосфері Юпітера.

«Вояджери» дослідили чотири планети та 48 їх супутників. Було відкрито велетенські буревії в атмосфері Юпітера та діючі вулкани на його супутнику Іо, швидкі вітри на Нептуні та гейзери на його супутнику Тритоні, вигини в кільцях Сатурна та кольорові варіації в них, щільну в його кільці С. В атмосфері Сатурна виявлено десятки поясів і зон, різні конвективні хмарні утворення, його магнітосфера за розмірами втричі менша, ніж у Юпітера. Отримано дані про склад атмосфери, температуру, тиск і розміри супутника Титан, а на супутнику Тефія виявлено великий кратер, діаметром 400 км і глибиною 16 км.

Перші прямі вимірювання параметрів атмосфери Юпітера виконано в грудні 1995 р. космічним зондом, який відокремився від АМС «Галілей», запущений до Юпітера 18 жовтня 1989 р. з навколосемної орбіти.

1. Кульчицький С., Павленко Ю., Руда С., Храмов Ю. Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному кон-

тексті. 1918–1998. – К.: Фенікс, 2000.

2. Чорнобиль

3. Чорнобиль

4. Голод
5. Храмов Ю.О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій і відкриттів. – К.: Фенікс, 2015.
6. Національна академія наук України. 1918–2018. Хронологія. – К.: Фенікс, 2018.
7. Національна академія наук України. 1918–2018. – К.: Академперіодика, 2018.
8. Інститут фізики НАН України. 80 років. – Львів, Євросвіт, 2009.
9. Институт радиопізики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины. – 50 лет. – Храмов, 2005.
10. Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України. – Харків, 2010.
11. Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. 1966–2016. – К.: Академперіодика, 2015.
12. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України. 1960–2010. – К.: Інтертехнодрок, 2010.

УКРАЇНА В 1992–2000 РОКАХ

Наприкінці грудня 1991 р. Україна спільно з Росією та Білоруссю створила Співдружність незалежних держав (СНД), до якої було запропоновано приєднуватися іншим колишнім радянським республікам. Це сталося 21 грудня 1991 р. на нараді лідерів пострадянських республік в Алма-Аті, і як наслідок 25 грудня подав у відставку президент СРСР М.С. Горбачов.

Відбувалося визнання незалежної України державами світу. Протягом грудня 1991 р. Україну в цьому статусі визнали 68 держав, а впродовж 1992 р. – ще 64. З більшістю з цих було встановлено дипломатичні відносини та дружні взаємини з перспективою розгортати в майбутньому взаємовигідну співпрацю. Водночас відразу виявилися і точки напруженості. Передусім це стосувалося взаємин з Росією, яка прагнула до збереження гегемонії над усім пострадянським простором. Її керівництво недооцінювало прагнення України до справжньої незалежності. Маючи значні важелі впливу на Україну і розглядаючи СНД як тимчасову реальність, як засіб її реінтеграції під владою Москви, російський істеблішмент не зробив реальних кроків для утримання України в сфері свого дієвого впливу. Основною тактикою було обрано шантаж України, зокрема щодо Криму (підбурювання в Криму сепаратистських настроїв) і торг стосовно розподілу Чорноморського флоту. Це виявилось неефективним засобом тиску, тим більше, що для ельцинського керівництва пріоритетним було налагодження зв'язків з країнами Заходу, а ті не

схвалювали політику Росії, спрямовану на територіальну експансію.

Намагаючись закріпити здобуту незалежність і розглядаючи Росію як перешкоду в цьому шляху, українське керівництво на чолі з президентом України Л.М. Кравчуком і головою Верховної Ради І.С. Плющем робило все для зміцнення взаємин із Заходом, передусім США. Однак Сполучені Штати з деякою насторогою дивилися на утворення в Центрально-Східноєвропейському регіоні нової держави, на теренах якої залишився величезний ядерний арсенал (третій у світі). Тому попередньою умовою для співробітництва і підтримки, в тому числі кредитами, була відмова України від ядерної зброї.

Іншими істотними і, як тепер зрозуміло, невинуватими поступками Заходу, зокрема сімці найрозвинутіших країн світу на чолі із США, що контролювали міжнародні фінансові установи (Міжнародний валютний фонд, Всесвітній банк), було прийняття Україною на хвилі ажіотажу моделі реформ за монетаристською концепцією МВФ. Україна погодилася розкрити свої економічні кордони для Заходу, відмовившись від належної підтримки власного товаровиробника, та піти на згортання соціальних програм (охорони здоров'я, освіти, науки, культури). Це позначилося на виході з рубльової зони під час відсутності національної валюти і спричинило гіперінфляцію, катастрофічне зростання цін на енергоносії, головним чином на російські нафту і газ, та в значній мірі розрив традиційних

економічних зв'язків з партнерами в межах СНД, зокрема з Росією.

Все це на тлі боротьби мафіозно-кланових структур за контроль над експортно-імпортними операціями та прибутковими секторами виробництва під вивіскою приватизації (закон про приватизацію майна державних підприємств прийнято 4 березня 1992 р.) викликало глибоку економічну кризу, зубожіння значної кількості населення України та зростання соціальної напруженості, особливо переважно в російськомовних шахтарсько-індустріальних областях сходу та півдня республіки.

Відчуваючи зростання соціальної напруженості (про це свідчили періодичні страйки шахтарів), активізацію лівих партій, посилення опозиції до Президента в парламенті, економічні провали тощо, Л.М. Кравчук погодився на заміну Кабінету Міністрів України Фокіна новим урядом, який очолив до того мало відомий у політичних колах генеральний директор Південного машинобудівного заводу в Дніпропетровську Л.Д. Кучма. На посаді Прем'єр-міністра України Верховна Рада затвердила його 13 жовтня 1992 р.

Л.М. Кучма з'явився на політичній авансцені як компромісна фігура. По відношенню до Президента України, на відміну від В.П. Фокіна, Л.Д. Кучма зайняв більш жорстку політичну позицію. Конфлікт між ними розгортався навколо законодавчо не вирішеної проблеми щодо співвідношення вертикалі представників Президента на місцях та міністерств і відомств, підпорядкованих прем'єру. При Службі Президента з'являлися все нові комісії та ради, що дублювали відповідні міністерства і відомства, як колишні відділи ЦК КПУ.

Вони видавали накази та інструкції, виконувати які і відповідати за їх виконання мусили підпорядковані прем'єру структури. Це породжувало постійні суперечки між Адміністрацією Президента і Кабінетом Міністрів. Паралельно загострювалося і питання про співвідношення на місцях повноважень обраних рад і представників Президента.

Конфлікт між Президентом і Прем'єр-міністром загострювався впродовж літа 1993 р. На початку вересня взаємини між ними досягли чергового рівня напруженості. 9 вересня прем'єр подав заяву про відставку, і 21 вересня Верховна Рада задовольнила її. 24 вересня Верховна Рада, у якій відносили з Президентом ставали теж все напруженішими, ухвалила рішення про призначення дострокових парламентських (на 27 березня 1994 р.) та президентських (на 26 червня 1994 р.) виборів. Україна ввійшла в передвиборний марафон.

Все це відбувалося на тлі різкого погіршення умов життя більшості населення. Тільки за один 1992 р. ціни на нафту в Україні зросли в 300 разів, на газ – у 100, що сприяло розкручуванню інфляційної спіралі. Падіння виробництва супроводжувалося випуском не забезпечених грошей, швидко знецінюваних: в 1992 р. – у 21 раз, 1993 р. – 103 рази. Швидкими темпами скорочувалося фінансування соціальної сфери. Зокрема, на науку витрати з бюджету протягом 1990–1994 рр. скоротилися вчетверо. Це стимулювало масовий виїзд науковців за кордон, особливо найперспективніших серед людей молодого віку. Водночас на очах знедолених співвітчизників мафіозі-нувориші та старі номенклатурники, що перетворилися

у комерсантів, неприховано демонстрували свій розкішний спосіб життя на гроші сумнівного походження. Це посилювало соціальну напруженість. Люди стали відчувати соціальну нерівність і несправедливість гостріше, ніж у застійні роки. Їх заощадження знищила гіперінфляція, мізерних зарплат і пенсій не вистачало для підтримання злиденного життєвого рівня, до того ж їх почали затримувати з метою хоч у такий спосіб приборкати інфляцію.

Ще одним фактором зростання невдоволення, особливо в індустріальних містах сходу та півдня республіки, було прагнення національно-радикальних діячів прискорити процес українізації російськомовного населення через сферу освіти і культури, а також проведенням політики виходу республіки з російського інформаційного простору. А поява на політичній арені екстремістських націоналістичних сил – Конгресу українських націоналістів (КУН) та Української національної асамблеї (УНА) з її напіввоєнізованим формуванням Українська національна самооборона (УНСО) сприймалася багатьма як реальна загроза існуючому режиму.

Отже, перші роки незалежності України пройшли під знаком політичного домінування Л.М. Кравчука та його оточення, здебільшого з колишніх партпрацівників, що переорієнтувалися в бік національно-державницьких гасел.

Настрої суспільства виразно відбилися в ході парламентських виборів 27 березня (другий тур – 10 квітня) 1994 р. Вони проходили за мажоритарною і багатопартійною системами продемонстрували загальну недовіру громадян до всіх політичних сил і депутатського корпусу попереднього скликання.

Л.М. Кравчук і його команді, маючи розгалужені зв'язки в усіх впливових сферах ще з радянських часів, контролюючи вертикаль влади представників Президента на місцях та засоби масової інформації, спираючись на своїх численних прибічників навіть у національному таборі, не мали сумнівів у перемозі на майбутніх президентських виборах і вели себе досить самовпевнено.

Попри впевнене очікування перемоги в другому турі президентських виборів, що відбувся 10 липня 1994 р., Л.М. Кравчука чекала поразка. І треба віддати йому належне він гідно тримався після цього, передача вищої державної влади в Україні відбулася?

Верховна Рада України 16 листопада 1994 р. прийняла закон про приєднання України до договору про нерозповсюдження ядерної зброї за умови надання їй гарантій безпеки і територіальної цілісності з боку ядерних держав при відмові України від цієї зброї (гарантами виступили США, Росія та Велика Британія).

Цим Україна визнавалася територіально недоторканою в її сучасних, визнаних міжнародним співтовариством, кордонах, але жодних економічних пільг від країн Заходу вона так і не отримала. Більше того, їх інтерес до неї послабшав – адже вона виконала те, що від неї вимагалось від дня проголошення нею незалежності.

Інший блок вимог стосувався закриття Чорнобильської АЕС. У справі компенсації Україні понесених втрат країни Заходу майже нічого не зробили, проте зволікання українською стороною розв'язання чорнобильської проблеми постійно кваліфікувалося як перешкода на шляху поглиблення українсько-західноєв-

ропейських відносин. Крім того, розвинені країни Заходу та їх фінансові представники, передусім МВФ, попередньою умовою надання кредитів та інших форм економічної допомоги висунули обов'язкове виконання їхніх інструкцій та рекомендацій у галузі реформування економіки. Основні з їх вимог – лібералізація цін, вільний доступ на український ринок західних і центральноєвропейських товарів, найширша і найскоріша приватизація об'єктів господарського комплексу, жорстка монетаристська політика. Водночас, обіцяючи певний обсяг кредитів, вони зовсім не збиралися пускати Україну на свої ринки.

Небезпека прийняття таких умов була зрозумілою для багатьох економістів України. Проти того, щоб рухатися за вказівками МВФ (що почалося за правління Л.М. Кравчука, особливо після призначення віце-прем'єром з економічних питань В.М. Пинзеника), виступило чимало народних депутатів, і президент України Л.Д. Кучма та його оточення відразу не наважилися обрати відвертий монетаристський курс. Було навіть здійснено певні заходи щодо посилення вкрай слабкого урядового контролю за діяльністю державних підприємств, робилися спроби адміністративно стримати інфляцію та зростання цін. Але успіху на цьому шляху не було досягнуто.

Наслідком прийняття Україною вимог міжнародних фінансових установ був черговий етап зuboжіння населення. 1 лютого 1995 р. почалася нова фаза лібералізації цінової політики, що призвело до стрімкого зростання цін. Паралельно розгорталися антиінфляційні заходи, які зводилися до найпримітивніших акцій: згорання фінансування соціальних

програм та все зростаючої невивплати чи виплати у неповному обсязі зарплат, пенсій та стипендій. Це мало на меті підготувати умови для введення національної валюти – гривні, яка була надрукована ще в 1992 р. Але це не могло дати і не дало довготривалого ефекту, а тільки посилювало розчарування населення у новій владі, не стимулювало виробництво. Економічний спад тривав, а слухняне виконання владою вимог МВФ лише прискорювало його.

Керівники України, виходячи з прогнозів західних експертів, розраховували що досягнення фінансової стабілізації та введення міцної національної валюти автоматично забезпечить початок економічного зростання. Але і восени 1998 р. цього не сталося, а штучно завищений курс гривні у вересні 1998 р. фактично впав удвічі. Монетаризм зазнав чергового банкрутства, спричинивши подальший спад виробництва та зuboжіння населення.

Заборгованість України іншим країнам на середину 1994 р. становила близько 7 млрд. доларів, причому найбільша частина боргу припадала на Росію і Туркменистан за постачання нафти і газу. Водночас основна маса українського імпорту також припадала на Росію та інші країни СНД. Об'єктивно це зумовлювало зацікавленість України у всебічному розвитку взаємовигідних зв'язків у межах СНД і передбачала як політичне зближення, так і відновлення науково-культурних та людських контактів між цими країнами.

Перші місяці президентства Л.Д. Кучми засвідчили його розуміння в необхідності нормалізувати взаємини і зміцнювати позиції України в межах СНД.

Весь цей період, відомий як «лихі 90-і», економічний спад в Україні продовжувався, хоч темпи його дещо сповільнилися.

В 1993 р., за рейтинговими розрахунками англійського журналу «Euromoney», Україна перейшла з 122 місця (1992) на 145 серед 169 країн, що вивчалися. На кінець 1995 р. вона, за оцінками журналу «Central European Economic Review», опинилася на 24 місті серед 26 постсоціалістичних країн. За даними того ж журналу, на початок 1998 р. серед цих країн гірше становище, ніж у нас, було тільки в Югославії та Албанії. До того ж жертви, принесені на вівтар монетаристським догмам, нічого позитивного не принесли. Навпаки, тільки за 9 місяців 1997 р. скоротилися значно.

Розрахунок на те, що введення національної валюти дасть позитивний ефект, також не виправдався. Стабільність гривні протягом деякого часу трималася виключно на іноземних запозиченнях, масовій багатомісячній невивплаті заробітної плати, пенсій та стипендій, різкому скороченні фінансування соціальної сфери. Внаслідок цього населення в своїй основній масі було доведено до злиденного рівня, а більшість підприємств, маючи величезні взаємозаборгованості, перейшли на бартерні розрахунки. До того ж за користування кредитами треба сплачувати відсотки, обсяг яких щороку невпинно зростав і ставав дедалі більшим тягарем для бізнесу й бюджету, в якому постійно скорочувалися витрати на соціальні програми.

Від спаду виробництва держава недоотримувала чимало податкових надходжень, а тому тримала високими і навіть збільшувала податки, що в свою чергу доводило до банкрут-

ства або витісняло в «тінь» працездатні підприємства — як державні, так і приватні чи кооперативні. Порушення законодавства в сфері бізнесу стало нормою, тим більше, що воно провокувалося корупцією у владних органах і злочинною діяльністю рекетирів. Відповідно соціально-економічне життя все більше криміналізувалося. А це безпосередньо і наочно відбивався на прискоренні загальної деморалізації суспільства.

Щодо міжнародного становища України, то воно останні роки визначалося бажанням сподобатися Заходу (кредитору валюти) та водночас не дуже лаятися з Росією як головним постачальником енергоносіїв, за які Україна не здатна розраховуватися вчасно. На дипломатичній мові це називається «багатовекторною зовнішньою політикою». Її природа визначається не тільки економічними факторами. Не менш важливі були й політичні. Українське керівництво, не без підстав, усі роки після здобуття незалежності побоювалося відновлення гегемоністської політики Росії на теренах СНД та посилення її тиску на Україну. Саме цим, а не економічними міркуваннями визначалась її тактика триматися дещо осторонь від інтеграційних тенденцій в межах СНД. Вона не ввійшла в митний союз Росії, Білорусі, Казахстану та Киргизстану, до міжпарламентських структур СНД, скептично поставилася до утворення Російсько-Білоруського союзу та військової угоди, укладеної між Росією й пострадянськими державами Центральної Азії — так званий Ташкентський пакт тощо.

На тлі всіх цих подій розгортався конституційний процес, відновлений з першого засідання Конституційної комісії 28 листопада 1994 р. Майже

півроку він гальмувався відвертою конфронтацією між Президентом України Л.Д. Кучмою та більшістю Верховної Ради на чолі з її головою О.О. Морозом щодо повноважень обох сторін, зокрема кому має належати вища влада на місцях – представникам Президента чи головам обраних населенням рад, та щодо меж повноважень Президента в справі формування й заміни членів уряду та прем'єр-міністра. Запропонований президентською адміністрацією закон «Про державну владу і місцеве самоврядування» набрав у парламенті просту більшість голосів, але отримати конституційної більшості не зміг. На проведення всенародного референдуму з приводу довіри Президенту та Верховній Раді сторони також не наважилися. Гостру кризу влади в червні 1995 р. припинила Конституційна угода, укладена строком на рік між Л.Д. Кучмою та О.О. Морозом, під якою поставили підписи більше половини депутатів. Вона значною мірою наближалася до проекту закону «Про державну владу і місцеве самоврядування» і за нею втрачали силу ті статті Конституції УРСР 1978 р., які суперечили цій угоді.

В результаті роботи Конституційної комісії в лютому 1996 р. на розгляд парламентарів внесено проект Основного закону, який обговорювався майже три місяці. Найгостріші суперечності викликали питання розподілу влади, проблема власності, державна символіка, статус російської мови і статус Республіки Крим. Ліві сили намагалися провести применшення ролі президентської влади, приватновласницьких відносин, значною мірою виступали проти нової символіки, за надання однакового статусу українській та російській мо-

вам, за збереження автономного статусу Криму.

Праві, з якими об'єдналися представники «партії влади», підприємницькі кола та депутати національної культурно-мовної орієнтації, виступали за сильну президентську вертикаль, гарантування всієї повноти приватновласницьких прав, фактично прийняту в роки незалежності державну символіку, а також панування української мови і ліквідацію автономії Криму. Останні два пункти були принципові для національно акцентованих політиків, але другорядними для більшості носіїв влади і підприємців. Та оскільки націоналі підтримували їх у питаннях влади та власності, то й ті висловлювались на користь української мови. При цьому не всі ліві були проти наявної символіки, як не всі праві – проти автономії Криму.

Прийняття Конституції затягувалося, тоді як для переходу до чергового туру приватизації державної власності необхідні були відповідні правові гарантії недоторканості придбаного під час її проведення. До того ж президентська адміністрація прагнула прискорити процес зміцнення своїх владних позицій і також всіма силами тиснула на депутатський корпус. А вже термін дії Конституційної угоди минав 28 червня 1996 р. Ці та інші фактори зумовили прийняття Основного закону України в «конституційну ніч» (з 27 на 28 червня 1996 р.). Цей документ отримав підтримку двох третин депутатського корпусу. В ньому визначалася сильна президентська влада, гарантувалися права приватної власності, затверджувалися державна символіка і статус української мови як єдиної державної, Крим визнавався автономною республікою в складі

України. За такий право-центристський варіант Конституції голосувала і певна кількість депутатів від лівих фракцій. Прийняття Конституції було визначною перемогою право-центристських пропрезидентських сил та національного табору, який їх підтримав.

Між тим ні введення гривні, ні прийняття нової Конституції не поліпшило жалюгідного становища більшості робітників, службовців і селян. Конституційні обіцянки стосовно соціальних прав і гарантій залишилися на папері. Люди з цього приводу навіть не обурювалися, адже вони звикли до такого стану як до норми за радянських часів. Але вони не звикли місяцями не отримувати гроші за виконану роботу, не звикли до постійного зростання плати за житло, електроенергію і газ, транспортні послуги. А в цьому становище продовжувало погіршуватися – і трудівники, особливо шахтарі, працівники великих індустріальних підприємств, а також вчителі, лікарі, науковці почали організовувати акції протесту.

В 1998 р. відбулись вибори до Верховної Ради України, які засвідчили дальше падіння впливу національно-правого табору та зростання підтримки лівих сил. Між тим останні, попри їх очікування, не здобули більшості в парламенті. На президентських виборах 1999 р. перемогу знову одержав Л.Д. Кучма, що визначило продовження того політичного курсу, за яким Україна рухалася з 1994 р.

Новий п'ятирічний президентський термін Л.Д. Кучми позначився дальшим посиленням корупції у владних структурах держави та соціально-політичним напруженням у суспільстві.

Однак в подальшому в змінах Конституційної реформи 1 січня 2006 р.,

Україна стала парламентсько-президентською республікою. Проте Конституцією України не було чітко прописано повноваження Президента України, Верховної Ради та Уряду, що спричиняло подекуди різні тлумачення її окремих положень. Розпочалася боротьба за перерозподіл владних повноважень, головним чином, між Президентом України та її Урядом.

Наведений короткий сценарій «розбудови» української держави в статусі незалежної й суверенної протягом десятиріччя засвідчив нездатність її Керівництвом до роботи в нових умовах, зі сворення спільної промислово-правової України. Путування, грабування її кланово-мафіозними структурами, непродовольчі, хаотичні рішення, події реформ.

В подальшому зі зміною президентів (В.А. Ющенко, В.Ф. Януковича, П.О. Порошенка) та урядів стан в Україні не поліпшувався – поглиблювалася економічна криза, процвітала корупція, руйнувалися промисловість, освіта, наука, медицина, система державного управління, тривало зубожіння населення країни, зростала його зневіра в майбутнє, до цього в останні роки додалися посилення трудової й наукової еміграція, люди почали відчувати себе приниженими

За цих умов дати системний та об'єктивний історичний аналіз періоду Незалежності України неможливо, адже за правилами історіографії оцінку подіям і владі, її очільникам має дати час, тому автор тут ставить крапку в своєму суспільно-політичному контексті, обмежуючись хронологічними рамками ХХ ст., як це обумовлювалося на початку книги. Проте як не раз вже траплялося в нашій історії, все згодом стає на свої місця, і но-

ве, не заангажоване, покоління істориків, не переобтяжене традиціями і рецидивами минулого, адекватно реконструює картину історичних подій та їх наслідків, даючи їм неупереджений, об'єктивний аналіз, як і належну оцінку різним політичним і державним діячам.

Сподіваюсь, що це відбудеться

вже в найближчому майбутньому, із нових засад буде написано справжню нову історію молодій незалежній Україні, а українська наука, зокрема академічна, одержуватиме, нарешті, належне фінансування, що поверне їй втрачений престиж, і вона як раніше займе гідне місце в еліті світової наукової спільноти.

ПРОВІДНІ ФІЗИЧНІ ШКОЛИ УКРАЇНИ (у фундаментальних науках)

Феномен наукової школи

У фундаментальних науках являє собою неформальну спільноту дослідників різних поколінь високої наукової кваліфікації на чолі з науковим лідером у певному науковому напрямі, об'єднаних однаковими підходами до розв'язання проблеми, стилем роботи й мислення, оригінальністю й новизною ідей і методів реалізації дослідницької програми, яка одержала значні наукові результати, здобула авторитет і визнання в даній галузі знання. Це визначення побудовано на основі висловлювань провідних учених у якості експертів щодо наукової школи, які можна вважати своєрідними оцінювальними критеріями її ідентифікації. Найхарактерніші з них: наявність наукового лідера дослідницького колективу – видатного вченого та педагога; стиль роботи і мислення колективу; фундаментальна ідея і науково-дослідна програма; особлива наукова атмосфера в колективі; висока наукова кваліфікація дослідників, які гуртуються навколо лідера; значущість одержаних ними результатів, її високий науковий авторитет у науковій спільноті.

Перелічені ознаки відображають специфіку й характерні особливості наукової школи і можуть правити за критерії при пошуку в історії науки неформальних об'єднань подібного типу, їх можна використати як метод експертних оцінок для ідентифікації деяких наукових груп дослідників на чолі з лідером з науковою школою,

що задана наведеною вище моделлю, яку автор розробляв протягом 1974–1988 років [1–3].

Науковою школою слід вважати той неформальний дослідницький колектив, який задовольняє переліченим ознакам. Інші визначення наукової школи, які подекуди зустрічаються в наукознавстві та історії науки, фактично є окремими, вузькими випадками більш загальної дефініції наукової школи, наведеної вище.

Наукові школи є надзвичайно ефективними формами творчого колективного співробітництва вчених, їх кооперації в процесі наукового пошуку. З ними пов'язуються успіхи в конкретних фундаментальних науках, розширення можливостей управління наукою та великими формувальними дослідницькими колективами (наукові інститути, лабораторії, міжнародні лабораторії вчених). Перенесення на них принципів діяльності наукової школи, утвердження в цих колективах окремих позитивних рис школи – це також один із шляхів інтенсифікації наукової діяльності.

Унікальність наукової школи зумовлюється також тим, що це колектив дослідників, який самоорганізується. Члени його об'єднанні передусім спільними науковими інтересами, в більшості своїй є однодумцями. Для цього колективу характерні демократичність та ентузіазм, обстановка творчості, безперервно-

го наукового спілкування, гострих і палких дискусій, принципової доброзичливої критики. Як свідчить практика, зароджуються та найбільш плідно функціонують група чи колектив дослідників на чолі з науковим лідером у таких структурах: наукових лідер – кафедра вузу – відділ чи лабораторія інституту – семінар; науковий лідер – кафедра вузу – семінар; науковий лідер – відділ чи лабораторія інституту – семінар. Вони сприяють залученню творчої молоді до науки, виступаючи своєрідними системами відбору, підготовки та виховання дослідників. У результаті навколо лідера формується колектив його учнів і співробітників, який за певних умов може стати зародком наукової школи або навіть перетворитися на неї. І, навпаки, за несприятливих організаційних умов перспективна в науковому відношенні група може залишитися в зародковому стані та не набути характерних рис наукової школи. Формуючи сприятливий мікроклімат у колективі, надаючи йому необхідне фінансове та кадрове забезпечення, можна певною мірою керувати процесом формування школи. Нині в наведених вище структурах функціонує більшість наукових шкіл і колективів на чолі з лідером. Водночас перша структура переконливо свідчить про виключно важливу роль тісних зв'язків науково-дослідних інститутів з вузами, послаблення яких може завдати серйозної шкоди формуванню наукової школи.

Надзвичайно велика роль в процесі формування й розвитку наукової школи належить науковому лідеру, який повинен мати певні якості, щоб залучати в науку талановиту молодь та виховувати з неї дослідників

високого рівня. Протягальна сила вченого полягає в поєднанні його наукового і педагогічного таланту та особистих людських якостей. Це передусім обдарованість, визначні власні наукові результати, любов до науки, педагогічна майстерність, цілеспрямованість, наукова принциповість, висока культура і моральність, особистий авторитет, доброзичливість, ентузіазм, вміння спрямувати роботу і підтримувати самостійність та ініціативу тощо. Як правило, вчені саме з такими виховними якостями і багатством наукових ідей стають вихователями великих груп дослідників або засновниками наукової школи. В цьому сенсі показовим є характеристика, дана Е. Резерфорду його учнем П.Л. Капіцею.

«В історії науки важко знайти інший такий приклад, коли один учений зміг вплинути в такій значній мірі на розвиток науки, – писав він. – Я думаю, це в основному стало можливим тому, що Резерфорд був не тільки великим ученим-дослідником, обдарованим виключно геніальністю, ентузіазмом та енергією, які є істотними для роботи першопроходця, але й видатною особистістю, людиною-вчителем. Його ідеї та його особистість притягували молодих дослідників-студентів, а його здібності як учителя допомагали дати кожному студенту можливість розвинути свій власний характер» [4, с. 1054].

Е. Резерфорд залучав до науки молодих людей силою свого таланту й наукового авторитету, а також привабливістю своєї особистості, не кажучи про те, що він мав дивну здатність знаходити обдарованих студентів і виявляти самостійність їх мислення. Співзвучно з наведеним

висловлюванням Л.Д. Ландау, дана В.Л. Гінзбургом.

«Л.Д. Ландау – видатний фізик, який водночас є вчителем за покликанням, ще зовсім молодим він поряд з напруженою й захоплюючою дослідницькою роботою захопився ідеями виховання молоді та навчання її теоретичною фізикою й фізикою в цілому. Не часто зустрічаються справді значні вчені, ще рідше можна зустріти вчителів з великої літери. Поєднання ж обох сторін в одній особі подібно добутку ймовірностей двох рідкісних подій, ще незрівнянно більш рідкісне явище. Гадаю, що саме тут лежить ключ для оцінки місця Л.Д. Ландау в теоретичній фізиці» [5, с. 182].

«Для створення школи, – писав О.О. Богомолець, – необхідний перш за все видатний вчений, який має нову ідею, узагальнюючого, синтетичного значення. Однак цього ще замало..., необхідні співробітники. Коли вони сприймають ентузіазм свого керівника, стають його учнями і протягом багатьох років працюють над різними питаннями проблеми, висунутої керівником, то школа поступово формується в процесі роботи над цією проблемою, в процесі оформлення цих робіт у єдине, гармонічне нове вчення» [6, с. 303].

Школа – найяскравіший прояв колективної форми творчості під безпосереднім ідейним та практичним керівництвом наукового лідера, який живить цей колектив науковими ідеями й визначає методи та зміст робіт, що проводяться. Вона – охоронець набутих традицій, наукової ідеології, концентрований досвід низки поколінь, своєрідна естафета передачі знань у науці, максимально сприяє розкриттю творчих здібнос-

тей молодих учених, їх вихованню й перетворенню в зрілих дослідників, ініціює нові точки росту науки та окремих її напрямів, сприяє їх становленню.

Наукова школа хоч і є колективним дослідником, проте не створюється рішенням «зверху», як науково-дослідний інститут або лабораторія чи відділ, а формується з часом на основі фундаментальної ідеї чи дослідницької програми копіткою працею наукового лідера, який відбирає в свій колектив творчих працівників і виховує з них учених дослідників. Їх високий професійний рівень в поєднанні з досить представницьким персональним складом та одержаними значними результатами є показником класа утвореної наукової школи. У процесі реалізації ідеї чи програми, запропонованої лідером, і народжується наукова школа, подібно до того, як формується театральна трупа під час роботи по підготовці нового спектаклю під керівництвом режисера на основі його художнього кредо.

Цікава з цього приводу версія відомого російського режисера Г.А. Товстоногова про народження театру «Сучасник» – «театру, який виник зі студії в зв'язку з творчого необхідністю, творчою закономірністю, а не з адміністративної примхи, – зазначав він. – З'явився лідер (О.М. Єфремов – *автор*), який мав свою художню програму, міг залучити людей, повести їх за собою і представити результат, яким виявився перший серйозний спектакль «Вічно живі». Спектакль, зроблений талановитим режисером і акторами-одномумцями, що дав право студії стати театром. Причому, підкреслюю, обов'язково одномумцями. В народжуваній студії

дорогоцінне творче єдиномислення складається природним шляхом і зовсім не суперечить акторській індивідуальності. Йдеться про одне художнє віросповідання, одну художню програму, яка поділяється всіма» [7, с. 48].

Гадаю, що наведене висловлювання Г.О. Товтоногова відображає майже повну аналогію між формуванням театральної трупи з подальшим її перетворенням у театр і створенням наукової школи.

Питання, пов'язані з формуванням та успішним функціонуванням наукових шкіл, їх внеском у науку, науково-технічний і соціальний прогрес, набувають особливого значення у зв'язку з трансформацією наукової системи в нашій країні, коли наукові школи можуть стати свого роду точками опори вітчизняної наукової системи. Запозичення нагромадженого в них досвіду, методів та стилю керівництва, створення в них здорового мікроклімату і моральних принципів, високого стандарту досліджень сприятиме успішному вирішенню завдань, поставлених перед вітчизняною наукою. Проте, хоч нині наука робиться в основному колективно, роль особистостей в ній, як і раніше, залишається величезною. Вчений, який повною мірою поєднує талант дослідника й вчителя, унікальний, бо його значення для науки від цього тільки зростає. Виховання таких лідерів науки, всебічна підтримка їх, посилення зв'язків академічної науки з вузами як джерелами поповнення її молодими дослідниками сприятиме формуванню й розвитку наукових шкіл.

Нового аспекту набувають і дослідницькі програми. нині вони можуть становити державне замовлення

науці. Необхідно тільки вирішити, якій з формальних чи неформальних груп учених або шкіл його запропонувати, якій з них віддати перевагу в конкурсі на здобуття гранту тощо. І, навпаки, наукова школа або колектив учених можуть пропонувати таку дослідницьку програму, що зацікавила б державні структури. Досвід реалізації замовлення-програми в історії науки є. В процесі виконання дослідницьких програм колективи вчених на чолі з керівниками, як правило, перетворюються на наукові школи, набуваючи притаманних їм ознак. Наукові школи доцільно використовувати в гнучких організаційних структурах науки, створюючи на їх основі тимчасові колективи для реалізації певної дослідницької програми як державного замовлення. Наукові школи народжуються, живуть та вмирають (або розпадаються) з різних причин.

Але не тільки сказане вище робить наукові школи такими актуальними й важливими. Гуманізація науки і науково-технічного прогресу зумовила певний зсув в історико-наукових дослідженнях. Розробки в цій галузі почали орієнтуватись на вивчення закономірностей розвитку науки як феномена культури з її вищими гуманістичними орієнтирами, ідеалами та цінностями. Тому поняття науки як складової культури, а історії науки як органічної частини історії культури стали загальноприйнятими. При цьому історик науки розглядає історію науки не як механічний набір фактів, упорядкованих у часі, а як логіку її розвитку, історію ідей і людей в їх тісному органічному взаємозв'язку. Гуманізація історико-наукових досліджень відбувається в двох напрямках, що доповнюють один

одного. З одного боку, теоретичне дослідження логіки наукових ідей здійснюється з урахуванням соціокультурного контексту їх становлення й розвитку, а з іншого – історія науки розглядається не тільки через діяльність вчених, їх творчі портрети, але і крізь призму досягнень формальних і неформальних творчих колективів учених, зокрема наукових шкіл. Проте відразу зробимо застереження, що історія наукових шкіл – це не історія всієї науки, оскільки „за кадром” залишається наукова, науково-організаційна й педагогічна діяльність багатьох відомих учених, які хоч з різних причин і не створили наукової школи, однак зробили зі своїми учнями й співробітниками помітний внесок у науку.

З метою виявлення наукових шкіл можна користуватися запропонованим вище означенням школи як своєрідним критерієм їх ідентифікації з низки неформальних колективів учених на чолі з лідером. В розвиток цього автором проведено таку ідентифікацію ряду колективів фізиків на чолі з науковими лідерами кінця ХІХ – першої половини ХХ ст. з науковими школами. В результаті фізичними школами визначено колективи на чолі з А. Кундтом, Дж.Дж. Томсоном, П.М. Лебедевим, Г. Камерлінг-Онессом, Е. Резерфордом, А. Зоммерфельдом, Н. Бором, М. Борном, А.Ф. Йоффе, Л.Д. Ландау, І.Є. Таммом, І.В. Курчатовим та ін. Наведені школи вперше описано в монографії автора «Наукові школи у фізиці» (1987) [3].

Щодо фізичних шкіл, сформованих в Україні, то їх ідентифікацію також проведено автором спочатку в його кандидатській дисертації (1982), а згодом в монографії (на ос-

нові дисертації). «Історія формування й розвитку фізичних шкіл на Україні» (1991), в якій розглянуто Харківські школи кріогеніки (Л.В. Шубникова, Б.Г. Лазарева, Б.І. Веркіна) та теоретичної фізики (Л.Д. Ландау, О.І. Ахієзера, І.М. Ліфшица), школи Н.Д. Моргуліса, В.І. Данилова, А.О. Слуцкіна, К.Д. Синельникова, А.К. Вальтера, Київські теоретичні школи (М.М. Боголюбова, О.С. Давидова, С.І. Пекаря, О.Г. Ситенка, В.Г. Бар'яхтара), школи Г.В. Курдюмова, А.Ф. Прихотько, В.Є. Лашкарьова [8]. Доопрацьований її варіант вміщено в дану монографію як розділ під назвою «Провідні фізичні школи України».

Слід зазначити, що співробітники та аспіранти й докторанти відділу історії науки і техніки Інституту досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки НАН України також згодом почали досліджувати наукові школи (як і в академічних інститутах), зокрема у фізиці, – А.С. Литвинко (школи В.Л. Германа, С.В. Пелетминського, І.Р. Юхновського), А.М. Глебова (школа О.В. Снітка), Г.Л. Звонкова (школа В.І. Трефілова), Л.П. Пономаренко школа В.В. Єременка), А.В. Таньшина (школи Д.В. Волкова, Я.Б. Файнберга), І.Б. Вавилова (школа С.Я. Брауде).

В українських наукових школах інтенсивного розвитку набули дослідження з багатьох актуальних проблем природознавства і техніки, створено чимало нових наукових напрямів, зроблено чимало відкриттів, передбачень і винаходів, запропоновано велику кількість ідей і концепцій, теорій і методів тощо. Діяльність їх у значній мірі визначала і визначає нині рівень розвитку науки в країні,

оскільки більшість з них характеризується активним творчим життям і дала не одне покоління вчених. В їх надрах зародились і дістали розвитку великі групи висококваліфікованих дослідників на чолі вже з новими науковими лідерами зі своїми напрямками, програмами, стилем тощо, які можна кваліфікувати «дочірніми» науковими школами.

Наукові школи почали формуватися в другій половині XIX ст., коли створювалися наукові лабораторії та інститути для проведення широких і систематичних досліджень, при яких стали функціонувати колоквиуми (семінари), відкриватися спеціалізовані журнали, створювалися наукові товариства. тобто для подальшого прогресу науки конче необхідною стала колективна форма творчості в ній, однією з ефективних форм якої і стали наукові школи отже, саме в другій половині XIX ст. в науці склалися передумови для їх виникання. Щодо України, то наукові школи тут почали формуватися з 30-х років XX ст., в процесі становлення й розвитку фундаментальних наук.

В галузі соціально-гуманітарних і суспільно-політичних наук в існуючих тоді умовах наукові колективи не могли набувати рис, притаманних науковій школі відповідно до наведеної вище моделі. Вже період «великого перелому» в житті радянського суспільства (кінець 20-х років XX ст.) став водночас початком політизації та ідеологізації науки й культури та єдиномислення. Особливо згубно це позначилося на суспільних і гуманітарних науках, які не тільки самі були заідеологізовані та політизовані, а й давали ідеологічне забезпечення всім діям, починанням і компаніям адміністративно-командної системи,

тобто здебільшого віддано служили тоталітарному режиму. Не дивно, що за таких умов про створення в цих дисциплінах наукових шкіл не могло бути й мови. Проте і тут були окремі яскраві вчені, які навіть за таких умов зробили вагомий внесок у свої науки.

Як вже зазначалося, у так званий період застою (1965–1984) відбулося зрощення партійно-державного апарату з керівництвом науки. Його наслідком стала деформація основних принципів нормальної діяльності наукової спільноти, що, в свою чергу, призвело до руйнування або, м'яко кажучи, до ерозії її моральних засад. В результаті подекуди місця наукових шкіл займали псевдошколи – наукові клани і групи на чолі з керівниками від науки, як правило, кар'єристами, фанатичними і воївоначними невігласами, які нічого спільного зі справжньою наукою не мали, проте були спритними адміністраторами зі слухняно-агресивною поведінкою й однобічною свідомістю (моносвідомістю). Результати цього наука відчуває в окремих випадках і досі. І хоч це все вже здебільшого в минулому, наша історія назавжди збереже в своїй пам'яті ці жахливі, трагічні й суперечливі сторінки вітчизняної науки, а при нагоді й помститься за скоєне [9].

В часи Незалежності України через інерційність мислення й совковий синдром багатьох гуманітаріїв, як і раніше, влада вміло використовує їх на свою користь, для обґрунтування своєї подекуди невваженої, непослідовної політики.

Нижче наводяться ідентифіковані, згідно з розробленою моделлю, провідні українські фізичні школи, розкривається їх формування, розвиток,

внесок у науку, роль їх засновників і керівників та персональний склад, виявлений за допомогою анкетування, інтерв'ювання та спогадів і висловлювань багатьох представників цих шкіл – «живих свідків» і „охоронців” їх історії, на чиїх очах зароджувалися і розвивалися дані творчі об'єднання вчених.

Необхідно також зазначити, що спілкування з рядом засновників перелічених шкіл та з багатьма їх представниками уможливило автору уникнути чималої кількості недоліків, що мали місце в первинних текстах, і зробило їх більш адекват-

ними. Автор особливо вдячним тим, хто ознайомився з низкою матеріалів і висловив зауваження й побажання, які було враховано. Це О.І.Ахієзер, В.Г. Бар'яхтар, П.Г. Борзяк, С.Я. Брауде, М.С. Бродин, В.Г. Манжелій, С.П. Ошкадьоров, А.Ф. Прихотько, О.Г. Ситенко, К.Б. Толпиго та ін.

Розглядувані наукові школи зробили значний внесок у розвиток не тільки вітчизняної фізики, а й світової, їх традиції, стиль роботи, духовний клімат і нині «живуть» в науці України визначаючи подекуди обличчя багатьох наукових напрямів.

1. Храмов Ю.А. Школи в науке // Вопросы истории естествознания и техники, 1982, №3, с. 54–67.

2. Храмов Ю.А. Научные школы в структуре потенциала науки / Научно-технический потенциал: структура, динамика, эффективность. – К.: Наук. думка, 1987. – с. 139–157.

3. Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – К.: Наук. думка, 1987.

4. Nature, 1937, **140**, Suppl., p. 1047–1054.

5. Гинзбург В.Л. Лев Давидович Ландау // УФН, 1968, **94**, с. 181–184.

6. Богомолец А.А. Избранные труды. – К.: Изд-во АН УССР, 1958. – т. 3.

7. Товстоногов Г.А. Демократия и современность // Коммунист, 1987, № 15, с. 45–52.

8. Храмов Ю.А. История формирования и развития физических школ на Украине. – К.: Фенікс, 1991.

9. Кульчицький С., Павленко Ю., Руда С., Храмов Ю. Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному контексті, 1918–1998. – К.: Фенікс, 2000.

ХАРКІВСЬКА ШКОЛА низькотемпературної фізики

Розвиток фізики і техніки низьких температур у СРСР, у тому числі, Україні, почався в Українському фізико-технічному інституті (УФТІ) у Харкові, в якому в 1930р. створено кріогенну лабораторію – четверту в світі після лабораторій Х. Камерлінг-Оннеса в Лейдене, Дж. Мак-Леннана в Торонто та В. Мейсснера в Берліні. Керівником її в 1931–1937 р. був Лев Васильович Шубников – талановитий учений, піонер радянської фізики низьких температур, блискучий організа-

тор наукових досліджень. В історію радянської фізики він увійшов не тільки як великий фізик-експериментатор, який одержав низку фундаментальних результатів з фізики конденсованого стану та фізики і техніки низьких температур, що започаткували ці напрями в СРСР, але і як чудовий педагог, вихователь перших радянських кріогенних кадрів, засновник першої низькотемпературної школи – Харківської [1–4]. З його ім'ям пов'язано становлення радянської кріогеники, її перші ре-

зультати світового рівня, які міцно ввійшли в сучасну фізику і започаткували низку наукових напрямів, що активно розвиваються і нині.

З ефекту Шубникова – де Хааса почалася фізика квантових гальваноманітних явищ – один із самих великих розділів сучасної фізики металів і напівпровідників. Відкриті експериментально Л.В. Шубниковим у 1936–1937 рр. надпровідники II роду, стан у яких в інтервалі полів H_{K1} , H_{K2} називають фазою Шубникова, є одним з основних об'єктів сучасної фізики надпровідності, і коло їх фізико-технічних застосувань невинно розширюється. Відкриття 1935 р. Л.В. Шубниковим із співробітниками антиферромагнітного фазового переходу відіграло значну роль у фізиці магнетизму і фазових переходів, а виявлення 1936 р. Л.В. Шубниковим і Л.Г. Лазарєвим ядерного парамагнетизму у водню було тоді названо тріумфом фізичного експерименту. Л.В. Шубниковим, його учнями і співробітниками виявлено проміжний стан надпровідників, проведено дослідження з фазових переходів, фізики гелію, зріджених газів, росту кристалів тощо. Якщо врахувати, що все це було зроблено за неповних десять років наукової праці, то стане ясным масштаб цього чудового вченого, у якому надзвичайно гармонійно поєднувалося глибоке розуміння суті фізичних явищ, їх ролі та місця в сучасній фізиці з талантом блискучого фізика-експериментатора та інженера. Це дозволяло йому обирати важливі об'єкти та актуальні теми, знаходити прості й ефективні шляхи їх дослідження, що надавало його результатам максимальної доказовості та тривалого наукового життя.

Лев Васильович Шубников народився 29 вересня 1901 р. у Петербурзі. В 1918 р. вступив на математичне відділення фізико-математичного факультету Петроградського університету, де навчався три роки, поєднуючи навчання з роботою лаборанта у Фізичному інституті при університеті. Після більш ніж річної перерви, пов'язаної з перебуванням за кордоном, Л.В. Шубникова було зараховано студентом на третій курс фізико-механічного факультету Петроградського політехнічного інституту, який він закінчив 1926 р., поряд з навчанням працював також у Фізико-технічному інституті.

Вже 1924 р. вийшла його перша наукова праця, виконана разом з І.В. Обреїмовим, у якій вони запропонували метод вирощування великих металічних монокристалів заданої форми (метод Обреїмова – Шубникова) [4, с. 58–61], а в 1927 р. – друга (на основі дипломної роботи), де містився оптичний метод вивчення пластичних деформацій у кристалах [4, с. 62–72]. Таким чином, до моменту закінчення інституту Л.В. Шубников уже мав чималий досвід дослідницької роботи. Тому в 1926 р. за пропозицією А.Ф. Йоффе молодий учений вируждається на стажування в Лейденську кріогенну лабораторію, щоб після повернення «влаштувати кріогенну», за висловом А.Ф. Йоффе, в Ленінградському фізтехі.

Лейденський період відіграв значну роль у формуванні Л.В. Шубникова як фізика-експериментатора. Робота в сучасному науковому центрі з чудовою експериментальною базою, науковими традиціями, що стимулювалася до того ж творчою обстановкою і науковою школою,

спілкування з видатними експериментаторами і теоретиками, участь у теоретичному семінарі П. Еренфеста, та особисті його якості, такі як цілеспрямованість, велика працездатність, ентузіазм і закоханість у фізику, сприяли тому, що за чотири роки Л.В. Шубников виріс у першокласного експериментатора в галузі низькотемпературних досліджень, ставши співавтором відкриття низькотемпературних осциляцій електричного опору вісмуту в магнітному полі, – першого квантового осциляційного ефекту (ефекту Шубникова – де Хааса) [4, с. 73–122; 5]. З Лейдена Л.В. Шубников виїхав остаточно сформованим дослідником з високою культурою фізичного експерименту, значним запасом глибоких знань, багатообіцяючих наукових ідей, цілей і завдань.

Повернувшись влітку 1930 р. у Ленінград, Л.В. Шубников незабаром прийняв пропозицію І.В. Обреїмова, тоді директора УФТІ, про перехід у цей інститут. в серпні того ж року був зарахований старшим фізиком. В 1931 р. він став керівником кріогенної лабораторії УФТІ та з 1935 р. також очолив кафедру фізики твердого тіла Харківського університету.

«Цей талановитий фізик із широким колом інтересів, – писав Б.Г. Лазарєв, – приніс в Інститут проблеми надпровідності, магнетизму, термодинамічних властивостей тіл, властивості гелію та ін. Крім того, Лев Васильович створив в УФТІ стиль критичної, копійної точної роботи» [6, с. 10].

В УФТІ та Харківському університеті Л.В. Шубников став притягальним центром для молодих талановитих фізиків. Причому він не міг не залучати творчу молодь, тому що був особистістю в повному сенсі цього слова. Його вирізняло яскра-

ве мистецтво фізика-експериментатора, багатство ідей, оригінальність досліджень, творчість, любов до фізики і відданість їй, велика ерудиція, сміливість, надзвичайна скрупульозність в обґрунтуванні одержаних результатів, фізична інтуїція, цілеспрямованість, висока працездатність, вимогливість до себе та інших.

«Лев був дуже талановитою людиною, оригінальним дослідником з великою творчою ініціативою, – зазначав С.Е. Фріш. – Він умів не тільки сам працювати, але й організувати роботу – поєднання якостей, що зустрічається рідко» [4, с. 297].

Більш конкретно про наукові якості Л.В. Шубникова пише його учень М.Є. Алексеєвський: «Лев Васильович був дуже цілеспрямованою людиною і припускав таку ж цілеспрямованість у своїх учнів і співробітників... Однієї з характерних рис його, що кидається у вічі, була сміливість та оригінальність прийнятих ним рішень. Це виявлялося і в його підході до постановки експериментів, і під час обговорення одержаних результатів... Лев Васильович був лідером, і всі роботи, що проводилися в лабораторії, як правило, пропонувалися і продумувалися ним. Він був надзвичайно вмілим експериментатором, підтвердженням тому всі ефекти, пов'язані з його ім'ям: ефект Шубникова – де Хааса, вимірювання магнітного моменту протона, які він зробив разом з Б.Г. Лазарєвим, антиферромагнетизм і роботи з надпровідних сплавів. Лев Васильович добре «відчував» фізику, що давало йому можливість майже безпрограшно визначати необхідні умови експерименту» [4, с. 307–308].

Доповнює наукову характеристику Л.В. Шубникова інший його учень Н.С. Руденко: «Він був широко освіченим фізиком, талановитим експериментатором, людиною, відданою науці. Він щедро ділився з нами своїм багатим досвідом, любив і вмів обговорювати всі виникаючі у нас запитання. Двері його кабінету не зачинялися, входити можна було без стуку... На лабораторному семінарі він підтримував ділову й дружельобну обстановку, дуже сприятливу успішній роботі лабораторії. Лев Васильович любив техніку, охоче обговорював будь-які винаходи, які могли сприяти роботі лабораторії або застосовуватися в промисловості. Він створив школу

фізиків-криогенщиків, якими було виконано чимало оригінальних досліджень. Ряд фізиків нашої лабораторії перейшли працювати в інші інститути, переносючи з собою досвід і стиль досліджень при низьких температурах» [4, с. 334].

Його наукові риси органічно поєднувалися з високими моральними принципами – чесністю, порядністю, тактом, інтелігентністю, мужністю, доброзичливістю. За словами його учнів і співробітників, це була строга, зібрана й вимоглива людина, яка вміла і любила працювати сама, завжди підтримувала молодь, її ініціативу, інтерес до справи, була простою в спілкуванні, вирізнялася оптимізмом. Наведемо в цьому зв'язку висловлювання М.Ф. Федоровий:

«Про нього говорили, що це вчений, який має свою позицію – громадську і творчу, що він ставить перед собою справді творчі завдання та вміє домогатися їх виконання. Словом – він особистість!.. Говорили, що Лев Васильович володіє даром спілкування, може керувати людьми, може переконати, захопити. Що він по-людськи обдарований. Але що все це означало? Розуміння прийшло пізніше, коли я вже працювала в лабораторії. Секрет привабливості Льва Васильовича, як я тепер розумію, полягав у тому, що він включав нас усіх у коло своїх творчих задумів і тим надавав радість активного залучення до світу великої науки. Кожний починав усвідомлювати, що він необхідний, що попереду його чекають радощі творчої праці. Виникало відчуття великої відповідальності, але воно не тиснуло, а якось обгортало. Він допоміг нам усім подолати свою безпорадність у науці – етап, через який багато хто пройшов, і ввійти в діяльність, в повсякденну творчість» [4, с. 335].

Отже, Л.В. Шубников являв собою зразок ідеального наукового лідера – видатного вченого, чудового організатора наукових досліджень, талановитого педагога, що гуртував навколо себе творчу молодь і виховував її своїм прикладом. З початку роботи в криогенній лабораторії Л.В. Шубников

організував у ній науковий семінар, у якому брали участь також співробітники інших лабораторій Інституту. Багато уваги він приділяв викладацькій діяльності в Харківському університеті, намагався разом з Л.Д. Ландау перетворити навчальний процес, підвищити рівень викладання фізики. В 1935р. організував перший у нашій країні студентський криогенний практикум.

У лабораторії Л.В. Шубников створив обстановку активної наукової праці, доброзичливих і гострих дискусій, атмосферу творчості. Обстановку і стиль роботи в лабораторії описує Б.Є. Бреслер:

«Величезне враження на мене, молодого фізика, справила атмосфера лабораторії. Повна зосередженість на науці, абсолютна відсутність навколонаукової суєти, так характерної для багатьох інститутів, невтомна терпимість і систематична робота при безсумнівній талановитості задумів – ось, що характеризувало цю лабораторію. Важливою обставиною було те, що її керівник сам день у день ставив експерименти своїми руками... І все навколишнє оточення своєю діловитістю, порядком, дисципліною, забезпеченістю необхідних деталей нагадувало бездоганно працюючий механізм. У цій лабораторії дотримувався принцип, коли цікаво було починати день і не хотілося йти з лабораторії, не одержавши відповіді на поставлене запитання. Я не був у близьких стосунках з Львом Васильовичем, але добре пам'ятаю його в лабораторії. Він був небагатослівний, трохи суворий, але дуже уважний до співробітників і вмів підтримувати в них бадьорість та інтерес до справи» [4, с. 34].

У результаті в надзвичайно короткий термін працюючі в лабораторії проходили шлях від дипломника, який робить перші кроки у фізиці та техніці низьких температур, до повноправного дослідника, співавтора наукових робіт. Всі ланки ланцюга «лабораторія – семінар – кафедра університету» на чолі з Л.В. Шубниковим працювали на виховання дослідників високого класу та ство-

рення цілісного та ефективно працюючого колективу.

«...Він ставився до нас, як до колег, науковців, – згадував А.К. Кікоїн. – Але вчив нас на лабораторних семінарах, де ми ще дипломниками часто виступали з доповідями, під час бесід при виконанні роботи. Вчив учитися. Не дивно, що Шубников зумів створити відмінний дружний колектив лабораторії» [4, с. 324].

Ставши керівником лабораторії, Л.В. Шубников передусім почав підбирати висококваліфікований персонал для механічних майстерень, розширювати їхню матеріальну базу. Так, кріогенною технікою завідував чудовий майстер І.П. Корольов, складувні роботи віртуозно виконував Е.В. Петушков. Уже восени 1931 р. під керівництвом і при особистій участі Л.В. Шубникова механіками І.П. Корольовим і В.І. Богатовим запущено водневий зріджувач Хука продуктивністю 12 л/год та одержано рідкий водень, а наприкінці 1932 р. Л.В. Шубников з першими співробітниками лабораторії Ю.М. Рябініним та А.І. Судовцовим одержав рідкий гелій, використавши метод Саймона. В 1934 р. після подолання значних технічних труднощів він разом з І.П. Корольовим, А.І. Судовцовим і В.Г. Хоткевичем запустив гелієвий зріджувач Мейсснера продуктивністю 1,5 л/год.

Проведення експериментів в галузі низьких температур вимагало не тільки ефективно зріджувальної техніки, але й різного спеціального обладнання, яке в основному виготовлялося в лабораторії. Так було налагоджено виробництво металевих дьюарів для зберігання рідких азоту та водню, створено апаратуру для очищення газів, одержання вакууму, для проведення експериментів при високих тисках тощо.

Поряд зі створенням та освоєнням зріджувальної бази кріогенної лабораторії та її експериментальним оснащенням Л.В. Шубников формував і колектив наукових співробітників. Першими були Ю.М. Рябінін, О.М. Трапезнікова, А.І. Судовцов і В.І. Хоткевич, потім Н.С. Руденко, М.Ф. Федорова, Г.Д. Шепелєв, Г.А. Мілютін, Л.Ф. Верещагін, С.А. Злуніцин, А.І. Ліхтер і Н.М. Цін, в 1935 р. в лабораторію прийшли спочатку як дипломники з Ленінградського політехнічного інституту, а незабаром стали співробітниками М.Є. Алексеєвський, А.К. Кікоїн і С.С. Шалит, в 1936 р. після закінчення Київського університету – Н.Є. Нахутін. У роботі лабораторії брали участь також іноземці, в основному німці, – М. і Б. Руемани, Ф. Штеккель, А. Вайсберг, Ф. Хоутерманс та ін. У результаті в лабораторії в короткий термін склався кваліфікований, працездатний колектив фізиків на чолі з Л.В. Шубниковим, колектив одностудців та ентузіастів, що приступив до виконання широкої, глибоко продуманої науково-технічної програми, запропонованої його лідером.

«Лев Васильович був не тільки блискучим організатором, він бачив чітку програму наукових досліджень на тривалий термін, – писала О.М. Трапезнікова, дружина Л.В. Шубникова, співробітник лабораторії та активний учасник багатьох піонерських експериментів, проведених у ті роки. – У нього була спеціальна книжка для нотатків, там записано найактуальніші теми досліджень. Всі записи зроблено різним чорнилами, видно, що цей список увесь час поповнювався. Він постійно продумував і відбирав теми для реферативних доповідей на семінарах» [4, с. 284].

Яскравою ілюстрацією сказаного є складений Л.В. Шубниковим список найважливіших тем, досліджу-

ваних у лабораторії (фактично науково-дослідна програма), щоправда, яка відноситься до періоду діяльності лабораторії, коли вже було чимало зроблено, і вона стала однією з провідних кріогенних центрів світу:

1) магнетокалоричний ефект у солях феромагнітних металів;

2) теплоємність надпровідних сплавів у магнітному полі;

3) температура нижче 1 К;

4) надпровідність $V = f(H)$. Рентгенівське дослідження сплавів;

6) теплоємність солей феромагнітних металів та їхня магнітна сприйнятливості;

9) надпровідність $V = f(H)$ для одноосових кристалів різної орієнтації;

11) парамагнетизм спіна ядра. Вимірювання сприйнятливості H_2 при $T < 4,2$ К (Дорфман);

12) ефект Ейнштейна – де Хааса в надпровідниках (Кікоін);

14) про можливості одержання високих магнітних полів за допомогою надпровідників;

15) магнітна сприйнятливості MnO ;

18) одержання дуже чистих речовин мас-спектрографом;

19) опір у магнітному полі при низьких температурах;

22) ефект Джоуля–Томсона в гелії;

23) рентгенівське дослідження надпровідних сплавів;

24) пробивна напруга рідкого гелію;

25) вплив тиску на λ -точку для NH_4Cl і NH_4Br ;

29) руйнування надпровідності струмом для сплаву в магнітному полі;

33) сприйнятливості O_2 від 2 до 20 К;

35) періодично діюча машина для одержання наднизьких температур;

λ 36) подвійне заломлення в гелії нижче λ -точки, а також ефект Керра;

37) хід теплоємності в рідких кристалах;

38) феромагнетизм у сульфідах;

39) оптичне дослідження будови області намагнічення в надпровідниках;

41) перевірка закону Ома для $CuAg$ при густині струму $> 5 \cdot 10^6$ А/см² при $T < 219$ К.

Ознайомлення із цим списком свідчить, що це «документ» надзвичайно важливий. Наявність у ньому поряд з невирішеними проблемами низки опублікованих результатів і тех, що перебувають «у роботі», свідчить про те, що це набір не випадкових тим, а конкретних завдань, що становлять і визначають тематику лабораторії.

Майже чверть тем відносяться до надпровідності. Це коло питань завжди було для Л.В. Шубникова одним із центральних. Двічі повторюється тема «Рентгенівське дослідження надпровідних сплавів» – він намагається знайти відповідь на питання про природу змішаного стану. Обмірковуються нові експериментальні можливості вивчення надпровідності (тема 39). Значна кількість тем присвячена магнетизму. Серед них дослідження магнітної сприйнятливості MnO (тема 15), що залишається і нині класичним об'єктом у фізиці антиферомагнетиків. Вивчення сприйнятливості ксению (тема 33) привело б до виявлення антиферомагнетика з унікальними властивостями, що було здійснено тільки на початку 50-х років. Дослідження магнетоопору при низьких температурах (тема 19) з метою поширити виконані на вісмуті в Лейдені роботи на інші метали. Нині вони становлять один з актуальних розділів фізики нормальних металів. Систематичні дослідження теплоємності рідких кристалів (тема 37) було розпочато лише після війни і згодом перетворилися у великий розділ фізики конденсованого стану зі знач-

ною сферою застосувань. Тема 41, очевидно, вперше ставить завдання вивчити нелінійні явища у провідності при великих густинах струму – напрямком, що став розвиватися тільки наприкінці 60-х років. Тема 24 передбачає постановку завдання про заряди в гелії. Теми 3 і 35 вказують на те, що Л.В. Шубников багато раз міркує про можливості одержання наднизьких температур.

Таким чином, перед нами захоплююча програма досліджень, що передбачила чимало шляхів розвитку фізики низьких температур. Реалізація її почалася Л.В. Шубниковим зі співробітниками відразу після одержання рідких водню та гелію. Було розгорнуто широкі фундаментальні дослідження в галузі надпровідності металів і сплавів, низькотемпературного магнетизму, фізики криогенних рідин і кристалів, а також прикладні розробки. Розпочато систематичні дослідження властивостей криогенних рідин, особливо рідкого гелію. В 1934–1935 рр. виміряна в'язкість рідких азоту, кисню, окису вуглецю, аргону, метану та етілену (Л.В. Шубников, Н.С. Руденко) [4, с. 131–134; 158–160], в 1936 р. виконано першу в СРСР роботу з вивчення властивостей рідкого гелію II (Л.В. Шубников, А.І. Кікоїн) [4, с. 196].

Одним з перших об'єктів досліджень при гелієвих температурах стала надпровідність, відкрита в 1911 р. у ртуті Г. Камерлінг-Оннесом. До початку 30-х років виявлено низку надпровідників (олово, свинець, талій та ін.), визначено їхні критичні температури, встановлено вплив на ці температури магнітного поля, виявлено руйнування надпровідності під впливом сильних магнітних полів і струмів, а також

стрибок теплоємності при переході металу у відсутності магнітного поля в надпровідний стан. Однак багато чого в поводженні надпровідників залишалося неясним, фактично вивчено було тільки деякі їх електричні властивості.

У перших же дослідженнях Л.В. Шубников зі співробітниками одержав низку фундаментальних результатів, що стали класичними. В 1934 р., вивчивши залежність магнітної індукції надпровідного свинцю від магнітного поля, Л.В. Шубников та Ю.М. Рябінін практично одночасно з В. Мейсснером і Р. Оксенфельдом безпосередньо показали, що в надпровідному стані магнітна індукція металу дорівнює нулю, тобто дали прямий, обґрунтований доказ ідеального діамagnetизму надпровідників [4, с. 128–129]. У наступному році вони підтвердили цей факт, розробивши до того ж два різних методи вимірювання магнітної індукції в надпровідниках при різних магнітних полях і температурах [4, с. 137–143]. Дослідивши в 1934–1937 рр. магнітні властивості надпровідних сплавів, Л.В. Шубников, Ю.М. Рябінін, Г.Д. Шепелєв і В.Г. Хоткевич у прямих експериментах установили основні особливості поведінки однорідних надпровідних сплавів у магнітному полі. В 1935 р. Л.В. Шубников та Ю.М. Рябінін відкрили існування в сплавах двох критичних магнітних полів H_{k1} і H_{k2} і дали картину поведінки надпровідних сплавів у магнітному полі [4, с. 155–157]. Показано, що при $H < \underline{H}_{k1}$ магнітне поле не проникає в надпровідний сплав, при $\underline{H}_{k1} < H < \underline{H}_{k2}$ – проникає, але не руйнує надпровідність, при $H > H_{k2}$ воно руйнує надпровідність сплаву і переводить його в нормаль-

ний стан. Стан надпровідних сплавів в інтервалі полів від H_{k1} до H_{k2} називається фазою Шубникова (поряд з терміном «змішаний стан»). В 1937 р. Л.В. Шубниковим зі співробітниками опубліковано велику статтю, в якій викладено результати ретельних досліджень цілого ряду свинцево-талієвих, свинцево-кадмієвих і ртутно-кадмієвих сплавів, що підтверджували їхній попередній висновок [4, с. 198–213]. По суті, це було експериментальним відкриттям надпровідників II роду. Теорію їх було дано тільки в 1957 р. О.О. Абрикосовим.

В 1934 р. Л.В. Шубниковим і В.Г. Хоткевичем одкржано перші кількісні дані про особливості питомої теплоємності надпровідних сплавів в області критичної температури [4, с. 135–136]. В 1936–1938 рр. вони вивчили явище руйнування надпровідності чистих металів і сплавів при одночасному впливі струму, що протікає, і зовнішнього магнітного поля, виявили особливості цього руйнування [4, с. 183–184; 186–191; 225–228]. В 1936 р., а потім у статті, опублікованій в 1938 р., Л.В. Шубников і М.Є. Алексєєвський дали точний експериментальний доказ гіпотези Сільсбі про природу руйнування надпровідності струмом [4, с. 197; 246–251].

В 1934–1937 рр. Л.В. Шубников зі співробітниками експериментально досліджував температурні залежності теплоємності та магнітної сприйнятливості великої групи сполук перехідних металів (безводних хлоридів) при низьких температурах і виявив специфічні особливості температурного ходу магнітної сприйнятливості та різко виражені аномалії ходу теплоємності, що вказувало на існування магнітних переходів у пара-

магнітних солях, тобто на існування переходу речовин з парамагнітного стану в новий, антиферомагнітний, стан, передбачений Л. Неелем (1932) і Л.Д. Ландау (1933). Перші результати, що стосувалися аномалії теплоємності (стрибок теплоємності) $FeCl_2$, опубліковано Л.В. Шубниковим та О.М. Трапезніковою в 1934–1935 рр. [4, с. 130; 146–154], в 1936 р. вони разом з Г.А. Мілютіним виявили аномалії теплоємності $CuCl_2$, $CoCl_2$ та $NiCl_2$ [4, с. 168–177]. Остаточний доказ існування магнітного фазового переходу в антиферомагнітний стан дано в 1937 р. Л.В. Шубниковим і С.С. Шалитом [4, с. 222–224; 229–241]. Тільки в 1938 р. явище антиферомагнетизму перевідкрили за кордоном А. Бізетт та ін.

В 1937 р. Л.В. Шубников, О.М. Трапезнікова та Г.А. Мілютін виконали дослідження фазових переходів у твердому метані [4, 252–253]. В 1936–1937 рр. Л.В. Шубников і Б.Г. Лазарєв відкрили ядерний парамагнетизм твердого водню та виміряли за магнітною сприйнятливістю магнітний момент протона [4, с. 180; 214–220]. Ці роботи започаткували вивчення ядерного магнетизму твердих тіл і привели до перегляду уявлень про релаксаційні процеси в ядерній магнітній підсистемі твердих тіл. В 1936 р. Л.В. Шубников разом з І.В. Курчатовим, О.І. Лейпунським та Л.В. Розенкевичем досліджував взаємодію нейтронів з речовиною при низьких температурах [4, с. 178–179; 185]. В 1937 р. Л.В. Шубников та І.Е. Нахутин у дослідах з вимірювання анізотропії електричного опору надпровідної кулі в магнітному полі вперше експериментально виявили проміжний стан надпровідників [4, с. 221; 242–245]. В тому ж

році Л.В. Шубников і М.Є. Алексєвський відкрили проміжний стан при руйнуванні надпровідності металів і сплавів електричним полем [4, с. 246–251].

Поряд з фундаментальними дослідженнями в криогенній лабораторії проводилися також прикладні, пов'язані з використанням глибокого охолодження в промисловості, розділенням компонентів повітря, коксового газу, одержанням рідкого метану та ін. Було розроблено технологія виготовлення кульових дьюарів ємкістю від 10 до 50 л, пристосування для видавлювання напівсфер, пайки та кріплення, створення та підтримання вакууму в просторі між стінками за допомогою активованого вугілля (Ю.М. Рябінін та ін.). Розроблено й виготовлено дьюари-випарувачі – ємкості для довгострокового зберігання рідини. При потребі в газі (кисні) такий апарат виконував також роль газифікатора з дозованим тиском і витратою газу. Апарати виявилися ефективними також для забезпечення дихання екіпажів при високих польотах. Вдалими були конструкції кисневих апаратів для автогенного зварювання та різання (Ю.М. Рябінін, В.І. Костенець).

Таким чином, фундаментальні дослідження, що проводилися в лабораторії (вивчення електропровідності металів, передусім надпровідності, будови твердих тіл, магнетизму), були тісно пов'язані з прикладними. Однак Л.В. Шубников бачив недоліки цього зв'язку і в 1933 р. висунув ідею створення спеціалізованої технічної лабораторії – своєрідної, з'єднувальної ланки між фундаментальною наукою та промисловістю. В 1935 р. така структура (прообраз

нинішніх дослідних заводів при ряді великих інститутів науково-технічного профілю) – Дослідна станція глибокого охолодження (ДСГО) – стала до ладу. До неї перейшла група співробітників криогенної лабораторії УФТІ – М.Ф. Федорова, Н.С. Руденко, Н.М. Цін, Є.С. Боровик та ін. Завдяки зусиллям Л.В. Шубникова в ДСГО в стислі строки було створено колектив дослідників, який вирішував важливі технічні завдання. Зокрема, виконано вимірювання теплопровідності, вивчено механічні властивості конструкційних матеріалів, діаграми рівноваги «рідина – газ» для подвійних і потрійних систем тощо. Роботи, проведені в ДСГО, вплинули на формування радянської криогенної техніки.

У 1937 р. розвиток в УФТІ фізики й техніки низьких температур виявився настільки успішним, а одержані результати такими вагомими, що на початку 1937 р. у Харкові проведено Першу всесоюзну нараду з криогеніки, чим підкреслювався авторитет у цих галузях робіт Л.В. Шубникова та його учнів і співробітників.

Все сказане вище приводить до однозначного висновку, що роль Л.В. Шубникова в становленні радянської фізики й техніки низьких температур, підготовці перших у країні криогенних кадрів важко переоцінити. Його блискучі особисті результати та очолюваного ним колективу перетворили Харків в один із провідних криогенних центрів світу, де до того ж виникла перша радянська наукова низькотемпературна школа зі своїм стилем, програмою, особливостями, отже багатопрофільна Харківська криогенна школа [3].

«Лев Васильович створив школу за той короткий строк, який жив, –

відзначала О.М. Трапезнікова. — Дотепер Харківській криогенній школі властива точність і чистота вимірювань. Це пішло від Льва Васильовича. Питання про його учнів складне, дуже мало часу вони працювали разом. Я особисто вважала би М.Є.Алексеевського, який працював і продовжує працювати в надпровідності, С.С.Шалита, що завжди залишався відданим Льву Васильовичу, М.Ф.Федорову, яка продовжувала працювати в тому ж напрямку, що і при Шубникові, Н.С.Руденка, мене його учнями. Я багато чому навчилася у Льва Васильовича, і його вплив залишився на все життя. Б.Г.Лазарев якоюсь мірою є послідовником Льва Васильовича. Мені здається, що всі, хто працював у криогенній, пам'ятають про виняткові умови роботи в ній. Лев Васильович був блискучим організатором, і його як керівника пам'ятають і цінують всі. У цьому сенсі А.К.Кікоїн, Ю.М.Рябінін і В.І.Хоткевич могли б вважати Льва Васильовича своїм учителем, адже він був їхнім керівником».*

Наукову школу Л.В. Шубникова представляють Ю.М. Рябінін, О.Н. Трапезнікова, А.І.Судовцов, В.Г. Хоткевич, Н.С.Руденко, М.Ф. Федорова, Г.Д. Шепелев, Г.А. Милютін, Л.Ф. Верещагін, А.І. Ліхтер, С.А.Злуніцин, Н.М. Цін, М.Є. Алексеевський, А.К. Кікоїн, С.С. Шалит, І.Є.Нахутин та ін.

Зі школи Л.В. Шубникова вийшло чимало визначних фізиків-експериментаторів: академік Л.Ф. Верещагін, акад. АН УРСР Б.Г. Лазарев, який стажувався в УФТІ, коли працював у Свердловську, і відчував на

собі вплив Л.В. Шубникова як молодий науковець в новій для себе галузі; чл-кор. АН СРСР М.Є. Алексеевський, чл-кор. АН України В.Г. Хоткевич, близько десяти докторів наук, серед яких лауреат Ленінської премії Ю.М. Рябінін.

В момент величезного творчого підйому школи вона зазнала серйозної втрати. 6 серпня 1937 р. Л.В. Шубникова незаконно і безпідставно заарештовано і 28 листопада 1937 р. засуджено «трійкою» (особливою нарадою) на десять років ув'язнення без права переписки, однак у той же день, як стало згодом відомо, він був розстріляний [9]. 1 липня 1957 р. Військовою колегією Верховного суду СРСР Льва Васильовича Шубникова посмертно реабілітовано.

Дослідження, розпочаті Л.В. Шубниковим і його школою, незважаючи ні на що, дістали в подальшому інтенсивного розвитку, вони були значно розширені його учнями і співробітниками. Шубніківська школа не розпалася. Її традиції було успішно продовжено Б.Г. Лазаревим, який після Л.В. Шубникова очолив 1938 р. криогенну лабораторію УФТІ та незмінно керував нею (згодом відділ фізики низьких температур) понад 40 років, створивши в 40–50-х роках власну наукову школу. Два чудових феномени Шубникова — лабораторія і школа є і нині об'єктами пильного вивчення як істориками науки, так і самими вченими, тому що надто вражаючими та пріоритетними виявилися результати, одержані в дуже короткий проміжок часу (1934–1936), відпущений владою.

Завершуючи коротку інформацію про Л.В. Шубникова, його трагіч-

* Тут і в подальшому приватне повідомлення автору.

ну долю, наукову спадщину та його творчої, справді громадянської особистості, можна стверджувати, що вічним пам'ятником йому будуть не тільки одержані ним результати, які ввійшли в золотий фонд фізики 30-х років, створені нові напрями, але й сформована школа – тісний духовний союз людей науки, які зробили в неї значний внесок і завоювали широке суспільне визнання. І звертаючись нині до творчої спадщини цього талановитого фізика, до епістолярної та усної пам'яті про нього тих, хто близько знав його і крізь роки проніс для майбутнього світлий образ цієї неординарної людини, нові покоління відчувають неминущу цінність наукового знання, ідей і звершень, велич подвигу справжньої людини науки та водночас біль тих далеких і тривожних днів радянської фізики.

Як зазначалося вище, після Л.В. Шубникова ядро школи низькотемпературних досліджень у Харкові збереглося. Лідером тут став Борис Георгійович Лазарев – талановитий фізик, оригінальний експериментатор, людина великої ерудиції та інтуїції, надзвичайно захоплений наукою, який щедро віддавав свій досвід і знання оточуючим його людям [7].

«Широта кругозору, оригінальність вирішення наукових завдань в поєднанні з мистецтвом експериментатора – найхарактерніші риси наукового почерку Бориса Георгійовича, – відзначали ті, хто близько його знали. – Діапазон наукових інтересів Б.Г. Лазарева дуже широкий... Практично в кожному розділі фізики низьких температур, у ряді галузей фізики твердого тіла з ім'ям Бориса Георгійовича пов'язані фундаментальні дослідження, що відіграли важливу роль у розвитку вітчизняної науки... Він щедро ділився своїм величезним досвідом і знаннями з колегами по роботі, а його наукова інтуїція, вміння визначити головне в обговорюваній проблемі створюють творчу атмосферу

в колективі, є гарною школою виховання наукових кадрів» [8].

Найхарактерніші риси Б.Г. Лазарева виділяє і В.Г. Бар'яхтар. «Йому, вихованцю школи академіка А.Ф. Йоффе, – пише він, – властиві багатосторонність наукових інтересів, захопленість і широта кругозору, інтуїція та майстерність вмілого експериментатора» [7, с. 3].

Б.Г. Лазаревим та очолюваним ним колективом виконано фундаментальні дослідження в галузі надпровідності, рідкого гелію, електронних властивостей металів, фізичного матеріалознавства, кріогенної техніки, створено низку нових наукових напрямів. З його ім'ям пов'язано відкриття ядерного парамагнетизму в твердому водні, надплинної плівки гелію II, квантових осциляцій магнітоопору та магнітної сприйнятливості в багатьох металах, електронно-топологічного фазового переходу $2\frac{1}{2}$ -го роду в металах, піонерські дослідження властивостей ізотопів гелію та їх сумішей, надпровідності при високих тисках, надпровідних матеріалів з високими критичними параметрами, розробка способу одержання високих тисків при гелієвих температурах, методика розділення ізотопів гелію, створення високопродуктивних конденсаційних та адсорбційних насосів для одержання надвисокого стерильного вакууму та серії надпровідних соленоїдів з рекордними значеннями магнітних полів, розв'язання низки прикладних завдань.

Хоч Б.Г. Лазарев у якійсь мірі був вихованцем школи А.Ф. Йоффе, випускником відомого в ті роки фізико-механічного факультету Ленінградського політехнічного інституту, водночас він мав власний дослідницький почерк і в Харківській крі-

огенній лабораторії значною мірою продовжив шубніківські традиції, створюючи і підтримуючи творчу обстановку в колективі, чистоту й точність проведених досліджень. І це не дивно, тому що фактично з 1934 р. він працював у цій лабораторії, куди його направлено з Уральського політехнічного інституту (тут в 1932 р. – він співробітничав у магнітній лабораторії, з 1936 р. був завідувачем) для виконання низки досліджень в галузі фізики низьких температур та одержання навичок роботи в ній. Саме в Харкові він набув досвіду експлуатації криогенного обладнання, прецизійного фізичного експерименту та організації наукових досліджень. В листопаді 1937 р. він остаточно перейшов до УФТІ та в 1938 р. став завідувачем криогенної лабораторії. Значна заслуга Б.Г. Лазарєва також у тому, що він створив власну велику наукову школу в галузі фізики низьких температур і конденсованого стану, яка стала природним продовженням шубніковської. В ювілейній статті з нагоди 70-річчя від дня його народження зазначалося:

«Б.Г. Лазарєв широко відомий як організатор науки, з ім'ям якого пов'язано багато сторінок розвитку фізики низьких температур. Повсякденно працюючи поруч зі співробітниками, він щедро віддає свої знання і здібності справі виховання наукових кадрів. Чудовою школою для молодих учених є семінари у відділі Б.Г. Лазарєва. Успіх їх роботи у вирішальній мірі визначається науковою інтуїцією Бориса Георгійовича, його вмінням створити невимуснену творчу атмосферу, чітко сформулювати суть проблеми. Десятки його учнів, у тому числі п'ять академіків і членів-кореспондентів АН УРСР, очолюють нині різні напрямки досліджень в галузі низьких температур у країні. За його активною участю та допомогою створено низку криогенних лабораторій в науково-дослідних установах Ленінграда, Свердловська, Сухумі, Києва, Баку, Харкова» [10].

Окремо варто сказати про семінар лабораторії низьких температур, що вів Б.Г. Лазарєв, його ролі у вихованні молодих фізиків.

«Обстановка на семінарі була вільна, весела... – писав у цьому зв'язку М.І. Каганов. – ... Семінар, керований Борисом Георгійовичем Лазарєвим, був не тільки джерелом інформації про експериментальну ситуацію, але, головним чином, верховним суддею: чому можна вірити, а чому не можна, що цікаво, а що – випадковість; з неорганізованої, неупорядкованої маси робіт формувалася лінія розвитку певних галузей фізики – у ті роки фізики металів і фізики надплинності» [6, с. 126].

Значення лазарєвських семінарів відзначає також В.Г. Бар'яхтар:

«У формуванні наукових напрямів як для експериментаторів, так і теоретиків величезна роль належить семінару, керованому Б.Г. Лазарєвим. Тут не тільки обговорюють оригінальні роботи, поточну наукову літературу і «свої» дисертації, але доповідають також матеріали докторських і кандидатських дисертацій науковців з інших інститутів (Харкова, Москви, Ленінграда, Свердловська, Донецька та інших міст)» [7, с. 121].

Школа Б.Г. Лазарєва сформувалася в 40–50-х роках. Її представляють акад. НАН України Б.І. Веркін, О.О. Галкін, І.М. Дмитренко, член-кореспондент НАН України Є.С. Боровик, доктори наук І.А. Гіндин, Б.Н. Єсельсон, Я.С. Кан, В.С. Коган, В.І. Макаров, Н.М. Нахимович, І.В. Савельєв, В.Б. Юферов, а також Р.Ф. Булатова, В.Р. Голік, С.І. Горідов, Л.С. Кан-Лазарєва, В.М. Кузьменко, А.А. Мацакова, В.І. Мельников, О.Н. Овчаренко, В.А. Полтавець, Є.Є. Семененко, В.І. Тутов та ін.

У науковому доробку школи низка відкриттів і винаходів [6]. В 1939–1944 рр. Б.Г. Лазарєв і Л.С. Кан-Лазарєва розробили принципово нову методику досліджень при високих тисках і низьких температурах (метод «льодової бомби»), що дістала

широкого поширення та високої оцінку фахівців [11]. Перші в світі роботи з одержання та застосування високих тисків при температурах рідкого гелію, за словами Л.Ф. Верещагіна, було розпочато в ХФТІ. За допомогою методу «льодової бомби» одержано чимало цікавих результатів щодо впливу тиску на властивості матеріалів, зокрема, вперше вивчено вплив стискання кристалічної ґратки металів на їх надпровідність, проведено кількісні дослідження низки надпровідників (олова, індію, свинцю, танталу, талію) під тиском. Відкрито два типи поведінки надпровідників під тиском: надпровідники, які лінійно знижують надпровідні параметри [12, 13], і надпровідники, які їх підвищують, наприклад, талій (Б.Г. Лазарев, Л.С. Лазарева, А.І. Судовцов, 1944–1948) [14].

Подальші дослідження (1963–1966) впливу тиску на T_k для талію привели до встановлення сильного впливу домішок на dT_k/dp [15–18]. Б.Г. Лазарев разом з учнями спостережуваний ефект обґрунтував кількісно і пов'язав зі зміною топології поверхні Фермі металу під тиском [19]. В 1981 р. виявлений ефект був зареєстрований як відкриття електронно-топологічних фазових переходів ($2^{1/2}$ -го роду) у металах при пружних деформаціях. Перехід передбачено теоретично в 1960 р. І.М. Ліфшицем, експериментально виявлено Б.Г. Лазаревим і незалежно М.Б. Брандтом зі співробітниками. В результаті виник новий напрям – фізика високих тисків при низьких температурах. Б.Г. Лазаревим зі співробітниками вивчено вплив неоднорідних деформацій на надпровідні параметри. В 1944 р. ним і О.О. Галкіним виявлено зміну над-

провідності олова під впливом таких деформацій [20], в 1957 р. разом з А.І. Судовцовим і А.П. Смірновим відкрито і вивчено новий надпровідник – берилій в аморфізованій фазі з $T_k=10K$ [21].

Вперше в СРСР було розпочато високочастотні дослідження надпровідності (Б.Г. Лазарев, О.О. Галкін, В.Г. Хоткевич, 1941 р.). Зокрема, виявлено детекторні властивості надпровідників (Б.Г. Лазарев, О.О. Галкін, 1948 р.) [22, с. 19–20], анізотропію енергетичної щільності в надпровідному олові (О.О. Галкін, П.А. Безуглий, А.П. Корольок, 1960 р.) [22, с. 28–32] і циклотронний резонанс (О.О. Галкін, П.А. Безуглий, 1957 р.) [23].

Значну роль відіграли дослідження впливу сильних спотворень кристалічної ґратки металу на його надпровідні властивості (В.Г. Хоткевич, В.Р. Голік, 1948–1951 рр.) [24], що започаткували широкий цикл робіт з низькотемпературної міцності та пластичності (В.Г. Хоткевич, І.А. Гіндин та ін.). Вивчено елементарні процеси пластичної деформації в умовах глибокого охолодження та виявлено низку нових ефектів, зокрема, низькотемпературний деформаційний поліморфізм і рекристалізацію, знеміцнення металів у надпровідному стані та ін. Відкриті закономірності (зростання T_k при сильних пластичних деформаціях, значні нагромадження енергії, знеміцнення при низьких температурах, зниження температури зворотних процесів та ін.) було використано для формування структур реальних кристалів з поліпшеними фізико-механічними властивостями в широкому діапазоні температур [25]. Вперше низькотемпературне

деформування в усіх його різновидах постало як засіб потужного впливу на структурний фактор, що приводить до поліпшення механічних властивостей металів. Знайдено, що в надпровідному стані метал більш пластичний, вивчено всі прояви виявленого ефекту та встановлено (1967–1971) основні його закономірності [26]. Виконано значний цикл робіт з вивчення властивостей металів, сконденсованих на охолоджувачу рідким гелієм підкладку.

Важливими для розвитку уявлень про природу надпровідності виявилися результати експериментального знаходження гранично можливих критичних полів надпровідників і встановлення факту, що ці поля визначаються в основному величиною їх енергетичної щільності (Б.Г. Лазарев, Л.С. Лазарева, А.І. Судовцов та ін.) [27]. Знайдено загальний критерій визначення граничних критичних полів для низки металів (вісмуту, ванадію, алюмінію, олова). Одержані результати мали фундаментальне значення для підвищення критичних полів важливих надпровідників. Проведено широкий комплекс досліджень кінетичних явищ у надпровідниках. Вивчено особливості поведінки опору металу в області надпровідного переходу (1948–1950) [22, с. 21–25], виявлено стрибкоподібний характер загасання струму в надпровідному кільці при плавній зміні температури (Б.Г. Лазарев, О.О. Галкін, Я.С. Кан, 1951 р.) [28]. Цей ефект значною мірою було покладено в основу робіт зі створення надпровідних матеріалів і надпровідних соленоїдів із сильними магнітними полями. В 1968–1973 рр. Б.Г. Лазаревим з учнями та співробітниками створено серію надпро-

відних соленоїдів з полями до 163 тис. ерстед [29, 30].

Продовжено роботи з експериментального вивчення квантових осциляцій електронних властивостей металів. В 1939 р. Б.Г. Лазарев, М. Нахимович і Е.А. Парфенова виявили осциляції провідності в цинку при низьких температурах (до цього цей ефект – ефект Шубнікова – де Хааса) спостерігався тільки у вісмуті [31]. В результаті було поставлено питання про існування в цинку (та інших металів) також ефекту де Хааса-ван Альфена. В 1949–1951 р. Б.Г. Лазарев, Б.І. Веркін і Н.С. Руденко відкрили та вивчили цей ефект у широкого кола металів (цинку, олова, кадмію, сурми, магнію, берилію, індію), показавши його загальнометалічну природу.

Є.С. Боровик провів широке дослідження гальваномагнітних властивостей металів при низьких температурах [32, 33]. Відкрито і вивчено низку розмірних ефектів у чистих металів при низьких температурах (Б.Г. Лазарев, Є.С. Боровик, Б.І. Веркін). Виконані Б.Г. Лазаревим з учнями дослідження магнітних, електричних і гальваномагнітних властивостей металів стимулювали створення І.М. Ліфшицем електронної теорії металів.

Значний розмах набули дослідження властивостей криогенних рідин, особливо рідкого гелію. Розпочаті 1936 р. Л.В. Шубниковим, вони значно розширилися після відкриття в 1938 р. П.Л. Капіцею і незалежно Дж. Алленом з О. Майзнером явища надплинності гелію II і побудови в 1941 р. Л.Д. Ландау теорії цього явища. В 1938 р. Б.Г. Лазарев і А.К. Кікоїн установили існування в гелії II рухливої пристінної плів-

ки, дослідили її властивості, вперше виміряли товщину плівки, одержавши значення $(2-3) \cdot 10^{-6}$ см, та оцінили швидкість її натікання [34]. На основі результатів цих піонерських досліджень було розроблено метод одержання температур нижче 1 К [35]. В 1941 р. Б.Г. Лазарєвим і Б.Н. Єсельсоном для одержання таких температур створено прилад, у якому шляхом відкачування пари над рідким гелієм досягнуто температури 0,71К [36]. В подальшому Б.Г. Лазарєвим і Б.Н. Єсельсоном з співробітниками розроблено низку приладів для одержання температур нижче 1 К.

Наприкінці 40-х років виник інтерес до ${}^3_2\text{He}$ і розчинів ${}^3_2\text{He}-{}^4_2\text{He}$. До 1949 р. експериментатори мали вже достатню кількість легкого гелію, щоб почати його зрідження. Харківська кріогенна лабораторія з самого початку вела активні дослідження в цьому напрямку: було здійснено виділення ${}^2\text{He}$ з природного гелію, накопичені необхідні кількості сумішей ${}^3_2\text{He}-{}^4_2\text{He}$ і виконано чимало піонерських досліджень розчинів ${}^3_2\text{He}-{}^4_2\text{He}$. В 1950 р. Б.Г. Лазарєв і Б.Н. Єсельсон розробили ефективну методику виділення ізотопу ${}^3_2\text{He}$ з природного, засновану на використанні властивостей надплинного гелію II [37]. Вона дістала значного поширення, перетворившись по суті в основний спосіб одержання ${}^3_2\text{He}$ із суміші ізотопів гелію. В 1951 р. за цикл робіт з вивчення магнітних властивостей металів при низьких температурах і новий метод збагачення гелію легким ізотопом Б.Г. Лазарева удостоєно Державною премією СРСР.

Об'єктом тривалих і ретельних досліджень у Харкові стали насамперед фазові діаграми системи 2

$\text{He}-{}^4_2\text{He}$, знання яких має велике значення для вивчення фізичних властивостей розчинів, техніки розділення ${}^3_2\text{He}$ і ${}^4_2\text{He}$. Вперше вивчено фазові рівноваги системи ${}^3_2\text{He}-{}^2_2\text{He}$. Експериментально визначено основні елементи діаграми рівноваги системи ${}^3_2\text{He}-{}^4_2\text{He}$: «рідина – пара» (Б.Н. Єсельсон, 1954р.), «рідина – кристал» (Б.Н. Єсельсон, Б.Г. Лазарєв, 1954р.) і лінії λ -переходу (Б.Н. Єсельсон, Н.Г. Березняк, 1950–1956 рр.). З'ясовано характер особливостей діаграм, пов'язаних з переходом у надплинний стан. Побудовано першу тривимірну діаграму стану системи ${}^3_2\text{He}-{}^2_2\text{He}$ (Б.Н. Єсельсон, Н.Г. Березняк, І.В. Богоявленський, 1961–1966 рр.) [38–41]. В подальшому роботи з фізики гелію було продовжено і значно розширено Б.Н. Єсельсоном у Фізико-технічному інституті низьких температур АН УРСР.

Загальне визнання одержали дослідження густини нормальної компоненти та енергетичного спектра надплинних розчинів ${}^3_2\text{He}-{}^4_2\text{He}$, в результаті чого встановлено вигляд ферміонної гілки спектра елементарних збуджень розчинів і визначено параметри спектра (Б.Н. Єсельсон та ін., 1960–1965 рр.). Виконано цикл робіт з вивчення хвильових процесів у квантових рідинах (Б.Н. Єсельсон та ін.), експериментально виявлено четвертий звук у квантовій системі ${}^3_2\text{He}-{}^4_2\text{He}$, одночасну генерацію першого і другого звуку в ній, розмірні ефекти при поширенні звуку в надплинному гелії, локалізовані стани електронів на поверхні рідкого гелію (Б.Н. Єсельсон та ін.). Виявлено особливості переносу по плівці надплинного гелію за відсутності дисипативних процесів та в змінно-

му електричному полі (Б.Н. Єсельсон, В.Г. Іванцов, Р.І. Щербаченко, 1964–1977 рр.), вивчено процеси взаємодії частинок з елементарними збудженнями в гелії (Б.Н. Єсельсон, Ю.З. Ковдря, А.С. Рибалко, 1965–1978 рр.). Розроблено установки для одержання наднизьких температур методом безперервного розчинення ${}^3_2\text{He}$ в ${}^4_2\text{He}$ (Б.Н. Єсельсон та ін., 1968–1978 рр.) [39].

В 1973 р. Б.Н. Єсельсон, В.Н. Григор'єв і В.А. Міхеєв виявили та дослідили нове явище – квантову дифузію, що виникає у твердих розчинах ізотопів гелію при дуже низьких температурах [42, 43], а в 1977 р. – розсіяння домішок на фонах ґратки твердого гелію [44]. Вивчено ізотопні властивості водню та інших речовин у конденсованому стані, зокрема, в'язкість, густина розчинів ізотопів, фазові рівноваги систем «водень – дейтерій», «водень – неон», «дейтерій – неон», ізотопні ефекти та ін. В результаті сформувався новий погляд на ізотопи легких елементів, і створено новий напрям – ізотопні ефекти в речовинах у конденсованому стані [45].

Низькотемпературні дослідження привели до створення нових методів одержання дуже чистого надвисокого вакууму. В 50-х роках Б.Г. Лазарєвим і Є.С. Боровиком виконано низку робіт з фізики і техніки вакууму. Зокрема, вони запропонували (1950) використати для виморожування продуктів розкладу масел азотні пастки, їм належить і раціональна конструкція цих пасток у вигляді жалюзі [46]. В 1949–1951 рр. вони виконали піонерські дослідження з розробки кріоадсорбційного методу одержання високого вакууму, що завершилися одержанням кріогенного конденса-

ційного і кріогенного адсорбційного вакууму. В їх конденсаційних насосах як холодоагенти використовувалися рідкі водень і гелій, в адсорбційних – охолоджувані адсорбенти [47, 48]. Граничні тиски досягали 10^{-10} мм рт.ст. [49]. Проведені вдосконалення дозволили досягти тисків 10^{-13} мм рт.ст. В 1964 р. створено перший прогрівний конденсаційний насос [50], потім серія подібного типу. Так, гелієвий надвисоковакуумний насос ГСВ-250 з швидкістю відкачки 250 л/с забезпечував граничний вакуум 10^{-10} (без прогріву) і 10^{-12} мм рт.ст. (після добового прогріву) [51]. Експериментально було показано, що зі зниженням температури конденсуючої поверхні, тиск відкачуваного газу, в тому числі гелію, можна зменшити до як завгодно малих значень. В результаті одержано рекордні значення тисків – 10^{-15} мм рт.ст. Створення таких високоефективних насосів, як ГСВ-250 і ГСВ-4000, що працюють в області надвисокого вакууму 10^{-13} – 10^{-14} мм рт.ст. протягом багатьох тижнів після однократної заправки рідким гелієм, стало можливим завдяки проведеним ретельним дослідженням та врахування явищ масо- і теплопереносу в конденсаційних насосах [52]. Завдяки конденсаційно-адсорбційній відкачці разом з конденсаційними форвакуумними насосами створено методику одержання в більших об'ємах вакууму від атмосфери до 10^{-13} мм рт.ст. і розроблено рекомендації по застосуванню кріогенних методів відкачки в термоядерних інститутських установках.

Таким чином, школа Б.Г. Лазарєва зробила значний внесок у багато галузей фізики і техніки низьких температур, низку відкриттів і винаходів і започаткувала нові наукові і науко-

во-технічні напрями. Високий рівень досліджень школи та їх широкий діапазон сприяли тому, що в 1960 р. у Харкові створено Фізико-технічний інститут низьких температур АН України (ФТІНТ), ядром якого були учні та співробітники Б.Г. Лазарева. З початку 60-х років багато хто з них (Б.І. Веркін, О.О. Галкін, І.А. Гіндин, Б.Н. Єсельсон, І.М. Дмитренко та ін.) очолили власні наукові колективи, виховали багатьох учнів, а Б.І. Веркін та О.О. Галкін стали до того ж засновниками власних наукових шкіл.

Академіка АН УРСР Бориса Ієремійовича Веркіна (1919–1990) як ученого вирізняли талант, широта наукових інтересів, глибоке розуміння проблем сучасної фізики, висока наукова культура, тонка інтуїція, що дозволяла йому обирати нові напрями досліджень, перспективні шляхи розвитку науки й техніки, постійний пошук наукових ідей, підвищена увага до застосувань одержаних результатів на практиці, нарешті, організаторські здібності, що об'єднували людей на розв'язання цікавих та актуальних завдань, увага до молоді. Все це в поєднанні з властивими йому цілеспрямованістю, працездатністю, енергією, силою волі, завзятістю в досягненні поставленої мети, ентузіазмом зробило його справжнім лідером наукового колективу ФТІНТа, одним з ініціаторів створення якого він був [53]. Б.І. Веркін був директором ФТІНТа з моменту його застосування впродовж майже 30 років (з 1988 р. – почесний директор). Під його керівництвом Інститут став одним з великих спеціалізованих центрів у фізиці низьких температур і криогенній техніці. В ньому поряд із широким розвитком традиційних розділів, таких як фізика гелію, низь-

котемпературний магнетизм, фундаментальна надпровідність, кріокристали виникли нові напрями – низькотемпературне й вакуумне матеріалознавство, низькотемпературна електроніка твердого тіла, кріоелектромашинобудування, вивчення теплообміну в криогенних рідинах, фізичних властивостей макромолекул тощо [54, 55].

«Справедливо вважають основною науковою й науково-організаційною заслугою Б.І. Веркіна створення ФТІНТа та багаторічне плідне керівництво інститутом, – пише В.Г. Манжелій. – І тут важливо відзначити деякі з якостей Б.І. Веркіна, які визначили його успіх у формуванні структури й тематики Інституту, підборі провідних його співробітників. Насамперед В.І. Веркін не тільки не боявся талановитих співробітників, але й докладав серйозні й постійні зусилля для їх пошуку і залучення в Інститут, сміливо ставив молодих співробітників на чолі наукових колективів. Б.І. Веркін активно цікавився сучасним станом і новими досягненнями різних галузей фізики і не тільки фізики. Він буквально всмоктував інформацію, що надходила з різних джерел. Все, що здавалося йому перспективним, він намагався негайно впровадити в Інституті. Нові напрями доручалися енергійним, здібним ученим. Як захоплююча людина Б.І. Веркін міг незабаром зацікавитися новими проблемами, охолонути до того або іншого напрямку. Однак на той час, як правило, цей напрям одержував достатній розвиток і очолюваний здібними вченими вже не мав потреби в постійній опіці. Важливою якістю Б.І. Веркіна було також уміння «схопити» суть та оцінити важливість одержаного його співробітниками результату. Ця риса дозволяла йому як директору визначати пріоритети і вести правильну кадрову політику».*

Наукову діяльність Б.І. Веркін почав у криогенній лабораторії ХФТІ, куди вступив 1940 р. до аспірантури після закінчення фізико-математичного факультету Харківського університету. Потім була перерва

* Особисте повідомлення автору.

(1942–1946), пов'язану з перебуванням у лавах Червоної Армії, в 1946–1960 рр. він працював у ХФТІ молодшим, старшим науковим співробітником. Наукову популярність Б.І. Веркіну приніс цикл робіт (з 1946 р.) з вивчення ефекту де Хааса-ван Альфена у великої групи металів [56–59]. Було встановлено не тільки його загальнометалічний характер, але й багатоконпонентний склад осціляцій, що свідчив про багатозонний та анізотропний вигляд енергетичного електронного спектра, а також уперше показано високу чутливість зон з аномально малим заповненням до впливу домішок і пружних деформацій. Успіх експериментів було досягнуто завдяки розробленим методам очищення застосовуваних металів від домішок [60]. В 1960–1968 рр. В.І. Веркін з І.В. Свечкар'євим та іншими виконав систематичні дослідження монотонної частини магнітної сприйнятливості ряду простих металів і виявив ефекти, що свідчили про важливу роль міжзонних внесків в орбітальний магнетизм [61–65]. Результати вивчення магнітних властивостей металів при низьких температурах та енергетичному спектрі електронів у металах було узагальнено Б.І. Веркіним у докторській дисертації, захищеної 1957 р.

Перші роки діяльності ФТІНта збіглися з фундаментальними відкриттями у фізиці тунельних процесів і надпровідності – спостереження тунельного ефекту в надпровідниках і створення надпровідного діода (І. Жівер, 1960 р.), передбачення ефектів надпровідного тунелювання (Б. Джозефсон, 1962 р.) та їх експериментальне виявлення (1963–1965) тощо. Вони і визначили основні на-

прямки його роботи, і наступні роки підтвердили правильність зробленого вибору. Тут яскраво виявилися інтуїція директора Інституту, його безпомилкове «відчуття» найперспективніших шляхів розвитку кріогеники. 60-і роки стали роками формування колективу Інституту, який відразу заявив про себе результатами світового рівня, знайшов своє обличчя й став основою для створення Б.І. Веркіним широкопрофільної наукової школи, що включила велику кількість висококласних експериментаторів, теоретиків і прикладників.

Б.І. Веркін з найближчими учнями й співробітниками одержав низку значних результатів у традиційних і нових галузях фізики і техніки низьких температур, що відіграли вирішальну роль у формуванні більшості наукових і науково-технічних напрямів Інституту. Діапазон проведених в Інституті (школі) досліджень виявився досить широким: фундаментальна і прикладна надпровідність, тунельна і мікроконтактна спектроскопія твердих тіл та органічних молекул, електронні властивості металів, діелектриків і магнітовпорядкованих систем, фізика кріогенних рідин, квантових кристалів, молекулярних кристалів і біологічних молекул, процеси переносу в матеріалах і системах, структура і механічні властивості матеріалів при низьких температурах, фізика й техніка наднизьких температур, кріогенне електромашинобудування, надпровідникова електроніка, кріогенна медицина та ін. Широта тематики наукової школи Б.І. Веркіна, а вона покриває майже весь спектр проблем сучасної кріогеники, є найхарактернішою її рисою. Його учні

— дослідники-фундаменталісти та інженери-криогенщики — активно та успішно працювали і працюють практично у всіх напрямках фізики низьких температур і криогенної техніки [54, 55].

В школі здійснено широкі експериментальні й теоретичні дослідження квантових когерентних і високочастотних нелінійних явищ у надпровідниках. Вперше (кінець 1964 р.) у прямому експерименті виявлено генерацію електромагнітного випромінювання в нестационарному ефекті Джозефсона (І.М. Дмитренко, І.К. Янсон, В.І. Свистунів) [66]. Вивчено квантову інтерференцію в резистивному стані надпровідників, нові види квантування магнітного потоку в одно- і двозв'язних надпровідниках, механізми руйнування надпровідності тонких плівок струмом, спектральні властивості контактів Джозефсона (І.М. Дмитренко). І.К. Янсон розробив (1973) мікроконтактну спектроскопію — новий метод дослідження енергетичного спектра металів Відразу після відкриття восени 1986 р. високотемпературної надпровідності Б.І. Веркіним організовано одержання (початок 1987 р.) високотемпературних надпровідних керамік і вивчення їх властивостей [67].

Значний цикл робіт школи присвячено вивченню явищ у криогенних речовинах і системах, зокрема низькотемпературному теплопереносу. В 1956 р. Б.І. Веркін, Н.Н. Багрянний і Д.Г. Довгополов розвинули метод дослідження дифузії в рідинах — метод насичення з газової фази, вивчено закономірності дифузії в різних типах рідин [68]. В 1968–1970 рр. Б.І. Веркіним і Ю.А. Кириченком досліджено теплообмін у криогенних

рідинах у полях масових сил різної інтенсивності — від умов, близьких до невагомості, до прискорень 2300 g. Виявлено в інтенсивних силових полях незалежність критичного теплового потоку від д. Всебічно досліджено фізику кипіння криогенних рідин та їх режимні характеристики залежно від різних параметрів, що змінюються в широкому діапазоні, вперше вивчено динаміку парових пузирів та її вплив на інтегральні характеристики кипіння (Б.І. Веркін, Ю.А. Кириченко, К.В. Русанов) [69, 70]. Експериментально виявлено й теоретично обґрунтовано, що при створенні в твердому криоагенті капілярно-поруваної структури ефективна теплопровідність зростає на два-три порядки (Б.І. Веркін, В.Ф. Гетманець, Р.С. Михальченко) [71]. В результаті стало можливим використовувати стверділі гази як холодоагенти. Було проведено також широкі дослідження теплофізичних властивостей і механізму тепломасопереносу в екрано-вакуумних ізоляціях, що завершилися створенням високоефективних композицій на основі дірчастих дифракційних екранів і спеціальних прокладок. Паралельно з групою А.Ф. Прихотько (Інститут фізики АН УРСР) Б.І. Веркіним з В.Г. Манжелієм, І.Я. Фуголь та іншими проведено комплексне дослідження властивостей криокристалів [72, 73].

Значний внесок зроблено школою в молекулярну біофізику. При цьому широко використовувалися розроблені в Інституті методи, ідеї та підходи фізики конденсованого стану до вивчення біологічних макромолекул. Досліджено енергетику міжмолекулярних взаємодій азотистих основ, що моделюють

внутрішньомолекулярні взаємодії в ДНК і РНК, тунельні спектри компонентів нуклеїнових кислот за допомогою нового методу вивчення енергетичного спектра біомолекул – спектроскопії непружного тунельного ефекту (Б.І. Веркін, І.К. Янсон, Л.Ф. Суходум, А.Б. Теплицький та ін.) [74]. Виконано експериментальні дослідження конформаційних і фазових переходів у полімерній ДНК, вперше вивчено теплоємність ДНК і білків в інтервалі температур 4,2–400 К (Б.І. Веркін, Ю.П. Благой, Б.Я. Сухаревський та ін.). Вперше визначено з високою точністю теплоту сублимації азотистих основ та енергію зв'язку між основами в молекулі ДНК, побудовано (1969–1977) модель структурної організації молекул ДНК у кристалах.

Б.І. Веркіним ініційовано дослідження з фізики наднизьких температур. Ним разом з В.А. Михеевим та іншими створено установку для одержання температур близько 10К методом ядерного розмагнічення міді [75].

З початку 60-х років почалися дослідження в порівняно новій дисципліні – кріогенній медицині, що проводилися в двох напрямках – низькотемпературної консервації та кріохірургії [76]. Розроблено методи тривалої низькотемпературної консервації ядромісних клітин крові, тканин і кісткового мозку, а також біокомплекс, що забезпечує програмне заморожування, зберігання й відігрівання біологічних об'єктів (Б.І. Веркін, В.Г. Манжелій, М.С. Пушкар та ін.) (Державна премія СРСР, 1978 р.).

Поряд із значними фундаментальними результатами з ім'ям Б.І. Веркіна та його школи пов'язані важливі прикладні розробки, в яких результа-

ти фізичних досліджень використувалися для створення нового кріогенного обладнання і приладів. Він був ініціатором розвитку в Інституті нових напрямів кріогенної фізики, найнеобхідніших для нової техніки і господарства. Це насамперед кріогенне електромашинобудування, низькотемпературне й вакуумне матеріалознавство, вакуумна кріогенна імітаційна техніка, надпровідникова електроніка, теплообмін в умовах слабкої гравітації та ін. Успіхи в цих дослідженнях визначили можливість створення у ФТІНТі унікальної апаратури для вирішення низки науково-технічних завдань. Б.І. Веркін був ініціатором і керівником низки програм, спрямованих на створення принципово нових методів використання досягнень кріогенної науки в господарстві. Як приклад можна назвати створення потужних кріогенних турбогенераторів і двигунів, розробку дистанційних методів пошуку корисних копалин, промислове одержання дешевого холоду й використання його для зберігання, створення методів та апаратури кріобіології та кріомедицини.

В 1960 р. зародився й дістав успішного розвитку новий науково-технічний напрям – імітація умов космосу. Сформульовано фізичні основи моделювання космічного простору й запропоновано принципи розрахунку нерівноважних кріовакуумних систем (Б.І. Веркін, Н.Н. Багров, А.А. Гусяков, А.М. Кислов та ін.), а також розроблено надвисоковакуумні камери тиском до 10 тор і корисним об'ємом від 0,2 до 14000 м³, що імітують космічне середовище, у першу чергу космічний вакуум [77]. Створені імітаційні вакуумні камери включили і розроблені в Інституті

джерела космічного випромінювання. За цих умов здійснено комплексні дослідження впливу космічного вакууму та випромінювання на різні властивості конструкційних матеріалів, що привело до розвитку космічного матеріалознавства.

В 1970 р. розпочато роботи зі створення кріогенних електричних машин з надпровідними обмотками збудження. Обґрунтовано основні принципи конструювання роторів кріотурбогенераторів і визначено необхідні напрямки досліджень і розробок з теплообміну та матеріалознавства (Б.І. Веркін, О.В. Погорелов та ін.) [78]. Протягом 1970–1982 рр. створено ряд дослідних зразків кріотурбогенераторів потужністю 0,2–10 мВт, у тому числі модельний потужністю 2 мВт для перевірки загальної концепції конструювання майбутніх кріогенних електричних машин. Побудовано (1972–1977) також серію перших у країні уніполярних двигунів з надпровідним індуктором потужністю від 100 до 850 кВт.

На основі піонерських досліджень з фундаментальної надпровідності під керівництвом Б.І. Веркіна та І.М. Дмитренка розгорнулися роботи з надпровідникового приладобудування – створення кріоелектронних пристроїв з високими рівнями селективності, чутливості й точності. Побудовано надпровідні резонатори трисантиметрового діапазону, надпровідні болометри, квантові інтерферометри, граві-, магніто- і магнітоградієнтметри [79]. В 1975 р. Б.І. Веркін і В.А. Коноводченко побудували перший інфрачервоний радіометр з гелієвим охолоджувачем і надпровідниковим болометром для вивчення структури й властивостей земної поверхні. В 70-х роках

Б.І. Веркін з учнями й співробітниками почав розробку й впровадження в господарство ефективних кріогенних технологій: було створено азотні технології для потреб сільського господарства, будівництва й медицини. Вони, наприклад, дозволили на якісно новому рівні організувати доставку, зберігання й переробку харчових продуктів за допомогою спеціальних авторефрижераторів з азотною системою охолодження [80].

Коли стався бурхливий прогрес у фізиці і техніці низьких температур, особливо актуальної стала проблема конструкційних матеріалів, здатних надійно працювати при низьких температурах. Дослідження космічного простору, розробка фізичних установок і приладів, кріогенне електромашинобудування поставили перед матеріалознавством низку нетрадиційних завдань, вирішення яких багато в чому залежало від рівня знань в галузі фізико-механічних, структурних, електромагнітних та інших властивостей конструкційних матеріалів при низьких температурах. Надаючи важливого значення цим питанням, Б.І. Веркін практично з перших днів створення ФТІНТа організував лабораторію кріогенного та космічного матеріалознавства (згодом відділ). За короткий термін розроблено методики, унікальні установки та апаратура для вивчення механічних, динамічних, пружних та електромагнітних властивостей конструкційних матеріалів при низьких температурах. Проявляючи постійну увагу до кріогенного матеріалознавства, Б.І. Веркін коригував діяльність відділу, передбачав нові напрями роботи. Це дозволило провести широкий комплекс досліджень з метою вибо-

ру оптимального варіанту сталей і сплавів для використання в різних конструкціях криогенного призначення, а також виробити критерій для створення нових, досконаліших, конструкційних матеріалів. Згодом створений Б.І. Веркіним відділ криогенного матеріалознавства перетворився в спеціалізований центр з дослідження різних матеріалів при низьких температурах, що не мало аналогів у вітчизняній практиці.

Основними напрямками діяльності Б.І. Веркіна та його колективу в галузі низькотемпературного й вакуумного матеріалознавства є: розробка й створення експериментального устаткування для проведення досліджень втомного руйнування металів і сплавів у високому вакуумі та криогенних середовищах в інтервалі температур 300–4К; з'ясування загальних закономірностей втомного руйнування модельних матеріалів і промислових сплавів у цих умовах; вивчення впливу надпровідного переходу на параметри втомного руйнування.

Б.І. Веркіним з В.І. Старцевим, І.М. Любарським, В.В. Пустоводим, В.Я. Ілбічевим та іншими здійснено цикл досліджень структури й механічних властивостей матеріалів при низьких температурах та у вакуумі, створено відповідні установки для випробувань матеріалів на розрив, стискання, повзучість, ударну в'язкість, втому, одержано нові дані про властивості матеріалів у широкому діапазоні температур, виявлено й вивчено вплив надпровідного стану металів і сплавів на їх міцність, втомні й спрацьовані параметри [81]. За роботи з спеціального матеріалознавства Б.І. Веркіну й ряду його спів-

робітників в 1973 р. присуджено Державну премію УРСР.

Розмах прикладних фізико-технічних досліджень став можливий завдяки також низки організаційних заходів. Невелике дослідне конструкторське бюро, де в основному велися ці дослідження, в 80-х роках перетворилося в Спеціалізоване конструкторське бюро з дослідними виробництвами – Харківським і Валковським, по суті у великий спеціалізований міжгалузевий науково-дослідний і конструкторсько-технологічний центр, основні напрямки діяльності якого й кадровий потенціал сформовано Б.І. Веркіним. Тому тісний зв'язок фундаментальних і прикладних досліджень, доведення наукової ідеї до виробництва є ще однією характерною рисою школи Б.І. Веркіна, яку через це цілком можна кваліфікувати як науково-технічну.

Б.І. Веркін був не тільки ініціатором створення ФТІНТа та формування його сучасної структури, він багато зробив для організації в Харкові Інституту проблем кріобіології та кріомедицини АН УРСР, нових кафедр і спеціалізації у Харківському університеті та Харківському політехнічному інституті, де працював у 1953–1976 рр. З 1975 р. і до самої смерті він був головним редактором журналу «Фізика низьких температур», визначаючи його ідеологію та обличчя.

Активна наукова, науково-організаційна й педагогічна діяльність Б.І. Веркіна, його особисті якості об'єднували довкола нього широке коло вчених, які і складають його школу. Вона почала формуватися й розвивалася разом із ФТІНТом і досягла свого остаточного оформлення, статусу школи у 80-і роки. Її пред-

ставляють академіки НАН України І.М. Дмитренко, В.Г. Манжелій та І.К. Янсон, член-кореспондент НАН України І.О. Кулик, доктори наук І.В. Свечкарьов, Ю.А. Кириченко, Р.С. Михальченко, І.Я. Фуголь, Ю.П. Благой, В.А. Михеєв, В.Д. Філь, Л.Ф. Суходуб, Ю.В. Набойкін, А.С. Снурніков, Моїсеєв, В.Г. Гетманець, П.С. Черняков, Ф.Ф. Лаврентьєв, А.Г. Подольський та ін.* Школу характеризує широкий тематичний спектр досліджень, піонерський характер багатьох наукових і технічних робіт, висока експериментальна культура, якість і значимість результатів, тісний зв'язок теоретичних та експериментальних досліджень з практикою, їх висока ефективність.

Наприкінці 40-х — початку 50-х років у надрах низькотемпературної школи Б.Г. Лазарева почала формуватися також фізична школа Олександра Олександровича Галкіна (1914–1982). Вона дістала остаточного завершення в 60-х роках у Донецьку, де він був засновником і директором (1965–1982) Донецького фізико-технічного інституту АН УРСР. О.О. Галкін — талановитий фізик-експериментатор з надзвичайно розвинутою інтуїцією й широким колом наукових інтересів, умінням бачити й вирішувати конкретні прикладні задачі, вирізнявся величезною працездатністю.

«Людина яскравого творчого дарування О.О. Галкін є також блискучим організатором фізичної науки в Україні, — пише В.Г. Бар'яхтар. — Він брав участь у створенні Інституту радіоелектроніки, Фізико-технічного інституту низьких температур АН УРСР, Донецького університету, приділяв значну увагу розвитку в донецькому регіоні перспективних наукових і прикладних напрямків. Людина високої державної від-

повідальності, невичерпної енергії, допитливої думки, динамічний, яскраво емоційний, Олександр Олександрович Галкін був винятково вимогливий до рівня наукових праць співробітників Інституту, гостро відчував нові напрями у фізиці, вмів підтримати молодих учених. Він був творцем великої наукової фізичної школи в Донбасі... Під його керівництвом підготовлено понад 50 кандидатів наук, 12 його учнів захистили докторські дисертації» [22, с. 6].

Дослідження О.О. Галкіна стосувалися надпровідності, тунельних ефектів, електронних властивостей металів і напівпровідників, радіоспектроскопії, магнетизму, фізики міцності та пластичності, фізики високих тисків. Вони вирізнялися надзвичайною актуальністю, високим науковим рівнем, удалим поєднанням теорії й тонкого експерименту, широтою узагальнень, оригінальністю рішень. В усіх цих напрямках він разом з учнями та співробітниками одержав фундаментальні результати, які в багатьох випадках мали піонерський характер, а створені ним наукові методи лягли в основу подальших фундаментальних досліджень і значно вплинули на розвиток багатьох розділів фізики твердого тіла.

О.О. Галкін — вихованець Харківського університету, який закінчив 1939 р., а також ХФТІ, де працював в 1937–1941 рр. та 1945–1960 рр. В подальшому він став одним з організаторів ФТІНТа, будучи в 1960–1965 рр. у ньому заступником директора. В Харкові за участю О.О. Галкіна відкрито детекторні властивості надпровідників і вивчено важливі явища в поведінці високочастотних і акустичних властивостей металів у нормальних і надпровідних станах. Це, зокрема, детекторні властивості надпровідників та анізотропія їх енергетичної щільності, комбінований і циклотронний резонанси у напівп-

* Список складено самим Б.І.Веркіним для автора.

ровідниках, циклотронний резонанс в олові й свинці, осциляції поглинання ультразвуку в магнітному полі [21, 22]. Він використав методи циклотронного резонансу та магнітоакустики для вивчення енергетичного спектра електронів у металах.

О.О. Галкін один з перших для дослідження твердих тіл розпочав у ДонФТІ комплексно використовувати такі потужні інструменти фізичного експерименту, як низькі температури, високі тиски й сильні магнітні поля. Це дало можливість вивчати об'єкти в екстремальних умовах і одержати низку фундаментальних результатів. В 1968–1970 рр. О.О. Галкіним разом з його співробітниками й ученими ФТІНТа та ХФТІ виявлено принципово нове фізичне явище – проміжний фазовий стан в антиферромагнетиках, в 1971 р. з Е.А. Завадським – ефект необоротного індукування магнітного стану речовини сильним магнітним полем [22].

О.О. Галкін вперше застосував у фізиці високих тисків метод електронного тунелювання (1967) і одержав унікальні дані про зміну енергетичної щільності надпровідників, фононних спектрів і зонної структури металів і сплавів. У результаті створено якісно новий підхід до одержання фізичної інформації з тунельних характеристик, що відкрило перспективи дослідження електрон-електронної взаємодії й нефононних механізмів у надпровідності. О.О. Галкіним з учнями досліджено вплив тиску на поверхню Фермі деяких металів і виявлено фазовий перехід $2^{1/2}$ -го роду в миш'яку, вивчено доплерони, спільно з Л.Т. Цимбал відкрито і досліджено доплерон-фононний резонанс у металах.

В 1967–1968 рр. О.О. Галкіним розпочато дослідження з проблеми гідроекструзії – методу обробки матеріалів рідиною високого тиску. Глибоке проникнення у фізику високих тисків дозволило запропонувати принципово нові можливості різкого підвищення міцності й пластичності металів і сплавів, включаючи найкріхтіші, тверді й важкодеформовані. Запропоновано фізичну картину пластичної течії металів в області високих тисків (нестационарна гідроекструзія), при якій матеріал деформується в стані, коли його пластичні властивості вже сформовано, що дає можливість створювати матеріали з більшим запасом міцності та запропонувати ряд оригінальних технологій обробки крихких металів і сплавів тиском [22].

У харківський період учнями О.О. Галкіна були нині член-кореспондент НАН України О.П. Корольок, І.В. Матяш і Л.Т. Цимбал, доктори наук В.П. Набережний, Ю.А. Браташевський, Г.А. Цінцадзе, Н.К. Даншін, Ю.М. Іванченко та ін., які разом з його найближчими співробітниками (П.А. Безуглий та ін.) започаткували його школу експериментальної фізики твердого тіла. Подальший активний розвиток її проходив у Донецьку [22].

Повертаючись ще раз до Харківської школи кріогеніки як цілого, цього чудового феномену в фізиці низьких температур, можна підставою стверджувати, що вже понад півстоліття цей неформальний колектив включає кілька поколінь високо-класних дослідників, відіграє важливу роль у цій галузі фізики й робить Харків великим науковим і технічним кріогенним центром. Складові цієї школи органічно пов'язані, тому

що впливали одна на одну і, як виявилось, в них більше спільного, ніж відмінностей. Всі персональні школи об'єднує широта тематики, актуальність науково-дослідних програм, високий рівень і чистота результатів, новизна та ефективність, тісний союз фундаментального й прикладного. Тому більш логічно й доцільно, на наш погляд, говорити про єди-

ну Харківську школу криогеніки, оскільки всі її складові генетично походять від одного шубниківського кореня. Вивчення джерел цього харківського феномену, його розвитку, досвіду функціонування, може виявитися надзвичайно корисним для реконструкції історії становлення фізики й техніки низьких температур в Україні.

1. Алексеевский Н.Е. Лев Васильевич Шубников // УФН, 1982, 137, вып. 3, с. 467–473.

2. Веркин Б.И., Гредескул С.А., Пастур Л.А., Фрейман Ю.А., Храмов Ю.А. Л.В. Шубников и физика низких температур. – М.: Знание, 1989.

3. Храмов Ю.А. Школа криогеніки Шубникова // Физ. низких температур, 1992, 18, №1, с. 83–90 (номер присвячено пам'яті Л.В. Шубникова).

4. Шубников Л.В. Избранные труды. Воспоминания. – К.: Наук. думка, 1990.

5. Веркин Б.И., Гредескул С.А., Пастур Л.А., Фрейман Ю.А. История открытия эффекта Шубникова – де Хааза // Физ. низких температур, 1990, 16, №9, с. 1212.

6. Развитое криогеніки на Украине. – К.: Наук. думка, 1978.

7. Борис Георгиевич Лазарев. – К.: Наук. думка, 1986.

8. Борис Георгиевич Лазарев (к 75-летию со дня рождения) // Физ. низких температур, 1981, 7, №8, с. 1083–1084.

9. Павленко Ю.В., Ранюк Ю.Н., Храмов Ю.А. „Дело” УФТИ. 1935–1938. – К.: Фенікс, 1998.

10. Борис Георгиевич Лазарев (к 70-летию со дня рождения) // Физ. низких температур, 1976, 2, №8, с. 1080–1081.

11. Лазарев Б.Г., Кан Л.С. Измерения при низких температурах и высоких давлениях. 1. Разработка метода создания высоких давлений при низких температурах // ЖЭТФ, 1944, 14, вып. 10/11, с. 439–447.

12. Лазарев Б.Г., Кан Л.С. Измерения при низких температурах при высоких давлениях. 2. Сверхпроводимость олова и индия при всестороннем сжатии давлением 1750 кГ/см^2 // Там же, с. 463–473.

13. Кан Л.С., Лазарев Б.Г., Судовцов А.И. Измерения при низких температурах при высоких давлениях. 3. Сверхпроводимость индия и олова при всестороннем

сжатии давлениями 1370 и 1730 кГ/см^2 // Там же, 1948, 18, вып. 9, с. 825–832.

14. Кан Л.С., Лазарев В.Г., Судовцов А.И. Об изменении сверхпроводящих свойств таллия под давлением // Докл. АН СССР, 1949, 69, №2, с. 173–174.

15. Лазарев Б.Г., Лазарева Л.С., Макаров В.И. Об особенностях поведения температуры сверхпроводящего перехода таллия под давлением // ЖЭТФ, – 1963, 44, вып. 2, с. 481.

16. Лазарев Б.Г., Лазарева Л.С., Макаров В.И., Игнатъева Т.А. 1. Влияние примесей на зависимость температуры сверхпроводящего перехода таллия от давления // Там же, 1965, 48, вып. 4, с. 1065–1070.

17. Брандт Н.Б., Гинзбург Н.И., Игнатъева Т.А., Лазарев Б.Г. и др. 2. Влияние примесей на эффект давления у таллия // Там же, 49, вып. 1, с. 85–89.

18. Лазарев Б.Г., Макаров В.И., Терешина Н.С. 3. Влияние примесей на зависимость температуры сверхпроводящего перехода таллия от давления // Там же, 1966, 50, вып. 3, с. 546–550.

19. Лазарев Б.Г., Лазарева Л.С., Макаров В.И., Игнатъева Т.А. Об изменении топологии поверхности Ферми у таллия под влиянием примесей // Докл. АН СССР, 1965, 163, с. 74–75.

20. Лазарев Б.Г., Галкин А.А. Об изменении сверхпроводимости олова под влиянием неоднородной деформации // ЖЭТФ, 1944, 14, вып. 12, с. 474–480.

21. Лазарев Б.Г., Судовцов А.И., Смирнов А.П. О сверхпроводимости пленок бериллия, сконденсированных на холодной подложке // Там же, 1957, 33, с. 1059–1060.

22. Галкин А.А. Избранные труды. – К.: Наук. думка, 1986. – Т. 1: Физика твердого тела.

23. Безуглый П.А., Галкин А.А. Циклотронный резонанс в олове при частоте 9300 МГц // ЖЭТФ, 1957, 33, вып. 10.

24. Хоткевич В.И., Голик В.Г. Влияние пластической деформации на сверхпроводимость металлов // Там же, 1950, 20, с. 427–437.
25. Хоткевич В.И., Гиндин И.А. Исследования в области низкотемпературной прочности и пластичности / Развитие криогеники на Украине. – К.: Наук. думка, 1978, с. 155–173.
26. Гиндин И.А., Стародубов Я.Д. Влияние сверхпроводящего состояния на ползучесть металлов // Письма в ЖЭТФ, 1970, 11, с. 288–290.
27. Лазарев Б.Г., Семененко ЕЕ., Судовцов А.И., Кузьменко В.М. О максимальных критических магнитных полях в сврхпроводящих металлах // Докл. АН СССР, 1969, 165, с. 1275–1277.
28. Галкин А.А., Кан Я.С., Лазарев В.Г. О скачкообразном затухании тока в сверхпроводящем кольце // ЖЭТФ, 1957, 32, с. 1582.
29. Лазарев Б.Г., Лазарева Л.С., Голик В.Р., Горидов С.И. Сверхпроводящий соленоид на 115 кЭ (157 кЭ с диспрозиевым концентратом) из деформируемых сплавов // Физика металлов и металловедение, 1970, 19, с. 874–875.
30. Лазарев Б.Г., Лазарет Л.С., Горидов С.И., Голик В.Р. Сверхпроводящий соленоид из деформируемых сплавов с полем 122 кЭ // Там же, 1973, 35, с. 443–444.
31. Лазарев Б.Г., Нахимович Н.М., Парфенова Е.А. Электрическое сопротивление монокристаллов цинка и кадмия в магнитном поле при низких температурах // Докл. АН СССР, 1939, 24, №9, с. 855–859.
32. Боровик Е.С. Изменение сопротивления металлов в магнитном поле при низких температурах // ЖЭТФ, 1952, 3, вып. 1, с. 91–100.
33. Боровик Е.С. Эффект Холла в бериллии и алюминии при низких температурах // Там же, 23, с. 83–90.
34. Кикоин А.К., Лазарев Б.Г. Некоторые свойства пленок гелия II // Там же, 1941, 11, с. 573.
35. Лазарев Б.Г., Есельсон Б.Н. Получение температуры ниже 0,8 К откачкой паров гелия // Там же, вып. 5, с. 577.
36. Лазарев Б.Г., Есельсон Б.Н. Прибор для получения температур ниже 0,8 К // Там же, 1942, 12, вып. 11/12, с. 549–552.
37. Есельсон Б.Н., Лазарев В.Г. Некоторые свойства растворов $\text{He}^3\text{-He}^4$. Разделение изотопов гелия // Там же, 1950, 20, с. 724–747.
38. Есельсон Б.Н., Григорьев В.Н., Иванцов В.Г. и др. Растворы квантовых жидкостей $\text{He}^3\text{-He}^4$. – М.: Наука, 1973.
39. Есельсон Б.Н., Лазарев Б.Г., Лифшиц И.М. Некоторые свойства растворов $\text{He}^3\text{-He}^4$. Смещение λ -точки и особенности эффекта переноса // ЖЭТФ, 1950, 20, с. 748–759.
40. Есельсон Б.Н., Березняк Н.Г. Диаграмма состояния «жидкость – пар» системы изотопов гелия ($\text{He}^3\text{-He}^4$) // Там же, 1956, 30, с. 654–659.
41. Березняк Н.Г., Богоявленский И.В., Есельсон Б.Н. К диаграмме равновесия «жидкость – кристалл» системы $\text{He}^3\text{-He}^4$ // Там же, – 1963, 45, с. 486–490.
42. Григорьев В.Н., Есельсон Б.Н., Михеев В.А., Шульман Ю.Е. Квантовая диффузия примесей He^3 в твердом He^4 // Письма в ЖЭТФ, 1973, 17, с. 25.
43. Григорьев В.Н., Есельсон Б.Н., Михеев В.А. Обнаружение и исследование квантовой диффузии в твердых растворах изотопов гелия // Физ. низких температур, 1975, 1, с. 5–26.
44. Есельсон Б.Н., Михеев В.А., Григорьев В.Н., Михин Н.П. Квантовая диффузия примесей He^3 в твердом He^4 // ЖЭТФ, 1978, 74, с. 2307.
45. Коган В.С. Изотопические эффекты в структурных свойствах твердых тел // УФН, 1962, 7, с. 570–617.
46. Боровик Е.С., Лазарев Б.Г., Федорова М.Ф., Цин Н.М. Улучшение характеристик диффузионных насосов применением охлажденных жидким азотом ловушек // Укр. физ. журн., 1957, 2, с. 87–94.
47. Лазарев Б.Г., Боровик Е.С., Федорова М.Ф., Цин Н.М. Водородный конденсационный насос // Там же, 7, с. 175–182.
48. Лазарев Б.Г., Федорова М.Ф. Вакуумный адсорбционный насос // Журн. техн. физики, 1959, 29, вып. 7.
49. Боровик Е.С., Гришин С.Ф., Лазарев Б.Г. О предельном вакууме конденсационных насосов // Приборы и техника эксперимента, 1969, №1, с. 115–118.
50. Юферов Б.В., Кобзев П.М., Гласов Б.В. Безмасляная откачка больших объемов до 10^{13} тор только криогенными насосами // ЖЭТФ, 1970, 40, с. 592–599.
51. Гришин С.Ф., Гришина Е.Я., Коваленко В.А. и др. Экономичные конденсационные и адсорбционные насосы ГСВ-250 // Вопр. атом. науки и техники. Сер. физика и техника высококого вакуума, 1976, вып. 2, с. 37–39.

52. Гришин С.Ф., Гришина Е.Я., Чернышенко В.Я., Коваленко В.А. Получение ультравысокого вакуума 10^{-13} мм рт.ст. с помощью конденсационных насосов // ЖЭТФ, 1971, 41, вып. 7, с. 1519–1524.
53. Борис Иеремиевич Веркин. – К.: Наук. думка, 1989.
54. Физика конденсированного состояния. – К.: Наук. думка, 1985.
55. Криогенная техника. – К.: Наук. думка, 1985.
56. Веркин Б.И., Лазарев Б.Г., Руденко Н.С. Магнитные свойства материалов при низких температурах. 1. Периодическое изменение магнитной восприимчивости монокристаллов кадмия, бериллия, магния, олова и индия в зависимости от напряженности магнитного поля // ЖЭТФ, 1950, 20, вып. 11, с. 995–1010.
57. Веркин Б.И., Михайлов И.Ф. Магнитные свойства металлов при низких температурах. 2. Зависимость магнитной восприимчивости монокристаллов цинка от напряженности магнитного поля в области температур от 20,4 до 300 К // Там же, 1953, 24, вып. 3, с. 342–346.
58. Веркин Б.И., Михайлов И.Ф. Магнитные свойства металлов при низких температурах. 3. О форме огибающей для кривых “периодической” зависимости восприимчивости металлов от поля // Там же, 25, вып. 4, с. 471–478.
59. Дмитренко И.М., Веркин Б.И., Лазарев Б.Г. Магнитные свойства металлов при низких температурах. 4. Влияние всестороннего сжатия на эффект де Гааза-ван Альфена у кристаллов цинка // Там же, – 1958, 35, вып. 2, с. 328–339.
60. Александров Б.Н., Веркин Б.И., Лазарев Б.Г. Получение чистых металлов методом зонной кристаллизации // Физика металлов и металловедение, 1956, 2, вып. 1, с. 93–104.
61. Александров Б.Н., Веркин Б.И., Свечкарев И.В. Температурная зависимость магнитной восприимчивости кристаллов индия, свинца и олова // ЖЭТФ, 1960, 39, вып. 1, с. 37–43.
62. Веркин Б.И., Дмитренко И.М., Свечкарев И.В. Магнитные свойства бериллия при температурах от 300 до 4,2 К // Там же, 1961, 40, вып. 2, с. 670–671.
63. Веркин Б.І., Свечкарєв І.В. Температури залежність магнітної сприйнятливості монокристалів калію, магнію та кальцію // Укр. фіз. журн., 1962, 7, №3, с. 322–326.
64. Веркин Б.И., Свечкарев И.В. Магнитные свойства сплавов индия // ЖЭТФ, 1964, 47, вып. 8, с. 404–413.
65. Веркин Б.И., Кузьмичева Л.Б., Свечкарев И.В. Магнитные свойства металлов. 3 // ЖЭТФ, 1967, 6, вып. 7, с. 757–759.
66. Янсон И.К., Свистунов В.М., Дмитренко И.М. Экспериментальное наблюдение туннельного эффекта для куперовских пар с излучением фотонов // ЖЭТФ, 1965, 48, вып. 3, с. 976–979.
67. Янсон И.К. Нелинейные эффекты в электроводности точных контактов и электрон-фононное взаимодействие в нормальных металлах // ЖЭТФ, 1974, 66, вып. 3, с. 1035–1049.
68. Багров П.Н., Веркин Б.И., Долгополов Д.Г. Определение коэффициента диффузии в жидкости методом насыщения из газовой фазы // Журн. физ. химии, 1956, 30, вып. 2, с. 476–478.
69. Веркин Б.И., Кириченко Ю.А., Русанов К.В. Теплообмен при кипении криогенных жидкостей. – К.: Наук. думка, 1987.
70. Веркин Б.И., Кириченко Ю.А., Русанов К.В. Теплообмен при кипении в полях массовых сил различной интенсивности. – К.: Наук. думка, 1988.
71. Веркин Б.П., Гетманец В.Ф., Михальченко Р.С. Теплофизика низкотемпературного сублимационного охлаждения. – К.: Наук. думка, 1980.
72. Криокристаллы. – К.: Наук. думка, 1983.
73. Свойства конденсированных фаз водорода и кислорода. – К.: Наук. думка, 1986.
74. Веркин Б.И., Янсон И.К., Суходуб Л.Ф., Теплицкий А.Б. Взаимодействия молекул. Новые экспериментальные подходы и методы. – К.: Наук. думка, 1985.
75. Методы получения и измерения низких и сверхнизких температур. – К.: Наук. думка, 1987.
76. Веркин Б.И., Никитин В.А., Бойко К.В. Низкие температуры в стоматологии. – К.: Наук. думка, 1990.
77. Кириченко Ю.А., Веркин Б.І. Імітація невагомості і слабких гравітаційних полів для дослідження теплообміну при кипінні // Доп. АН УРСР. Сер. А, 1968, №7, с. 637–640.
78. Криогенное машиностроение. – К.: Наук. думка, 1980.
79. Криогенные системы: разработки и исследования. – К.: Наук. думка, 1984.
80. Новая «профессия» азота. – Харьков: Прапор, 1985.
81. Веркин Б.И., Пустовалов В.В. Низкотемпературные исследования пластичности и прочности: Приборы, техника, методы. – М.: Энергоиздат, 1982.

ХАРКІВСЬКА ШКОЛА ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ

Поняття «харківська школа теоретичної фізики», або «харківська теоретична школа» міцно ввійшли в понятійний апарат фізики, позначивши ту неформальну спільноту теоретиків, що сформувалася в Харкові в 30–60 роки. Вона пройшла непростий шлях еволюції, нараховує кілька поколінь фізиків, давши життя низці дочірних наукових шкіл, однак при цьому завжди зберігала своє ядро, високий рівень теоретичних досліджень, їх тісний зв'язок з експериментом,

фундаментальність одержуваних результатів, традиції, стиль і цілісність. Тому про цю школу можна говорити як про своєрідний харківський теоретичний феномен – виняткове явище в теоретичній фізиці. Вивчення джерел цього феномена, його розвитку, досвіду функціонування може виявитися корисним для пізнання закономірностей колективної творчості, реконструкції шляхів формування нового знання, історії становлення теоретичної фізики в Україні.

НАУКОВА ШКОЛА Л.Д. ЛАНДАУ

Початок харківській теоретичній школі поклав у 30-ті роки видатний фізик Л.Д. Ландау (1908–1968), один з найяскравіших представників теоретичної фізики взагалі та один з останніх великих теоретиків-універсалів, що справив значний вплив на формування й утвердження її стилю. Він увійшов в історію науки як видатний учений, талановитий педагог, вихователь кадрів теоретиків, творець не тільки оригінальної системи їх ефективної підготовки, але й великої, авторитетної теоретичної школи зі своїм стилем, почерком, традиціями, від чого його роль у фізиці ще більше зросла.

Людина величезного творчого потенціалу, теоретик дуже широкого профілю, один з тих учених, який одержав істотні результати в квантовій механіці, фізиці твердого тіла, фізичній кінетиці, магнетизмі, теорії ядра, фізиці космічних променів, теорії плазми, теорії елементарних частинок, гідродинаміці [1–7].

«...Ландау був фізиком надекстракласу, – відзначав В.Л. Гінзбург. – Це був ви-

нятково унікальний фізик... І якщо я виділяю Ландау з усіх тому, що оцінка його «класу» складається з багатьох інгредієнтів. По-перше, це наукові досягнення, вони першокласні, це квантова теорія рідин (зокрема, теорія надплинності гелію), теорія фазових переходів і низка інших чудових робіт. По-друге, це рідкісна універсальність знань, знання всієї фізики. І, по-третє, він був учителем з великої літери, учителем за покликанням. Добуток трьох таких множників винятково великий» [4, с. 117–118].

Цій оцінці близька й характеристика, дана Л.Д. Ландау його учнем В.Б. Берестецьким:

«Л.Д. Ландау посідає в сучасній теоретичній фізиці одне з найвидатніших місць, – писав він у 1958 р. – Його роботи, що охоплюють всі галузі теоретичної фізики – від гідродинаміки до теорії елементарних частинок і від астрофізики до фізики низьких температур, започаткували низку напрямів і викликали сотні теоретичних та експериментальних досліджень. Незвичайна широта наукових інтересів і наукової творчості є однією з найхарактерніших його властивостей... Ландау – одна з деяких фігур у світовій науці, що персоніфікують собою теоретичну фізику вцілому, її методи та єдність. Широта Ландау не зводиться до широти фронту його робіт і до його дивної здатності проявляти однакову зацікавленість і компетентність у різних питаннях, як великих так і малих... Широта Ландау

проявляється в його підході до кожної задачі, в неупередженості думки, що дозволяє йому розглядати кожне питання тільки посути, тільки «методом теорфізики», ігноруючи тиск сформованих думок і способів підходу, максимально спростити, «тривілізувати» його. І з разючою безінерційністю залишити свою точку зору, якщо вона виявилася неправильною або застарілою в світлі нових фактів... Ландау створив велику наукову школу, представники якої успішно працюють в різних галузях теоретичної фізики. Природно, не всі з них успадкували широту наукового фронту Ландау. Деякі з його учнів, перебуваючи на крайніх флангах теоретичної фізики, займаючись термодинамікою або теорією поля, вже мало розуміють один одного. Але Ландау добре розумів всіх. Керівна роль Ландау не обмежується сферою його безпосередніх учнів. Його поради й критика відіграють істотну роль для значно більш широкого кола радянських теоретиків. І високий рівень радянської теоретичної фізики в цілому в значній мірі є заслугою Ландау» [5, с. 615–616].

Л.Д. Ландау – це яскравий талант, видатний критичний розум, наукова принциповість і безкомпромісність, доброзичливість і справедливість, самодисципліна, демократичність, товарицькість і доступність, науковий ентузіазм. Характерні риси Ландау як фізика відзначає його учень О.О. Абрикосов:

«Незвичайна широта наукових інтересів і наукової творчості Л.Д. Ландау, ясність і неупередженість його думки, видатна здатність завжди правильно виділити з нагромадження теорій і фактів суть розглядуваного питання, вміння чітко поставити задачу дослідження і максимально спростити її, а потім, нарешті, витончено розв'язати поставлену проблему – ось найхарактерніші якості цього видатного вченого» [6, с. 21].

Діяльність Л.Д. Ландау як учителя почалася в Харкові, де в 1932–1937 рр. він очолював теоретичний відділ Українського фізико-технічного інституту (УФТІ) та одночасно був завідувачем кафедри теоретичної фізики Харківського механіко-ма-

шинобудівного інституту (нині – Національний політехнічний університет), а з 1935 р. – кафедри загальної фізики Харківського університету. Вже з самого початку, в 1932 р., цілі Л.Д. Ландау було чітко визначено: створення теоретичного відділу, виявлення творчої молоді та робота з нею, наукова діяльність в теоретичній фізиці, педагогічна робота в харківських вузах, організація семінару, написання книг і оглядів з теоретичної та загальної фізики, взаємодія з експериментаторами Інституту. І все це він повністю реалізував у короткий термін. Теоретичний відділ, на думку Л.Д. Ландау, повинен бути не зібранням «вільних художників-теоретиків», а єдиним цілим в організаційному сенсі, з твердою дисципліною, обов'язковою задачею співробітниками відділу своєрідних іспитів з теоретичної фізики, участю в теоретичному семінарі та наполегливій науковій праці.

Харківський період був для Л.Д. Ландау в науковому відношенні напруженим і плідним. Знаменним він був також тим, що саме тут почалася реалізація його ідей по навчанню теоретичній фізиці, тут було започатковано і закладено основи його теоретичної школи. Варто зазначити, що вже тоді особистість Л.Д. Ландау приваблювала творчу молодь. Його товарицькість і доступність, постійна готовність обговорювати фізичні проблеми привели до того, що навколо нього утворилося невелике коло осіб, що цікавилися фізикою і бажали з ним працювати. Однак Л.Д. Ландау чітко розумів, що багато з них не мають достатньої професійної підготовки, щоб працювати в теоретичній фізиці «на рівні». Тому він почав (1933) створювати програми

того мінімуму знань з теоретичної фізики та низки розділів математики, оволодіння якими є обов'язковим для молодих фізиків-теоретиків (теормінімум Ландау).

«Питання навчання теоретичній фізиці, як і фізиці вцілому, зацікавили його ще зовсім молодим, – згадував Є.М. Ліфшиц. – Саме тут, у Харкові, він уперше став розробляти програми теоретичного мінімуму – основних знань з теоретичної фізики, необхідних для фізиків-експериментаторів, і окремо, для тих, хто хотів присвятити себе професійній дослідній роботі в теоретичній фізиці. Не обмежуючись розробкою одних тільки програм, він читав лекції з теоретичної фізики для співробітників УФТІ, а на фізмехі – для студентів. Захоплений ідеями перебудови викладання фізики в цілому, він прийняв завідування кафедрою загальної фізики в ХДУ...» [1, т. 2, с. 431].

Велике значення надавав Л.Д. Ландау оволодінню фізиком-теоретиком математичною технікою, вмінню вирішувати конкретні математичні задачі. Він вважав, що без вільного володіння математичним апаратом у теоретичній фізиці робити нічого. Причому ступінь володіння повинний бути таким, щоб виникаючі математичні труднощі не відволікали уваги і не вводили вбик від фізичного змісту задачі. Мистецтво ж володіння технікою обчислень могло бути досягнуто тільки достатніми тренуваннями. І перше, що вимагалось від претендентів у теоретики, – це витримати випробування з математики в її практичних аспектах. Хто успішно проходив через це випробування, той міг приступити до задачі іспитів з фізичної частини програми теормінімуму, що включала основні знання з семи розділів теоретичної фізики: механіки, теорії поля, квантової механіки, статистичної фізики, механіки суцільного середовища, електродинаміки та релятивістської квантової теорії. На думку Л.Д. Лан-

дау, цими знаннями повинні володіти всі теоретики незалежно від майбутньої спеціальності. Цікаво знати висловлювання про теормінімум самого Л.Д. Ландау, яке він зробив в лютому 1961 р. на зустрічі зі студентами Московського фізико-технічного інституту:

«Кілька слів про мінімум теоретичних знань для початкуючого фахівця. Це взагалі справа смаку керівника студента. Без керівництва ввійти в науку дуже важко, хоч і не неможливо. Найпростіший спосіб потрапити в науку – вузівська освіта. Вузівські вимоги, на жаль, дуже низькі. Я винайшов деякий теоретичний мінімум, що більше вузівського приблизно відсотків на 30. Робити науку – важка річ. Освоєння існуючої теоретичної фізики для здібної людини легше завдання, ніж власна наукова праця. Бажаючому здати теоретичний мінімум... пропонується здати дев'ять іспитів: два з математики, один з них вступний, і сім з теоретичної фізики. Мене цікавить, наприклад, щоб людина вміла проінтегрувати диференціальне рівняння. Математична ж лірика мало цікава... Добре працюючи у вузі необхідно для здачі всіх іспитів приблизно місяця три. Для нетямущого фізики (був і такий випадок у моїй практиці) потрібно рік за умови, що той, хто складає ці іспити, нічим іншим займатися не буде... Якщо я помічу здібного юнака, то вважаю своїм обов'язком допомогти йому ввійти в науку» [4, с. 122].

Л.Д. Ландау багатьом допоміг увійти у велику науку, залучив їх своїм ентузіазмом, працею, порадами та установками, своїм прикладом. Оволодіння його теормінімумам стало одним з найбільш прямих способів входження в постійний науковий контакт із ним. Можна сказати, що теормінімум був тією основою, на якій виникла його наукова школа. Практично всі його учні й співробітники, що утворили цю школу, пройшли через теормінімум. І це дало підставу І.М. Халатникову написати:

«Школа Ландау виникла не стихійно, вона була задумана, запрограмована, як тепер кажуть, а теормінімум став механіз-

мом, що дозволяв проводити протягом багатьох років селекційну роботу – збирання талантів» [4, с. 111].

Теормінімум – це свого роду неофіційний фізичний університет, закінчивши який молодий теоретик у більшості випадків входив до кола учнів Л.Д. Ландау і ставав членом його школи. Спершу Л.Д. Ландау сам приймав всі іспити з теормінімуму, але коли кількість бажаючих екзамінуватися стало значною, почав залучати до іспитів своїх найближчих співробітників, залишаючи при цьому за собою перше знайомство з «вступником до школи». Всього за період з 1933 по 1961 р. через це випробування пройшли 42 чоловіка, і їм Л.Д. Ландау щедро віддавав свій час і надавав більшу свободу у виборі тематики. Список, хто повністю здав теормінімум, складено в 1961 р. самим Л.Д. Ландау. Це Компанеєць (1933), Ліфшиц Є.М. (1934), Ахієзер (1935), Померанчук (1935), Тісса (1935), Берестецький (1939), Смородинський (1940), Халатников (1941), Хуцішвілі, Тер-Мартirosян (1947), Абрікосов (1947), Йоффе (1949), Жарков (1950), Лапідус (1950), Судаків (1951), Каган (1951), Герштейн (1952), Горьков (1953), Дзялошинський (1953), Архіпов (1954), Балашов (1954), Веденов (1955), Максимов (1955), Пітаєвський (1955), Сагдєєв (1955), Бекаревич (1955), Іванчик (1956), Бичков (1957), Шаповал (1958), Фальковський (1959), Андреев (1959), Кондратенко (1959), Русінов (1959), Марінов (1960), Берков (1960), Мелік-Бархударов (1960), Москаленко (1961), Ігнатович (1961), Будько (1961), Манько (1961), Малкін (1961), Колибасов (1961).

*Список люб'язно надано автору Л.П. Пітаєвським. У дужках зазначено дату остаточної задачі теормінімуму.

Л.Д. Ландау вимагав від своїх учнів знання основ всіх методів сучасної теоретичної фізики, і тільки після оволодіння ними вони могли займатися конкретними фізичними задачами, обов'язково поєднуючи наукову роботу з викладацькою, причому курси, які вони читали, щоразу мінялися, так що молоді теоретики ставали фахівцями широкого профілю. Л.Д. Ландау вважав, що теоретик повинен начорно знати всю теоретичну фізику і викладацька діяльність повинна йому в цьому допомогти.

Органічно пов'язаним з теормінімум був і багатотомний курс теоретичної фізики, написаний Л.Д. Ландау з найближчим учнем Є.М. Ліфшицем, що являв собою серію монографій, в якому давалося сучасне викладення основних розділів теоретичної фізики. Ідея курсу народилася в Харкові, там же почалася її реалізація [7]. Вже в ті далекі роки, добре уявляючи собі теоретичну фізику як єдину цілісну дисципліну зі своєю логікою та загальними принципами, Л.Д. Ландау вирішив відтворити її у вигляді повного курсу, тісно пов'язаного з його програмою теормінімуму. Багатотомний курс теорфізики, практично завершений ще при його житті, являв по суті енциклопедію теоретичної фізики і водночас свого роду систематичне керівництво для молоді, яка спеціалізується з теофізики, та методичний посібник для науковців, аспірантів і студентів. Книги курсу стали настільними, вони неодноразово перевидавалися і перекладалися в багатьох країнах світу. Поряд з теормінімумом Ландау курс теоретичної фізики відіграв значну роль у підготовці кадрів фізиків-теоретиків у СРСР, зокрема в Україні.

Сучасній теоретичній фізиці притаманні специфічний словесний лаконізм, широке застосування математики та обчислювальної техніки, раціоналізм в обчисленнях і ще низка інших характерних прийомів. Все це можна назвати одним ємким словом – стиль сучасної теоретичної фізики. Тільки володіючи ним, а саме він у значній мірі утвердився в працях Ландау та його курсі, знайшовши саме в них яскраве та адекватне втілення, можна за словами В.Л. Гінзбурга, бути «господарем становища практично в усій теоретичній фізиці». Таким господарем становища і був Л.Д. Ландау, який допоміг слідувати цим шляхом своїм очним і заочним учням. Він був у повному розумінні науковим лідером, намагався прищепити своїм учням широту поглядів, уміння зв'язувати між собою різні проблеми фізики.

Таким чином, Л.Д. Ландау розробив строго продуману систему наукового виховання, в рамках якої і теормінімум, і курс теоретичної фізики, і семінари переслідували одну мету – підготувати кваліфікованих фахівців-теоретиків. Наскільки це вдалося йому – загальновідомо. Він виховав велику кількість учнів найвищої кваліфікації, з його школи вийшло чимало відомих теоретиків, ряд з яких створили свої власні наукові школи, тим самим передавши від нього естафету новим поколінням учнів – науковим дітям та онукам свого великого Вчителя. В харківський період учнями Л.Д. Ландау були Є.М. Ліфшиц, О.С. Компанець, О.І. Ахієзер, І.Я. Померанчук, І.М. Ліфшиц, В.Г. Левіч, В.Л. Герман та інші, які започаткували його школу. Тематика її була актуальною

та включала широке коло проблем з фізики твердого тіла, ядерної фізики, квантової електродинаміки, фізики плазми, термодинаміки, астрофізики.

В ті роки Л.Д. Ландау і його учні виконали низку важливих фундаментальних робіт. Так, в 1935 р. у статті «До теорії дисперсії магнітної проникності феромагнітних тіл» [1, т. 1, с. 128–143], написаної разом з Є.М. Ліфшицем, Л.Д. Ландау розвинув послідовну й строгую термодинамічну теорію доменної структури феромагнетиків і теорію дисперсії їх магнітної проникності у змінному магнітному полі, встановив рівняння руху магнітного моменту домена в змінному полі (рівняння Ландау – Ліфшица), побудував теорію феромагнітного резонансу. Л.Д. Ландау одним з перших ввів (1933) поняття про антиферомагнетизм як особливу фазу магнетиків [1, т. 1, с. 97–101] і незабаром після виявлення цього явища Л.В. Шубниковим дав його теорію. В 1937 р. він розробив теорію проміжного стану надпровідників, показавши, що в цьому стані надпровідник складається з послідовних шарів нормальної та надпровідної фаз. Разом з І.Я. Померанчуком Л.Д. Ландау виконав в 1937 р. цікаву роботу «Про властивості металів при дуже низьких температурах» [1, т. 1, с. 208–221]. В 1934 р. Л.Д. Ландау і Є.М. Ліфшиц створили теорію утворення електронно-позитронних пар при зіткненні швидких заряджених частинок (до цього досліджувався тільки механізм утворення пар фотонами) [1, т. 1, с. 110–122]. В 1936 р. Л.Д. Ландау, О.І. Ахієзер і І.Я. Померанчук розв'язали задачу розсіяння світла світлом в області високих частот, коли побудова функції Ла-

гранжа електромагнітного поля неможлива [1, т. 1, с. 222–223]. Велике значення мала робота Л.Д.Ландау «Кінетичне рівняння у випадку кулонівської взаємодії» (1936) [1, т. 1, с. 199–207], у якій виведено кінетичне рівняння для плазми у випадку кулонівської взаємодії та встановлено вигляд інтеграла зіткнень для заряджених частинок. Це рівняння разом з рівнянням Власова (1938) лежить в основі теорії релаксаційних процесів у плазмі.

Велике значення надавав Л.Д.Ландау зв'язкам з експериментаторами, які ніколи не переривалися. Найтіснішими були його контакти з Л.В.Шубниковим, який керував у ті роки в УФТІ криогенною лабораторією. Не було жодної цікавої роботи в цій лабораторії, яка б не обговорювалася з Л.Д.Ландау.

Однак на початку 1937 р. обстановка навколо Л.Д.Ландау ускладнилася, вона нагніталася штучно його недоброзичливцями, і він змушений був переїхати до Москви, залишивши Харківський університет і УФТІ. В лютому 1937 р. у Москві він очолив теоретичний відділ Інституту фізичних проблем АН СРСР. Однак неприємності продовжували переслідувати Л.Д.Ландау. Його заарештували і тільки завдяки втручання П.Л.Капіці та Н.Бора, які звернулися з листом до Сталіна, він був звільнений. Але 1938 р. було загублено як для Л.Д.Ландау, так і для теоретичної фізики.

Потім почалися його активна наукова діяльність і надзвичайно ефективна робота з відбору та виховання молодих теоретиків, з подальшого формування наукової школи й створення курсу теоретичної фізики. Ця діяльність ніби підтверджувала

безглуздість і несправедливість обвинувачень, висунутих Л.Д.Ландау та іншим його колегам сталінським режимом, зокрема його другу Л.В.Шубникову.

В Москві багатогранна наукова діяльність Л.Д.Ландау досягла повного розквіту, тривало інтенсивне формування і розвиток його школи. Московську гілку школи Ландау, крім його харківських учнів Є.М.Ліфшица, І.Я.Померанчука та О.С.Компанейця, які слідом за своїм учителем переїхали до Москви, представляють А.Б.Мігдал, І.М.Халатников, О.О.Абрікосов, О.Ф.Андреев, С.С.Герштейн, Л.П.Горьков, В.Н.Грібов, І.Є.Дзялошінський, Л.П.Пітаєвський, В.Б.Берестецький, О.О.Веденов, Я.А.Смородинський, К.А.Тер-Мартиросян, І.М.Шмушкевич та ін. Школа активно розвивалася та відігравала помітну роль у радянській і світовій теоретичній фізиці.

Необхідно також сказати, що формуванню та розвитку школи Л.Д.Ландау в значній мірі сприяли також організовані ним теоретичні семінари (харківський і московський). На семінарах доповідалися оригінальні роботи й реферувалися статті з найавторитетніших фізичних журналів. Саме тут і виявлялася та універсальна підготовка, яку давав теоремінімум. Як відомо, фізичні журнали Л.Д.Ландау не читав, тому семінар швидко перетворювався в творчу лабораторію, в якій учні Ландау, постачаючи його науковою інформацією, вчилися в нього глибокому критичному аналізу фізичних проблем. Семінар для Л.Д.Ландау був роботою, до якої він серйозно готувався. Зробити доповідь на семінарі було важко, але почесно.

Доповідач піддавався ніби допиту з пристрасстю. Учасникам дозволялося перебивати його. Скоріше це була не доповідь, а діалог між доповідачем і аудиторією на чолі з Л.Д. Ландау. За спогадами О.І. Ахієзера, семінар був своєрідним явищем. Це не були «пісні» збори, на яких надають слово, а потім чемно дякують. Це була скоріше «запорозька січ», на якій на доповідача, що уособлював автора, «накидався» Л.Д. Ландау зі своїми запитаннями. Відбувалася своєрідна боротьба між ним і Ландау, який вирізнявся гострим розумом і колосальним ступенем критицизму, що була дуже цікава для всіх учасників семінару. Л.Д. Ландау мав видатний критичний розум, тому його критика завжди допомагала з'ясувати істину.

«Семінари в ІФП завдяки своєму творчому активному характеру, – відзначав І.М. Халатников, – безумовно сприяли формуванню школи Ландау» [4, с. 114].

Характерною особливістю Л.Д. Ландау був його постійний науковий контакт, спілкування з своїми учнями та колегами. Він був доступний для всіх, хто хотів обговорити з ним якесь питання або звернутися за порадою. Єдиною умовою при цьому було, щоб запитувач продумав питання до кінця, був на належному науковому рівні, готовий до зустрічних запитань Л.Д. Ландау, до його гострої, проте принципової критики. В результаті творче обговорення питання виявлялося для співрозмовника надзвичайно корисним.

«У дискусії він бував гарячим і різким, але не грубим; дотепним та іронічним, не їдким, – зазначав Є.М. Ліфшиц. – ...3 роками його характер і манери ставали трохи м'якшими, але його ентузіазм до науки, безкомпромісна наукова принциповість залишалися незмінними. В усякому разі, за його зовнішньою різкістю завжди приховувалася наукова неупередженість, велике

людське серце і людська доброта. Наскільки різкою і нещадною була його критика, настільки ж ширим було його бажання сприяти своєю порадою чужому успіху й настільки ж гарячим було його схвалення» [1, т. 2, с. 434].

Л.Д. Ландау привчав своїх учнів до самостійності, він ніколи не ставив перед ними задач і не давав тем, вони повинні були самі знаходити їх. Л.Д. Ландау також ніколи не робив того, що, на його думку, повинні робити самі учні. Але коли учень, знайшовши задачу й зробивши попередні розрахунки, зупинявся на самому важкому етапі, тут у дію вступав Л.Д. Ландау, даючи ділову пораду, а подекуди проводячи серйозний розрахунок. І це було природно та виправдано.

Доступність Л.Д. Ландау ґрунтувалася на його глибокій демократичності, йому завжди були зовсім чужі пихатість, чванливість, чиношанування. Будь-який студент міг до нього звернутися з запитанням і одержати повну відповідь. А давати відповіді на будь-які фізичні запитання, швидко, часом різко, емоційно було характерною рисою Л.Д. Ландау. При цьому швидкість реакції поєднувалася з глибиною розуміння питання. Критичні судження Ландау іноді виявлялися неправильними, він не раз помилявся в оцінках деяких ідей, результатів і пропозицій, але в цілому вони були дуже корисними, а його помилки, як правило, цікавими та повчальними. І, як зазначав В.Л. Гінзбург, «ця критика була необхідним елементом у процесі створення школи» [4, с. 120].

Науковому стилю Ландау були властиві ясність і чіткість постановки питань, найбільш прямий шлях їх вирішення, прагнення складні

речі зробити простими або, як він сам говорив, «тривіалізувати» їх. Всі ознаки цього стилю мають і його роботи. Їм притаманні також чіткість і простота.

«Всі роботи Ландау вирізняються ясністю постановки задачі, витонченістю й стислістю рішення, чіткістю описання результатів», – писав О.О. Абрікосов [6, с. 22].

Л.Д. Ландау ретельно обмірковував кожну фразу, і тільки після знаходження найбільш вдалого формулювання один з учнів, з ким він у даний момент працював, записував її (як відомо, сам Ландау наукових статей не писав, а залучав до цього своїх найближчих співробітників, найчастіше Є.М. Ліфшица). Саме так відпрацювався стиль викладення, а також розв'язувалися водночас деякі питання. Це зближало Л.Д. Ландау з його вчителем Н. Бором.

Багато праць Л.Д. Ландау є спільними з його учнями, інші мали відбиток його корисних дискусій та обговорень з ними, що сприяло з'ясуванню питання, причому в цих дискусіях брали участь не тільки його прямі учні, але й учні його учнів або частіше учні І.Є. Тамма. Між школами Ландау і Тамма існувало тісне співробітництво, що знайшло відображення в спільних роботах, взаємному відвідуванні семінарів, взаємних обговореннях і т.ін. Тому не випадково ряд тамнівських учнів (В.Л. Гінзбург, Є.Л. Фейнберг, С.І. Пекар та ін.) відзначають той значний науковий вплив, який на них справили Л.Д. Ландау. Взаємодія з учнями й співробітниками була для Л.Д. Ландау життєвою потребою, передумовою його активної творчої діяльності.

«Основна його властивість полягала в тому, що його особисті роботи важко відокремити від наукової праці з його учнями,

– зазначав П.Л. Капіца. – Я собі не уявляю, як Ландау міг би так успішно працювати в такій кількості галузей фізики без своїх учнів. Ця робота здійснювалася в безперервних бесідах і регулярних семінарах, де сам Ландау був найактивнішим членом, часто виступав і робив доповіді» [9, с. 213].

Але в 1962 р. сталося непоправне – автомобільна катастрофа зупинила наукове життя Л.Д. Ландау, і хоч його фізичне життя було чудом врятовано, він уже не міг повернутися до творчої діяльності аж до своєї смерті, що сталася 1 квітня 1968 р. Втрата виявилася справді непоправною. Адже Л.Д. Ландау був унікальною, винятковою особистістю:

«... Говорячи про винятковість Ландау, ми маємо на увазі його талант фізика, – писав В.Л. Гінзбург. – Існування таких людей, як Ландау, спонукає порушити питання про межі людських можливостей, про величезні резерви, що є в людському мозку...» [4, с. 118].

Але школа Ландау не розпалася. Більш того, вона знайшла нове життя і як і раніше продовжувала відігравати провідну роль в теоретичній фізиці, і традиції її жили і живуть у його численних учнях і послідовниках.

«Коли в 1962 р., після автомобільної катастрофи, стало ясно, що Ландау вже не повернеться до занять теоретичною фізикою, перед його найближчими співробітниками встало серйозне завдання – зберегти школу Ландау з її традиціями, – згадував І.М. Халатников. – Хоч серед учнів Ландау були вже зрілі й видатні вчені, ніхто з них не мав і думки про те, щоб замінити його як лідера. Найважливіше й найтяжче завдання полягало в збереженні високого наукового стандарту, властивого школі, в збереженні наукового колективу, який забезпечував такий стандарт. Поступово ми дійшли природного висновку, що тільки колективний розум може замінити могутній критичний розум нашого вчителя. Таким колективним розумом міг стати спеціальний інститут теоретичної фізики. Ця ідея дістала підтримку керівництва Академії наук СРСР, і восени 1964 р. Інститут теоретичної фі-

зики (ІТФ) було організовано... Інститут спочатку обмежував свої задачі теорією твердого тіла. Однак, як уже зазначалося, самого Ландау та його школу завжди вирізняла універсальність. Поступово в Інституті стали розвиватися також інші напрями: ядерна фізика й квантова теорія поля, релятивістська астрофізика, фізика плазми. Було організовано відділ математики й математичної фізики. В такому Інституті широкого профілю головною проблемою було забезпечити взаєморозуміння фахівців у різних галузях фізики. Доводилося зважати на те, що час універсалів типу Ландау закінчився. Фізика стала настільки широкою наукою, що універсальність виявилася можливою тільки в масштабах колективу. Але в цьому випадку обов'язковою була наявність у членів колективу спільної мови... Звичайно, спільної мови можна досягти тільки в невеликому колективі ретельно підібраних фахівців. Про те, що це нам удалося досягти, свідчить багато прикладів... Успіхами ми зобов'язані вже новому поколінню теоретиків, які виростили в стінах ІТФ. Поява цього нового покоління, так би мовити, учнів Ландау, є запорукою того, що справа, якій він себе присвятив, живе» [4, с. 116–117].

Варто додати, що цей Інститут по праву носить ім'я Л.Д. Ландау і очолив його учень Л.Д. Ландау – академік І.М. Халатников. Високий дослідницький стандарт школи Ландау, її стиль, дух продовжують існувати й тому, що окремі її представники (І.Я. Померанчук, О.І. Ахієзер, І.М. Ліфшиц, А.Б. Мігдал та ін.), ставши засновниками власних

теоретичних шкіл, які відгалужилися від школи Ландау ще при його житті, дбайливо зберігали й проводили в життя успадковані традиції, демонструючи тим самим наочно еволюцію школи Ландау, життєвість та ефективність її методів підготовки молодих теоретиків.

«... Методи, застосовувані ним, а тепер і його учнями, – зазначав О.О. Абрикосов, – все більше підтверджують свої виняткові переваги у вихованні наукової молоді» [8, с. 47].

Школи названих вище учнів Л.Д. Ландау почали створюватися в 50-і роки. Так, школу І.Я. Померанчука (1913–1966) було створено в Інституті теоретичної та експериментальної фізики в Москві, де він з 1946 р. керував теоретичним відділом. Основний напрямок досліджень школи – ядерна фізика, фізика високих енергій та елементарних частинок [10]. Школа А.Б. Мігдала (1911–1991) почала формуватися в Інституті атомної енергії ім. І.В. Курчатова в Москві, де він працював в 1945–1972 рр., подальший її розвиток проходив в Інституті теоретичної фізики ім. Л.Д. Ландау АН СРСР. Основний напрямок школи – фізика ядра і багаточастинкових систем, квантова теорія поля.

НАУКОВА ШКОЛА О.І. АХІЄЗЕРА

Хоч в 1937 р. Л.Д. Ландау і переїхав до Москви, однак він ніколи не припиняв зв'язки з харківськими теоретиками. Заснована ним у Харкові школа плідно розвивалася під керівництвом О.І. Ахієзера та І.М. Ліфшица, які згодом стали засновниками своїх теоретичних шкіл і розвинули харківську теоретичну школу [11]. На відміну

від фізичних шкіл І.Я. Померанчука, І.М. Ліфшица та А.Б. Мігдала, школу Ахієзера характеризує широкий тематичний спектр досліджень, що значною мірою зближає його зі своїм учителем. Один з перших учнів Ландау і яскравий послідовник у питаннях виховання молодих теоретиків, О.І. Ахієзер успадкував від свого вчителя його універсалізм.

І справді, праці Ахієзера присвячено ядерній фізиці, квантовій електродинаміці, фізиці елементарних частинок, фізиці плазми, магнітній гідродинаміці, фізиці твердого тіла, магнетизму, історії й філософським питанням фізики [12, 13].

«Одним з керівників харківської школи фізиків-теоретиків є академік НАН України О.І. Ахієзер, — пише В.Г. Бар'яхтар. — Багато з його учнів активно й плідно працюють у різних галузях теоретичної фізики, деякі з них уже самі стали засновниками наукових шкіл. О.І. Ахієзер є справжнім фізиком-універсалом, з його ім'ям пов'язаний розвиток низки нових напрямів у ядерній фізиці: з розсіяння нейтронів у кристалах, хвильових процесів у плазмі, взаємодії пучків заряджених частинок із плазмою, кінетичних процесів в антиферромагнетиках, поглинанні звуку в твердих тілах. Дух універсалізму пронизує праці й всієї школи Ахієзера, яка розробляє основні проблеми сучасної теоретичної фізики — від фундаментальних проблем космології та теорії елементарних частинок до питань прикладної фізики» [13, с. 3].

Олександр Ілліч Ахієзер (1911–2000) почав працювати в теоретичному відділі Л.Д. Ландау в Харкові в 1934 р. після закінчення Київського політехнічного інституту, де одержав спеціальність радіоінженера. Однак переконавшись, що його творчому складу природи й характеру набагато ближче теоретична фізика, ніж радіотехніка, він вирішив стати фізиком-теоретиком. Успішно здавши теормінімум, О.І. Ахієзер повністю присвятив себе теоретичним дослідженням і вже в 1936 р. разом з Л.Д. Ландау та І.Я. Померанчуком розв'язав задачу розсіяння світла світлом в області високих частот, коли побудова функції Лагранжа електромагнітного поля неможлива [1, т. 1, с. 222–223], а в 1937 р. з І.Я. Померанчуком розвинув першу кількісну теорію розсіяння фотонів полем ядра [14]. Педагогічна діяль-

ність О.І. Ахієзера розпочалася 1936 р. у Харківському електротехнічному інституті, а згодом проходила в Харківському університеті, де в 1940–1975 рр. він завідував кафедрою теоретичної фізики, а потім був професором. В університеті О.І. Ахієзер один із засновників фізико-технічного факультету, на якому організував підготовку студентів за фахом «теоретична фізика». В 1938 р. він став завідувачем теоретичного відділу УФТІ, яким керував до 1988 р., успадкувавши тим самим від свого вчителя велику справу виховання молодих теоретиків. Людина талановита, величезної ерудиції, невичерпної енергії, оптимізму, працездатності, незвичайної привабливості й доброти, який міг правильно визначити найперспективніші напрями фізики товариський, дотепний, тонко розуміючий жарт. О.І. Ахієзер став подібно до Л.Д. Ландау притягальним центром для здібної молоді.

«О.І. Ахієзер — блискучий лектор, який віддає багато сил та уваги справі викладання, — відзначав С.В. Пелетминський. — Значним є його внесок в справу підготовки кадрів найвищої кваліфікації для науки. Він один із засновників і керівників харківської школи фізиків-теоретиків. Завдяки своїй кипучій енергії, невичерпній працездатності та вмінню правильно визначити найперспективніші напрями розвитку фізики, О.І. Ахієзер підготував великий загін учених, серед яких 9 академіків і членів-кореспондентів АН України, понад 20 докторів наук. О.І. Ахієзер не тільки вчений широкого масштабу і науковий керівник, але й чарівна людина»*.

Наприкінці 30-х років О.І. Ахієзер здійснив основні роботи з вивчення взаємодії ультразвуку з кристалами. Він розвинув загальний підхід до дослідження загасання низькочастотних коливань

* Тут і далі приватне повідомлення автору.

у кристалах і побудував теорія поглинання низькочастотних звукових коливань ангармонічним кристалом [15]. Запропонований ним механізм поглинання, зумовлений модуляцією енергії квазічастинки зовнішнім полем, увійшов у літературу як «механізм поглинання Ахієзера». В 1941 р. О.І. Ахієзер та І.Я. Померанчук виконали піонерські дослідження з розсіяння повільних нейтронів кристалами і передбачили «холодні» нейтрони [16], в 1948 р. побудували теорію резонансних ядерних реакцій [17], в 1949 р. — теорію дифракційного розсіяння швидких заряджених частинок ядрами (модель Ахієзера — Померанчука) [18]. В 1944—1952 рр. О.І. Ахієзер за сумісництвом працював в Інституті атомної енергії ім. І.В. Курчатова, де разом з І.Я. Померанчуком проводив дослідження з теорії та розрахунку ядерних реакторів, зокрема, дослідження критичних розмірів мультиплікуючих систем з урахуванням скінченної довжини сповільнення нейтронів і встановлення можливих законів розсіяння повільних нейтронів ядрами. Тоді ж вийшла в світ їх монографія «Деякі питання теорії ядра» [19], що одержала широку популярність і була відзначена премією ім. Л.І. Мандельштама АН СРСР. З 1945 р. О.І. Ахієзер знову в Харкові, де сфера його наукових інтересів значно розширилася, з'явилися і перші учні. В 1948 р. разом з одним з них, Я.Б. Файнбергом, він передбачив ефект пучкової нестійкості плазми, яка пронизується електронним пучком [20]. Поряд з роботами А.О. Власова і Л.Д. Ландау в галузі плазми ця робота лежить в основі досліджень колективних процесів у ній. З початку 50-х

років починає активно формується школа фізиків-теоретиків Ахієзера.

«У післявоєнний період навколо Олександра Ілліча формується великий творчий колектив талановитих фізиків-теоретиків, — згадував С.В. Пелетминський. — Завдяки педагогічним якостям О.І. Ахієзера, його високій науковій вимогливості в поєднанні з великою добротою й почуттям гумору в теорвідділі ХФТІ склалася творча й доброзичлива обстановка, що сприяла інтенсивній роботі як природної потреби й джерела радості. В результаті в 50-х роках цей колектив фізиків-ентузіастів на чолі з О.І. Ахієзером формується в наукову школу»*.

Створенню й розвитку школи сприяла викладацька діяльність О.І. Ахієзера в Харківському університеті. Це давало йому можливість відбирати для наукової роботи найбільш здібних студентів, що цікавилися теоретичною фізикою, спочатку на кафедрі, а потім у теорвідділі інституту. Значну виховну роль при цьому відігравав і керований ним семінар. Образно й з великою теплотою про О.І. Ахієзера розповідає його найближчий учень В.Г. Бар'яхтар, розкриваючи характерні риси «ахієзерівської системи» підготовки фізиків-теоретиків.

«Олександр Ілліч безсумнівно належить до видатних енциклопедично освічених учених зі своїм неповторним стилем роботи, — зазначає В.Г. Бар'яхтар. — Він є також не менш видатним педагогом, завдяки зусиллям якого в Україні створено блискучу школу теоретичної фізики. Нині багато говорять про підготовку кадрів, необхідність органічного зв'язку університетів з Академією наук. Все це Олександр Ілліч блискуче робив у Харкові вже багато десятиків років, починаючи з кінця 40-х років. Він створив свою систему наукової творчості. Зупинюся на деяких рисах цієї системи. Олександр Ілліч, як відомо, був одним з перших учнів Л.Д. Ландау і досить швидко та успішно пройшов його «школу», здав йому теормінімум, підготував кандидатську й докторську дисертації. Блискучі природні здібності, дивна працездатність, неприборкана спрага знань зумовили те,

* Приватне повідомлення автору.

що він протягом багатьох десятиліть в повному обсязі володів всім арсеналом теоретичної фізики: концепції, результати, методи тощо. Він створив низку уявлень в теорії металів. Крім самоорганізації й самовдосконалення, зумовлених самим творчим процесом, Олександр Ілліч серйозну увагу приділяв підвищенню професіоналізму шляхом спілкування з іншими фізиками. Безсумнівно важливу роль у цій справі відіграла його взаємодія з Л.Д. Ландау й «братська» дружба з І.Я. Померанчуком. О.І. Ахієзер завжди був «відкритою системою», інтенсивно й неупереджено поглинаючи результати від «зовнішнього середовища». Ця риса Ахієзера проявлялася при відборі студентів у науку, прийомі теореміуму та в аспірантуру, у відкритому для всіх науковому семінарі високого рівня, напруженій творчій роботі у відділі.

Найпильнішу увагу приділяв О.І. Ахієзер питанням наукової етики. На перше місце він ставив право на науковий результат – інтелектуальну власність. У нього завжди були чіткі та ясні правила: хто може бути співавтором статті або звіту? Тільки ті вчені, які зробили в одержання результатів особистий внесок і глибоко розуміють проблему в цілому. О.І. Ахієзер учив своїх учнів такому поняттю, як подяка за постановку задачі, але ніколи не погоджувався бути співавтором роботи тільки за рахунок постановки задачі. Він цінував сам і виховував у нас повагу до результату колеги, оригінальності підходу, вірності слову, терпіння не міг пишномовного базікання, різко засуджував тих учених, які нав'язували свою, подекуди некомпетентну, думку іншим у вигляді прогнозів і установок на всі часи. Мені здається, що до проблем етики вчених у Ахієзера був не тільки інтуїтивний, але й системний підхід, і наукову етику він розглядав як необхідну умову стійкості наукової школи.

Як відомо, ефективність наукової школи визначається інтенсивністю самостійного творчого потенціалу її вчених. Проблеми стійкості в роботі й самостійності мислення окремих своїх учнів О.І. Ахієзер завжди приділяв найбільшу увагу. Він не тільки взагалі, але й конкретно стосовно своїх учнів відстоював право на академічні свободи. Робота в Ахієзера будувалася так, щоб об'єднати в прагненні до творчості, пізнання, а не за допомогою адміністративних рамок. І що дуже важливо, він ніколи не перешкоджав своїм учням починати «свою справу»*.

До сказаного додамо висловлювання іншого найближчого учня О.І. Ахієзера академіка НАН України О.Г. Ситенка:

«Відмітною рисою Олександра Ілліча як співавтора робіт було те, що він завжди відтворював всі складні викладки, з якими доводилося стикатися в процесі виконання роботи, і скрупульозно редагував весь текст»*.

І останнє. В перекладі з давньоєврейської його прізвище буквально перекладається, як «брат допомоги» (Ахі – *брат*, Езра, езер – *допомога*), що як не можна краще відповідає суті його людської та вчительської вдачі – допомагати молодим талановитим учням ставати фізиками-професіоналами. О.І. Ахієзер створив велику й широкопрофільну школу, яку представляють академіки НАН України В.Г. Бар'яхтар, Д.В. Волков, С.В. Пелетминський, О.Г. Ситенко, Я.Б. Файнберг, М.Ф. Шульга, О.С. Бакай, члени-кореспонденти НАН України К.М. Степанов, П.І. Фомін, доктори наук І.О. Ахієзер, Ю.А. Бережний, Г.Я. Любарський, С.В. Малеев, І.П. Мірінков, Р.В. Половін, В.А. Попов, М.П. Рекало, М.А. Савченко, Н.А. Хижняк, Н.Л. Цінцадзе, Л.А. Шишкін, Я.С. Шифрін, А.А. Яценко та ін. [11].

Дослідження школи стосуються фізики високих енергій, теорії елементарних частинок, фізики плазми, статистичної фізики, фізики твердого тіла, магнетизму. Вони сприяли розвитку низки нових напрямів, таких як теорія колективних процесів у плазмі, теорія дифракційної взаємодії ядерних частинок, фізика магнітоакустичних явищ, теорія спінових хвиль, теорія вищих симетрій, електродинаміка адронів, теорія скороченого описання необоротних процесів.

У школі передбачено дифракційне розщеплення дейтрона (О.І. Ахієзер,

О.Г. Ситенко, 1955 р.) [21, 22]. В 1958 р. О.Г. Ситенко незалежно від американського фізика Р. Глаубера розробив теорію дифракційних ядерних процесів, що враховувала ефекти багаторазового розсіяння (теорія Ситенка–Глаубера) [23]. Їстотний внесок О.Г. Ситенко зробив у теорію прямих ядерних процесів, побудувавши теорію процесів зриву [24, 25] та дослідивши розщеплення легких ядер у кулонівському полі [26] і поляризаційні явища в прямих ядерних реакціях [27].

В 40–50-і роки, коли у квантовій електродинаміці було з'ясовано причини розбіжностей і розроблено метод перенормувань, О.І. Ахієзером і його учнями розвинено теорію радіаційних поправок до низки квантово-електродинамічних ефектів в області високих енергій, обчислено й досліджено радіаційні поправки до процесів розсіяння електрона електронем і позитроном (О.І. Ахієзер, Р.В. Половін) [28], фотонародження та анігіляції пар (С.Я. Гузенко, П.І. Фомін) [29].

О.І. Ахієзер із співробітниками розглянув розсіяння електронів протонами, з'ясував властивості формфактора протона, проаналізував можливість їх визначення в дослідах з поляризованими частинками [30].

О.І. Ахієзером і його учнями В.Ф. Болдишевим і М.Ф. Шульгой було розроблено квазікласичну теорію гальмівного випромінювання й пружного розсіяння швидких частинок у монокристалах, що дозволила передбачити ефекти придушення когерентного випромінювання й значного збільшення випромінювання в умовах каналювання частинок [31]. О.І. Ахієзер і М.Ф. Шульга розвинули класичну теорію когерентного

випромінювання ультрарелятивістських електронів у кристалі [32], показали можливість динамічного хаосу при проходженні швидких заряджених частинок крізь кристал [33, 34].

Низку важливих результатів одержано в теорії полюсів Редже, вищих симетрій та електродинаміки адронів, а деякі з висунутих у школі ідей, що відносяться до внутрішніх симетрій сильних взаємодій і кваркової структури адронів, виявилися плідними у фізику елементарних частинок. Значний внесок у створення нових напрямів, заснованих на використанні теоретико-групових методів, зробив Д.В. Волков. В 1959–1960 рр. він запропонував узагальнені способи квантування релятивістських хвильових полів зі спіном [35], в 1962–1964 рр., розвиваючи теорію полюсів Редже для частинок зі спіном, установив явище «змови» полюсів Редже, що полягає в існуванні своєрідного зв'язку між різними траєкторіями Редже в амплітудах розсіяння частинок зі спіном [36]. В 1972–1977 рр. Д.В. Волков провів піонерські дослідження з суперсиметрії. Зокрема, вперше було сформульовано (1974) нове поняття суперпросторів і побудовано теорію голдстоунівських частинок і калібрувальних ферміонів [37]. У роботах Д.В. Волкова і його співробітників було сформульовано основні поняття теорії суперсиметрії й супергравітації, виходячи з яких проведено значний цикл досліджень різних варіантів суперсиметричної квантової механіки, суперсиметричної теорії поля, багатовимірних теорій гравітації й супергравітації, а також теорії струн і суперструн.

Широкого розвитку дістали дослідження з електродинаміки адро-

нів [38]. На основі $SU(3)$ -симетрії О.І. Ахієзер і М.П. Рекало сформулювали правило еквідистантності для різних електромагнітних характеристик адронів (1964). У випадку помірно сильної взаємодії, відповідальної за розщеплення мас адронів, було показано (1965) справедливості відомого співвідношення між магнітними моментами протона і нейтрона. Вони модель кварків узагальнили на електромагнітні процеси за участю адронів та встановили кваркову структуру фотона, що дозволило розвинути (1967–1968) теорію комптонівського розсіяння фотонів нуклонами та ядрами й фотоутворення нейтральних векторних мезонів на нуклонах і ядрах.

Значну роль відіграли роботи О.І. Ахієзера та його учнів – Я.Б. Файнберга, Г.Я. Любарського, Н.А. Хижняка, К.М. Степанова та інших у створенні в ХФТІ серії лінійних прискорювачів електронів і важких частинок, зокрема електронного прискорювача на енергію 2 ГеВ. Virішено принципові задачі динаміки прискорювальних частинок у полі електромагнітної хвилі та електродинаміки прискорювальних структур і їх характеристик, створено та удосконалено методи розрахунку прискорювальних систем типу хвилеводів, навантажених дисками, одержано співвідношення, що визначають дисперсійні та інші основні характеристики хвилеводів, досліджено питання динаміки заряджених частинок у полі біжучої монохроматичної хвилі, а також у полях довільної форми [39]. Зокрема, Я.Б. Файнберг розробив теорію лінійних прискорювачів на біжучій хвилі, лінійний плазмовий бетатрон і запропонував такі нові методи при-

скорення, як змінно-фазове фокусування (1953) і прискорення хвилями густини заряду в плазмі та некомпенсованих електронних і протонних пучках. В 1953 р. Г.Я. Любарський і Л.Н. Розенцвейг обґрунтували ідею створення лінійного прискорювача багатозарядних іонів на енергію 10 МеВ/нуклон.

Істотний внесок школи і в розробку теоретичних основ фізики плазми [40]. Значний комплекс досліджень пов'язано з вивченням різних електромагнітних процесів у плазмі, зокрема розвинено теорію колективних процесів у ній. В 1948 р. О.І. Ахієзер і Я.Б. Файнберг незалежно від Д. Бома й Е. Гросса (1949) передбачили пучкову нестійкість в плазмі – виникнення в ній зростаючих коливань при проходженні крізь неї пучка заряджених частинок, яка лежить в основі багатьох процесів, що протікають в плазмі, і відіграє суттєву роль у методах її нагрівання, які використовують колективні взаємодії [20].

З початку 50-х років в Інституті проводяться дослідження з кінетичної теорії коливань плазми в магнітному полі. Велике значення для розвитку цієї теорії мали роботи О.Г. Ситенка і К.М. Степанова, в яких сформульовано загальне дисперсійне рівняння для електромагнітних хвиль у рівноважній однорідній плазмі та введено тензор діелектричної проникності плазми в магнітному полі, що дозволив повністю описувати її електродинамічні властивості й досліджувати різні процеси в ній [41].

Успішний розвиток теорія статистичних та електромагнітних властивостей плазми одержала в роботах О.Г. Ситенка в подальшому в Інсти-

туті фізики та Інституті теоретичної фізики АН УРСР в Києві [42–44].

Значний внесок у фізику плазми зробив також К.М. Степанов. Він провів дослідження спектрів і загасання хвиль, які лягли в основу теоретичного розгляду різних методів нагрівання плазми електромагнітними полями до термоядерних температур [45]. У зв'язку з завданням високочастотного нагрівання плазми вивчалися процеси збудження, поширення, загасання й трансформації хвиль в неоднорідній плазмі в області високих і низьких частот (В.В. Долгополов, К.М. Степанов та ін.). Низку досліджень виконано з теорії стійкості плазми в магнітному полі. Сформульовано узагальнений енергетичний принцип для вивчення стійкості плазми (В.Ф. Алексин, В.І. Яшин, 1960 р.) [46], розглянуто черенківське й циклотронне збудження різних типів повільних хвиль у плазмі потоком заряджених частинок (К.М. Степанов, А.Б. Кіщенко, 1961 р.) [47], виявлено іонну циклотронну й конусну нестійкості плазми в адиабатичній пастці (К.М. Степанов) [48]. Загальне розв'язання питання кінетичної стійкості плазми дали О.І. Ахієзер, Г.Я. Любарський і Р.В. Половін (1961).

Значний цикл робіт присвячено вивченню нелінійних процесів у плазмі. В 1951 р. О.І. Ахієзер і Г.Я. Любарський виконали піонерське дослідження стаціонарних простих нелінійних ленгмюрівських хвиль [49]. Вивчено нелінійні поздовжні коливання однорідної й неоднорідної плазми (Р.В. Половін, К.М. Степанов) [50, 51], стаціонарні прості хвилі в холодній магнітоактивній, а також нерівноважній плазмі (О.І. Ахієзер та ін.), розвинено

детальну теорію нелінійних хвильових процесів у плазмі (О.І. Ахієзер та ін.) [52].

А.С. Бакай досліджував багатохвильові процеси взаємодії високо- і низькочастотних хвиль у плазмі, побудував самоузгоджену теорію хвиль, які повільно еволюціонують у безштовхувальній плазмі та динамічну теорію взаємодіючих хвиль [53, 54].

З фізикою плазми тісно пов'язана магнітна гідродинаміка. Тут досліджено стійкість ударних хвиль, сформульовано умову еволюційності, що дає можливість встановити критерії їх стійкості (О.І. Ахієзер, Г.Я. Любарський, Р.В. Половін, 1958) [55]. В 60-х роках почалася розробка методів дослідження нелінійних процесів у турбулентній плазмі. Побудовано квазілінійну теорію слабкої турбулентності, досліджено нелінійне розсіяння іонно-звукових коливань на електронах та іонно-звукові нестійкості. При вивченні омичного нагрівання плазми виявлено ефекти аномально високого опору плазми у випадку великих густин струму (аномальної електропровідності плазми) і швидкого (турбулентного) нагрівання плазми (Я.Б. Файнберг, В.А. Супруненко, Е.А. Сухомлін, Є.Д. Волков та ін.) [56]. В.Ф. Алексин запропонував удосконалений тип тороїдальної пастки – торсатронну магнітну системи. Розробка й створення торсатрона (а також гвинтотрона) стали важливим етапом у розвитку стелараторної програми інституту.

Роботами Я.Б. Файнберга зі співробітниками в ХФТІ закладено основи нового напрямку в фізиці плазми – нерелятивістської та релятивістської плазмової електроніки [59]. В 1957–1958 рр. Я.Б. Файнберг з учнями

експериментально відкрив пучкову нестійкість плазми. Було визначено її основні характеристики й розроблено методи керування пучковими нестійкостями й теорію (Я.Б. Файнберг, А.К. Березин, Є.А. Корнілов, В.І. Курилко, В.Д. Шапіро) [57]. Експериментальні й теоретичні дослідження, проведені під керівництвом Я.Б. Файнберга в очолюваному ним відділі плазмової електроніки Інституту, привели також до низки інших відкриттів. Виявлено плазмово-пучковий розряд, новий вид безштовхувального нагрівання плазми – пучкове нагрівання, запропоновано методи керування потоковими нестійкості та НВЧ стабілізації мікронестійкостей плазми. Розроблено плазмові генератори мілі- і субміліметрових діапазонів, а також лазери, що використовують ефекти колективних взаємодій з плазмою. Виконано перші дослідження з нелінійної теорії взаємодії релятивістських пучків електронів із плазмою й показано високу ефективність такої взаємодії (Я.Б. Файнберг, В.Д. Шапіро, 1965; Я.Б. Файнберг, В.Д. Шапіро, В.І. Шевченко, 1969) [58].

Я.Б. Файнберг відомий не тільки своїм фундаментальним внеском у фізику плазми й прискорювану техніку. Від своїх учителів О.І. Ахієзера й К.Д. Синельникова він запозичив їхнє прагнення до виховання наукової зміни, поєднання наукової діяльності з педагогічною (в 1963–1972 рр. він – професор Харківського університету).

«Основною рисою творчості Я.Б. Файнберга є новизна й сміливість наукових ідей, їх всебічна теоретична розробка, що завершується, як правило, експериментальною перевіркою під його керівництвом і за безпосередньою участю, – пише А.К. Березин. – Характерна риса діяльності Я.Б. Файнберга – цілеспрямованість

теоретичних досліджень, завжди пов'язаних з вирішенням найактуальніших і прикладних завдань» [59, с. 3].

Широка ерудиція, енциклопедичність знань, інтелігентність і доброзичливість, які поєднувалися з принциповістю, строга критичність, прагнення до ясності й проникнення у фізичну суть розглядуваних питань і, безумовно, обдарованість залучали до Я.Б. Файнберга творчу молодь. Все це й сприяло формуванню його теоретично-експериментальної наукової школи з плазмової електроніки та фізики і техніки прискорювачів. Її представляють Н.А. Хижняк, Ю.П. Бліох, В.Д. Шапіро, В.І. Шевченко, В.І. Курилко, С.С. Моїсеєв, І.Ф. Харченко, А.К. Березин, Ю.В. Ткач, Є.А. Корнілов та ін.

Істотний внесок зроблено О.І. Ахієзером і його учнями в теорію магнетизму, визначивши, зокрема, сучасний рівень теорії кінетичних і релаксаційних явищ у магнітовпорядкованих кристалах. На основі розвинутого (1946) О.І. Ахієзером уявлення про взаємодіючі спінові хвилі – магнони побудовано теорію кінетичних релаксаційних і височастотних процесів у феродіелектриках (О.І. Ахієзер, В.Г. Бар'яхтар, С.В. Пелетминський, 1959 р.) [61] і теорія зв'язаних магнітоакустичних хвиль, а також передбачено (1956) нове явище – магнітоакустичний резонанс (О.І. Ахієзер, В.Г. Бар'яхтар, С.В. Пелетминський) [62, 63]. Розроблено теорію магнітоакустичного резонансу в антиферомагнетиках різних типів у зовнішньому магнітному полі (В.Г. Бар'яхтар та ін., 1964 р.) [64]. В подальшому в теорії магнетизму активно і плідно працював В.Г. Бар'яхтар.

Вперше досліджено нелінійні процеси в спіновій системі – спінові

хвилі великої амплітуди й нелінійний магнітоакустичний резонанс (О.С. Бакай, В.Г. Бар'яхтар, 1970 р.). Докладно вивчено процеси пружного й непружного розсіяння повільних нейтронів у феро- та антиферомагнетиках (В.Г. Бар'яхтар та ін., 1962 р.) [65]. Вперше досліджено флуктуації й розсіяння електромагнітних хвиль на коливаннях магнітної системи (О.І. Ахієзер, Ю.Л. Болотин, 1967 р.) [66], передбачено комбінаційне розсіяння звуку на спінових хвилях (О.І. Ахієзер, Л.Н. Давидов, 1968 р.) [67].

Значна увага приділялася вивченню фазових переходів у магнетиках. Побудовано теорію критичних явищ і аномального розсіяння нейтронів поблизу точок фазових переходів (І.О. Ахієзер, 1968 р.), передбачено температурний магнітоакустичний резонанс (І.О. Ахієзер, 1972 р.). Поряд з магнітними діелектриками вивчалися феро- та антиферомагнітні метали. Вперше експериментально пояснено температурні спостережувані залежності намагніченості заліза й нікелю та ширина лінії феромагнітного резонансу в нікелі. Запропоновано мікроскопічне пояснення антиферомагнетизму металів на основі моделі колективізованих електронів (О.І. Ахієзер, Д.П. Белозоров та ін., 1975–1976 рр.). Побудовано модель стонерівського спінового скла (І.О. Ахієзер, Д.П. Белозоров, 1987–1989 рр.).

Значний цикл досліджень в теорії магнетизму, зокрема доменної структури у феро- та антиферомагнетиках, провів В.Г. Бар'яхтар зі співробітниками вже в Донецькому фізико-технічному інституті АН УРСР [60], а потім у фізичних інститутах у Києві [68–71].

До робіт з теорії магнетизму долучаються дослідження інших типів упорядкувань в твердому тілі – сегнетомагнетизму, феропружності. Побудовано теорію високочастотних властивостей сегнетомагнетиків і феропружних кристалів (О.І. Ахієзер, 1970 р.) [72]. Виконано роботи з теорії нелінійних хвиль в магнітовпорядкованих кристалах (О.І. Ахієзер, А.Є. Боровик, 1967 р.) [73]. В продовження основної роботи [15] з теорії поглинання звуку в діелектриках і металах (1938) О.І. Ахієзер, О.І. Каганов і Г.Я. Любарський розвинули теорію поглинання ультразвуку в металах, що започаткувала дослідження з електронної акустики в СРСР (1957) [74].

Фундаментальні роботи з статистичної фізики й фізичної кінетики здійснено С.В. Пелетминським, одним з найближчих учнів Ахієзера. С.В. Пелетминський у 60–70-і роки виконав важливі дослідження з статистичної механіки, присвячені побудові загального методу скороченого описання для широкого класу макроскопічних систем. В основі його, що сягає робіт М.М. Боголюбова, лежать такі загальні принципи статистичної механіки, як принцип просторового ослаблення кореляцій та ергодичні співвідношення (С.В. Пелетминський, А.А. Яценко та ін.) [75]. На основі запропонованої Л.Д. Ландау концепції фермі-рідини С.В. Пелетминський та його співробітники побудували полуфеноменологічну теорію надплинних систем з синглетним і триплітним спарюванням [76] і теорію довгих нерівноважних флуктуацій. Вивчено явища надплинності й надпровідності при наявності зв'язаних станів ферміонів вище точки переходу (О.І. Ахієзер, С.В. Пелетминський, А.А. Яценко)

[77]. У роботах С.В. Пелетмінського та інших на основі концепції квазі-середніх М.М. Боголюбова розвинено підхід до побудови гідродинаміки надплинної рідини з врахуванням дисипативних процесів [78].

Одне з невирішених питань статистичної механіки від часу її виникнення було питання про побудову нерівноважної ентропії при наявності взаємодії між частинками. Воно розв'язано в 1974–1978 рр. С.В. Пелетмінським, який на основі методу скороченого описання макросистем знайшов загальний вираз для великоструктурної ентропії, узагальнюючий відому формулу Больцмана для ентропії ідеального газу [79]. Він також створив власну наукову школу, яку долідила А.С. Литвинко [80].

Важливий цикл досліджень школи О.І. Ахієзера відноситься до радіаційної фізики, що виникла на стику ядерної фізики й фізики твердого тіла. В ній розвинено кінетичну теорію каскадів зіткнень, збуджуваних у твердому тілі швидкими частинками, а також теорію гальмування іонів у речовині [81].

Чимало праць О.І. Ахієзера стосується історії фізики, зокрема історії фізики елементарних частинок (з М.П. Рекалом), харківської теоретичної школи, ХФТІ, творчих портретів фізиків, яких він особисто знав, особливо ця його діяльність інтенсифікувалася в останні роки життя, тоді побачили світ його статті про Я.І. Френкеля, І.Я. Померанчука, М.М. Боголюбова, а його книга «Фізична картина світу, що розвивається» (1998) і нарис про І. Ньютона становлять не тільки історичний, але й методологічний інтерес.

В школі проводилася значна робота з написання книг та оглядів з різних проблем теоретичної фізики. Широковідомі монографії, написані О.І. Ахієзером зі своїми найближчими колегами та учнями, на яких виховувалося багато фізиків [32, 38, 40, 63, 82, 83, 87]. Більшість з них використовуються як підручники й навчальні посібники в країні та за кордоном.

Не можна не відзначити й популяризаторську діяльність О.І. Ахієзера та його багатьох учнів. Це також єднальна ланка школи з широкою фізичною аудиторією. Блискучі лекції Ахієзера, його монографії, підручники, довідники, науково-популярні книги, проведені ним семінари, бесіди з молодими фізиками – все це ланки єдиного ланцюга, які працювали на виявлення талановитої молоді, залучення її до фізики та виховання з неї професіоналів-теоретиків. У поєднанні з привабливістю особистості керівника ця робота не могла не принести успіх на шляху створення ним авторитетної теоретичної школи. Показова її географія. Крім Харкова, де перебуває ядро школи, її представники працювали або працюють в Москві, Ленінграді, Києві, Донецьку, Тбілісі, Новосибірську. Багато учнів О.І. Ахієзера мають уже власних учнів, а В.Г. Бар'яхгар, О.Г. Ситенко, Я.Б. Файнберг і С.В. Пелетмінський, як вже зазначалося, створили свої наукові школи, тим самим підтвердивши репутацію О.І. Ахієзера, що існує в харківському фізичному фольклорі, як «учителя вчителів».

НАУКОВА ШКОЛА І.М. ЛІФШИЦА

В 50-і роки в Харкові почала формуватися школа Іллі Михайловича Ліфшица (1917–1982) – видатного фізика-теоретика, одного з творців сучасної електронної теорії металів і теорії неупорядкованих систем [88, 89]. Її виникненню й розвитку значною мірою сприяла його робота в Харківському університеті, де він завідував (1944–1968) кафедрою статистичної фізики, водночас очолюючи (1941–1968) теоретичний відділ ХФТІ. Однак вирішальну роль у цьому процесі, безумовно, відіграли особисті якості вченого – надзвичайна привабливість, дивна доброзичливість, м'якість, скромність, захопленість наукою, доступність, демократичність, інтелігентність, висока культура, наукова принциповість і, звичайно, талант теоретика, що знайшло віддзеркалення у великій кількості фундаментальних наукових результатів, що стали класичними, в багатстві наукових ідей. Саме про цю сторону діяльності І.М. Ліфшица написали його учні С.А. Гредескул і Л.А. Пастур.

«Однак існував також інший внесок, що склався з його виступів, обговорень робіт на семінарах і в особистих бесідах. Цей внесок, розміри й роль якого неможливо переоцінити, пов'язаний з добре відомими всім чудовими особистими якостями Іллі Михайловича – пристрасною одержимістю наукою, високою науковою принциповістю, що поєднувалася з широкою доброзичливістю й безмежною людською привабливістю» [88, с. 17].

В Харкові під керівництвом І.М. Ліфшица сформувалася велика кількість таких відомих теоретиків, як академік НАН України Л.А. Пастур, члени-кореспонденти НАН України Е.А. Канер, А.М. Косевич, І.О. Ку-

лик, В.В. Сльозов, доктори наук М.Я. Азбель, М.І. Каганов, Ф.Г. Басс, В.П. Галайко, З.А. Гредескул, Р.Н. Гуржі, Г.Е. Зільберман, В.М. Конторович, В.І. Пересада, В.Г. Песчанський, Л.Н. Розенцвейг, А.А. Слуцкін, В.М. Цукерник та інші, що склали ядро його великої наукової школи, основним напрямком діяльності якої є теорія твердого тіла.

З ім'ям І.М. Ліфшица тісно пов'язані успіхи й розвиток сучасної квантової теорії твердого тіла. Його роботи стосуються динаміки ґратки, електронної теорії металів, проблеми енергетичного спектра неупорядкованих систем, теорії квантових кристалів і фазових переходів.

«Творчість І.М. Ліфшица дуже широка й різноманітна за тематикою і стилем, – писав Я.Б. Зельдович. – Але все-таки в ній можна виділити кілька головних напрямків: неупорядковані системи, електронна теорія металів, квантові кристали й, особливо, в останні роки полімери та біополімери» [88, с. 4].

І.М. Ліфшиц – один з тих, чий дослідження та ідеї визначили високий рівень розвитку теорії твердого тіла, один із творців сучасної динамічної теорії твердого тіла, автор робіт з теорії неупорядкованих систем і фізики квантових кристалів, які сформувалися завдяки його ідеям і результатам.

«Ідеї та роботи І.М. Ліфшица відіграють важливу й загально визнану роль в багатьох галузях фізики конденсованого стану, – пишуть А.С. Гредескул і Л.А. Пастур. – Однак, що його роль в теорії неупорядкованих систем особлива. І.М. Ліфшиц, безперечно, є одним із творців сучасної теорії неупорядкованих систем, і її вражаючі успіхи багато в чому зобов'язані його ідеям та ентузіазму. Від його піонерських робіт бере початок ціла низка розділів цієї теорії, які активно розвиваються. Це пов'язано в чудовою рисою наукової творчості І.М. Лі-

фшица: в його роботах не тільки містилися фундаментальні положення й результати, розроблялися нові ефективні методи, але й формулювалися програми вивчення великих комплексів питань і намічались шляхи реалізації цих програм» [88, с. 16–17].

Один з яскравих представників школи Л.Д. Ландау і продовжувач її традицій І.М. Ліфшиц зумів створити в очолюваному ним відділі ХФТІ глибоко творчу й демократичну обстановку, атмосферу емоційної наснаги й захопленості наукою.

«У нашому відділі була дивна атмосфера – доброзичливості й строгих оцінок, чуйності й вимогливості, – писав у 1987 р. М.І. Каганов. – Дякую долі, що найактивніші роки своєї наукової діяльності я провів у цьому відділі. В 1982 р. Ілля Михайлович помер. Вже незабаром п'ять років як ми всі – його учні різних поколінь осиротіли. Його м'якість, доступність, невичерпний інтерес до науки, здатність з ходу входити в чужу роботу, вміння дати необхідну пораду й тим самим вивести з глухого кута – стають елементами легенди, що складається про нього. Легенда живе, а нам дотепер важко повірити, що Іллі Михайловича немає, отже, немає можливості поставити запитання, відчуваючи впевненість, що одержиш точну, доброзичливу й кваліфіковану відповідь» [88, с. 29–30].

Високий науковий авторитет І.М. Ліфшица, глибоке розуміння ним фізики, тонка інтуїція, вміння строго сформулювати задачу в галузі, в якій до того, як вона привернула його увагу, існували тільки інтуїтивні, часто не цілком правильні міркування, чудове володіння тонкими математичними методами, строгий теорфізичний підхід до дослідження властивостей твердих тіл і явищ у них, а також його високі особисті якості залучали до нього талановиту молодь.

«В Іллі Михайловичі завжди притягувало те, що він був не тільки блискучим фізиком, але й чудовою людиною, – зазначають А.Ю. Гросберг і А.Г. Хохлов. – Він був дуже доброзичливим до людей, поважав будь-якого співрозмовника незалежно від його калібру, маючи високу культуру, він був по своїй суті глибоко демократич-

ним. Разом з тим у принципових питаннях був непохитний, завжди дотримувався своїх переконань. В будь-який складний час в його вчинках не було фальшивих нот» [88, с. 47].

Вони ж досить докладно розкривають методіку роботи І.М. Ліфшица з учнями, його секрети виховання фізиків-теоретиків:

«Говорячи про Іллю Михайловича Ліфшица, не можна залишити без уваги його вміння «вирощувати» учнів. Серед його учнів – понад 40 докторів наук, вже ця цифра свідчить багато про що. Нам пощастило бути учнями Іллі Михайловича, і ми на собі відчували той благодотворний стиль взаємин, що, як нам здається, лежав в основі педагогічного секрету нашого вчителя. Звичайно, Ілля Михайлович вважав, що для початку наукової роботи необхідно опанувати основами та апаратом теоретичної фізики. Але він не вимагав обов'язкової здачі всіх іспитів теоретичного мінімуму. Як тільки він переконувався, що учень опанував теоретико-фізичну техніку і готовий для наукової роботи, він формулював першу наукову задачу, вважаючи, мабуть, що конкретна робота дає більше, ніж продовження задачі іспитів. Відносно простіші задачі давалися також іноді безпосередньо в процесі читання лекцій студентам; той, хто розв'язував одну з них, ставав учнем і починав працювати з Іллею Михайловичем, взагалі минуючи формальну задачу теормінімуму. Після постановки наукової задачі починалася серія обговорень шляхів її розв'язання: підготувавши чергову порцію обчислень, учень просив Іллю Михайловича про зустріч для розбору й пошуку шляхів подальшого просування вперед, характерно, що зустрічі доводилося чекати не довше 2–3 днів. Саме в ході цих обговорень в учнів закладалися основи практичних навичок фізика-теоретика. Уявлення про критерії того, що вважати новим науковим результатом, а що – новою науковою працею, готовою до публікації, учні також одержували від Іллі Михайловича. До речі, у нього самого критерії були найсуворіші. Дуже важливо було те, що він завжди точно відчував момент, коли його учень «дозрівав» для самостійної роботи, тобто міг сам собі ставити розумні наукові задачі. В цьому випадку відразу давалася зелена вулиця будь-якому прояву ініціативи. В результаті учні Іллі Михайловича

росли швидко, але при цьому, навіть проводячи самостійні дослідження, постійно обговорювали з ним свої проблеми, орієнтуючись на «камертон» його суджень. Нам здається, що прикладів таких гармонійних взаємовідносин учителя з учнями можна знайти небагато» [88, с. 46–47].

Велику роль для залучення студентів до теоретичної фізики відігравали лекції, які читав І.М. Ліфшиц. Про їх значення пишуть А.Ю. Гросберг і А.Г. Хохлов:

«Ілля Михайлович аж ніяк не відрізнявся ні особливою дикцією, ні вмінням раціонально використовувати площу дошки, ні якимось ефективними лекторськими прийомами, але в міру читання він так захоплювався, очі його загорялися таким запальним інтересом до предмету, що цей інтерес передавався і слухачам... Всі слухачі лекції Іллі Михайловича пам'ятають, що жодна з них ніколи не зводилася просто до викладення усталеного предмету. Кожний курс лекцій ставав підсумком (а почасти й способом) придумування заново основ, концепцій і результатів тієї або іншої галузі. Звичайно, такий лекторський стиль, як і вибір матеріалу для лекцій, був тісно пов'язаний з науковою творчістю Іллі Михайловича, яка ніколи не припинялася. У нього майже не було «прохідних» робіт на «модну» тему. Напроти, його роботи самі багато разів створювали «моду», тому що в них формувалися зовсім нові підходи й напрями, над якими потім працювали учні та інші дослідники» [88, с. 39].

Величезне значення, особливо для молодих теоретиків, мали семінари, що проводилися під керівництвом І.М. Ліфшица, і головне в них — його коментарі до доповідей.

«Справді, всі учні Іллі Михайловича, всі виступаючі на його семінарах і просто ті, хто обговорював з ним свої роботи, запам'ятовували його вміння не просто вислуховувати й вникати, не тільки критикувати і давати поради (часто вони виявлялися змістовнішими за саму роботу), — зазначають А.Ю. Гросберг і А.Г. Хохлов, — але й дбати про те, щоб все це автор сприйняв, як свої власні думки, тільки виявлені та сформульовані Іллею Михайловичем... Нерідко перспективні напрями подальшої роботи доповідача Іллі Михайлович продумував і пропонував безпосе-

редньо в ході доповіді, а через кілька місяців на семінарі вже обговорювалися нові результати» [88, с. 45–46].

Таким чином, діяльність І.М. Ліфшица з підбору й виховання молодих фізиків-теоретиків на лекціях, семінарах, в особистих бесідах привела до формування навколо нього групи вчених, що утворили його теоретичну школу зі своїми стилем і особливостями.

Сучасна динамічна теорія твердих тіл — це теорія кристалів з дефектами (домішками, вакансіями, дислокаціями та іншими нерегулярностями), тобто реальних кристалів, що являють собою невпорядковані системи, які вирізняються від ідеальних названими вище збуреннями. Дослідження І.М. Ліфшица та його школи багато в чому визначили її розвиток, а він сам став одним із творців теорії невпорядкованих систем [89, 90]. У серії робіт, які він виконав в 40-і роки, вперше проаналізовано фононний та електронний спектри кристалів з дефектами і показано, що дефекти можуть приводити до перебудови спектра і зміни типу коливальних станів, передбачено локальні коливальні стани кристала поблизу дефектів. Він розглянув також загальну проблема спектра, дослідив тонкі особливості, що виникають поблизу границь спектра та в ділянці локальних частот при високій концентрації дефектів. У результаті циклом робіт 1945–1952 рр. [89, с. 62; 87; 91] створено послідовну теорію локальних збурень реального кристала, в якій розв'язано проблему аналізу спектра квазічастинок при вироджених збурюваннях і знайдено ефективні формули для зміни спектральних характеристик мікроскопічного кристала.

«Роботи цього циклу продемонстрували рідкісну здатність І.М. Ліфшица глибоко розуміти апарат сучасної теоретичної фізики, вміти добувати з нього не тільки багату фізичну, але й математичну інформацію, аж до постановки нових змістовних і оригінальних математичних задач, — відзначають С.А. Гредескул і Л.А. Пастур. — Теорія локальних збурень започаткувала цілий напрям досліджень в математиці та математичній фізиці... Підсумком цих робіт було створення загального апарату теорії локальних коливань, що став невід'ємною в наші дні складовою формалізму теорії твердого тіла...» [88, с. 9–10].

У наступні роки (1955–1957), використавши результати своєї теорії локальних збурень, І.М. Ліфшиц виконав розкладання термодинамічних величин кристала з домішками по степенях їх концентрації, показавши більш загальний характер концентраційного розкладання порівняно з розкладанням за степеню збурення, вперше (1956) запровадив термін «неупорядкована система» в сучасному розумінні, чітко визначив властивість самоусередненості спектра в домішковій зоні при малих концентраціях домішок [89, с. 120–129], сформулював (1957) основні поняття теорії неупорядкованих систем [89, с. 131–142]. Цими роботами, а також оглядом [89, с. 106–120] було започатковано теорію неупорядкованих систем.

Після деякої перерви І.М. Ліфшиц знову звернувся 1963 р. до цієї багатообіцяючої тематики. Він побудував базисну модель для структури енергетичного спектра домішкових зон, у рамках якої показав, що при малій концентрації домішок всі стани в домішковій зоні локалізовані, розробив ефективний метод знаходження густини станів, побудував модель структурного хаосу (модель Ліфшица) [92].

В 1964 р. вийшла в світ фундаментальна стаття І.М. Ліфшица «Про

структуру енергетичного спектра й квантових станів неупорядкованих конденсованих систем» [89, с. 197–243], у якій поряд з формулюванням програми аналізу спектра елементарних збуджень у неупорядкованих системах подано нові значні результати, зокрема, введено поняття справжніх меж спектра та оптимальних флуктуацій, побудовано флуктуаційну картину спектра, дано вираз для густини станів у флуктуаційній області (сингулярність Ліфшица). В 1967 р. І.М. Ліфшиц розробив послідовну кількісну теорію флуктуаційних рівнів [89, с. 244–260], у якій виконав макроскопічне описання оптимальної флуктуації, що дало можливість побудувати самоузгоджені рівняння, знайти з них загальну формулу для густини флуктуаційних рівнів, зробило метод оптимальної флуктуації більш універсальним. В 1969 р. І.М. Ліфшиц і С.А. Гредескул, використавши флуктуаційну ідеологію, прийшли незалежно від М.О. Кривоглаза (1973) до уявлення про флуктуони (стани електронів, автолокалізовані на флуктуаціях) і розробили їх теорію [89, с. 260–272].

«У даній роботі розглядається модель, в якій частинка взаємодіє з середовищем за допомогою слабких, короткодійчих сил, викликаючи, однак, досить значну поляризацію, що зводиться до утворення кластера — щільного скупчення електронів середовища в досить великому об'ємі, — писали вони. — ...Ситуація, що являє в цьому сенсі зворотний граничний випадок стосовно утворення полярона і зобов'язана своєю появою квантовій специфіці задачі» [89, с. 260–261].

В 70-і роки програма І.М. Ліфшица 1964 р. була в значній мірі реалізована ним і його учнями, зокрема Л.А. Пастуром, який одержав низку значних результатів у теорії неупорядкованих систем. Він знайшов густину станів у ряді моделей

невпорядкованих систем, розвинув ефективний метод обчислення кінетичних коефіцієнтів в одновимірних системах, докладно вивчив домішковий і флуктаційний спектри, виявив низку нових властивостей процесу проходження хвиль і частинок крізь товсті шари неупорядкованих середовищ [127]. В 1979–1982 рр. І.М. Ліфшиц із учнями виконав роботи, пов'язані з вивченням проходження частинок і хвиль через випадково неоднорідні середовища [89, с. 272–299, 300–315].

Завершуючи коротку інформацію про внесок І.М. Ліфшица в створення сучасної теорії неупорядкованих систем, варто сказати, що вона – результат зусиль багатьох учених (Ф. Андерсон, Н. Мотт та ін.), однак фундаментальна роль І.М. Ліфшица в її становленні очевидна й незаперечна.

«...Ця нова галузь фізики твердого тіла, що бурхливо розвивається, є однією з «гарячих точок» сучасної фізики твердого тіла, – пишуть С.А. Гредескул і Л.А. Пастур. – Вона виникла й сформувалася в значній мірі під впливом ідей і робіт І.М. Ліфшица. Він пройшов тут всі етапи створення нової галузі науки: від вироблення багатьох основних понять, чіткого формулювання фундаментальних принципів і створення адекватних методів дослідження до одержання конкретних результатів» [89, с. 532].

Продовжуючи тему про реальні кристали, необхідно зазначити, що одним з основних типів пластичного деформування кристалів є двійникування, до речі, вперше експериментально відкрите 1938 р. Р.І. Гарбером в УФТІ. В 1948 р. І.М. Ліфшиц розвинув теорію двійникування, засновану на істотно нелінійній пружній поведінці кристала в процесі двійникування [89, с. 393–403]. У наступні роки в школі побудовано дислокаційну модель двійникуван-

ня, що дозволила описати чимало конкретних спостережуваних в експерименті особливостей цього явища (А.М. Косевич, 1971 р.). Інтерес і увага до проблеми непружної деформації кристалів сприяли розробці методів вирішення статистичних властивостей твердих тел.

Необхідність фізичного обґрунтування проблеми пластичності й міцності кристалів привела до розробки теорії дислокації, подальший розвиток якої в 60-і роки був першочерговим завданням механіки твердого тіла. У школі побудовано динаміку дислокацій і виведено рівняння руху довільної дислокаційної лінії в зовнішніх пружних полях. Передбачено динамічні ефекти типу випромінювання звуку дислокацією, що стали принциповою основою теорії акустичної емісії при пластичній деформації (А.М. Косевич, В.Н. Нацик) [93].

Досліджено пружні властивості полікристалів як при статистичному навантаженні, так і при поширенні в них ультразвуку. Побудовано послідовну теорію високотемпературної повзучості полікристалів (крипу), засновану на уявленнях про дифузійно-в'язкий характер течії твердих тіл [89, с. 469–488]. Згодом описання крипу реальних кристалів було доповнено теорією дифузійно-дислокаційного механізму течії кристалів. За розвиток теорії неідеальних кристалів А.М. Косевич і В.В. Сльозов 1978 р. удостоєно Державної премії УРСР.

Важливою, що одержала в наступні роки численні експериментальні підтвердження, була розвинена І.М. Ліфшицем і В.В. Сльозовим кінетика дифузійного розпаду пересичених твердих розчинів [89, с. 433–447]. Ця

теорія дає універсальне описання пізньої стадії будь-якого дифузійно-го процесу кінетику макроскопічних дефектів типу включень іншої фази, пор, дислокацій тощо.

Протягом 1954–1965 рр. І.М. Ліфшиц із учнями розробляв електронну теорію металів і зовсім змінив цю галузь фізики твердого тіла. Однією з основних її проблем було визначення електронного енергетичного спектра. Як відомо, основною його характеристикою є поверхня Фермі – ізоенергетична поверхня в імпульсному просторі, що відповідає граничній фермієвській енергії. Важливість цього поняття в електронній теорії металів та її вирішальна роль у визначенні багатьох особливостей фізичних властивостей металів повністю усвідомили ще в другій половині 40-х років. Тому зусилля теоретиків та експериментаторів було спрямовано на те, щоб пов'язати конкретні фізичні властивості металів з характеристиками їх поверхні Фермі. Насамперед з'ясувалося, що для докладного описання особливостей поверхні Фермі надзвичайно важливі ті явища, які повністю визначаються квантовим характером руху електрона в магнітному полі (в 1950 р. І.М. Ліфшиц незалежно від Л. Онсагера показав, як квантується рух електрона зі складним законом дисперсії в магнітному полі – умова квантування Ліфшица – Онсагера). Ними виявилися осциляційні залежності магнітної сприйнятливості та електропровідності металу від напруженості магнітного поля, відомі відповідно, як ефекти де Хааса–ван Альфена та Шубнікова – де Хааса. Ці осциляційні ефекти в електронних властивостях металів при низьких температурах і стали одним

з найважливіших джерел інформації про структуру електронних енергетичних спектрів.

Сильна анізотропія ефекту де Хааса–ван Альфена поставила завдання знайти кількісний зв'язок між вимірюваними параметрами осциляцій і геометрією поверхні Фермі. Воно було повністю вирішено в 1954–1955 рр. І.М. Ліфшицем і А.М. Косевичем [94, 95]. Зокрема, вони в 1954 р. встановили зв'язок осциляцій магнітних властивостей металів з формою їх поверхні Фермі (формула Ліфшица – Косевича). Виявилось, що періоди осциляцій та їх амплітуди містять цінну інформацію про електронний спектр. Експериментальне дослідження залежності періоду осциляцій від напрямку магнітного поля відразу ж дозволило зробити важливі якісні висновки щодо загальної форми, що відповідає порожнині поверхні Фермі. Для деяких простих ситуацій можливо повне визначення поверхні Фермі. В 1954 р. І.М. Ліфшиц і О.В. Погорелов показали, якщо поверхня має центр симетрії і будь-який промінь, проведений з цього центру, зустрічає її тільки в одній точці, то завдання про відновлення поверхні Фермі вирішуються точно, причому розв'язком є порівняно проста формула [96]. Інформацію про електронний спектр дає також аналіз осциляцій термодинамічних і кінетичних параметрів металу залежно від зміни товщини зразка. Вперше такі осциляції описано І.М. Ліфшицем і А.М. Косевичем у роботах, присвячених теорії магнітної сприйнятливості тонких шарів металів [97, 98]. Вони виявилися пріоритетними в циклі наступних досліджень, що завершилися реєстрацією 1977 р. від-

криття «явища осциляцій термодинамічних і кінетичних властивостей плівок твердих тіл».

В 1955 р. І.М. Ліфшиц і А.М. Косевич передбачили явище осциляційної залежності термодинамічних характеристик металів від будь-яких параметрів, що визначають положення рівнів енергії електронів [99]. Велике значення мала побудова теорії гальваномагнітних явищ у металах у сильних магнітних полях (І.М. Ліфшиц, М.Я. Азбель, М.І. Каганов, В.Г. Песчанський, 1956–1960 рр.) [100, 101].

В 1960 р. І.М. Ліфшиц досліджував особливості поведінки електронів у металі під дуже високими тисками, здатними викликати перебудову їх енергетичного спектра. При цьому було передбачено електронний фазовий перехід у металі (перехід $2^{1/2}$ -го роду), пов'язаний зі зміною топології поверхні Фермі [102]. Використавши новий, досить загальний підхід, у якому електрони провідності розглядалися як фермі-газ або фермі-рідина квазічастинок із довільним законом дисперсії, І.М. Ліфшиц дослідив динаміку квазічастинок у зовнішніх полях і розвинув досить завершену теорію, що пов'язує різні електронні властивості металів з енергетичним спектром квазічастинок. У серії робіт, про які вже частково згадувалося, присвячених механіці електронів у металі в магнітному полі [103], теорії осциляційних ефектів [99] і теорії гальваномагнітних явищ [100, 101], було розв'язано задачу відновлення електронного енергетичного спектра за експериментальними даними (ідею про відновлення енергетичного спектра конденсованих систем за даними експерименту І.М. Лі-

фшиц висловив і обґрунтував ще в 1954 р.). Ідейною основою цих робіт стала концепція довільного спектра квазічастинок та уявлення, що електронні властивості металів суттєво визначаються геометрією й топологією їх поверхні Фермі, отже, можуть бути своєрідним індикатором електронного енергетичного спектра. В результаті І.М. Ліфшицем і його учнями було побудовано сучасну форму електронної теорії металів («ферміологія») [104]. В їх роботах було розроблено також геометричну термінологію, використовувану в фізиці металів.

«У науці величезну роль відіграє мова, на якій висловлюються вчені, набір термінів і уявлень, за допомогою яких викладаються результати, — писав М.І. Каганов. — В електронній теорії металів з'явилася нова мова. Її відмінною рисою є значна кількість геометричних термінів. На ній нині розмовляють і думають всі, хто займається фізикою металів» [105, с. 135].

Даний напрям виявився досить плідним. У результаті діяльності великої кількості наукових лабораторій у нас і за кордоном відновлено поверхні Фермі практично всіх металів. За дослідження електронного енергетичного спектра металів І.М. Ліфшиц 1967 р. удостоєний Ленінської премії. В наступні роки в школі виконано дослідження з теорії магнітного пробою в металах (М.І. Каганов, А.А. Слуцкін, 1983 р.) [106] і розвинуто теорію нелінійних електродинамічних явищ у металах у сильних магнітних полях (А.А. Слуцкін, А.М. Кадигров, 1978 р.) [107].

Необхідно зазначити, що створенню сучасної електронної теорії металів сприяли експериментальні дослідження магнітних, електричних і гальваномагнітних властивостей металів, виконані Б.Г. Лазаревим з учнями.

«Експериментальні можливості виявилися на рівні нових завдань, а часто були джерелом нових теоретичних розробок, — зазначав М.І. Каганов. — Взаємне підстєбування безсумнівно відіграло важливу роль» [105, с. 135].

У школі виконано низку важливих робіт з високочастотних і резонансних явищ у металах. М.Я. Азбель та Е.А. Канер передбачили (1956) і вивчили (1956–1957) новий тип циклотронного резонансу в металах (резонанс Азбеля — Канера) [108; 109, с. 14–33]. В наступні роки Е.А. Канер побудував його повну теорію, зокрема, передбачив ефект відсікання циклотронних резонансів (1958) — перший з серії високочастотних розмірних ефектів [109]. Докладну квантову теорію циклотронного резонансу в металах побудували 1962 р. І.М. Ліфшиц з М.Я. Азбелем і А.А. Слуцкіним [110]. Виконані в школі дослідження циклотронного резонансу в металах стали основою цілого напрямку в фізиці металів — вивчення резонансних і плазмових явищ (Е.А. Канер, Ф.Г. Басс).

У школі також побудовано феноменологічну теорію спінових хвиль в антиферомагнетниках (М.І. Каганов, В.М. Цукерник, 1958) [113], що має важливе значення для теорії антиферомагнетизму, вперше описано комбінаційне розсіяння електромагнітних хвиль на магнонах (Ф.Г. Басс, М.І. Каганов, 1959 р.) [114]. Побудовано загальну теорію дисперсії звуку без поля та в магнітному полі (В.М. Канторович, 1963–1968 рр.); передбачено низку розмірних магнітоакустичних і високочастотних ефектів, що дають інформацію про спектр електронів і характер їхнього відбиття границею зразка (В.Г. Пе-

счанський, 1968–1980 рр.) [115–117]; розроблено теорію поглинання електромагнітних хвиль металами в інфрачервоній ділянці спектра, де істотну роль відіграє квантування енергії поля (Р.Н. Гуржі, 1958 р.). Запропоновано й вивчений механізм явищ переносу у твердих тілах при низьких температурах (Р.Н. Гуржі, 1969 р.) [118], проведено значний цикл досліджень з розсіяння хвиль статистично нерівною поверхнею (Ф.Г. Басс) [119]. В 1967 р. В.І. Пересада розробив новий обчислювальний метод, що дозволив розв'язувати широке коло задач динаміки ґратки [120].

Школою зроблено значний внесок у розвиток теорії надпровідності (І.О. Кулик, В.П. Галайко). Дослідження І.О. Кулика присвячено фізиці тунельних явищ у металах і квантових когерентних явищах у надпровідниках, зокрема ефектам слабкої надпровідності. Він запровадив уявлення про вихровий характер поверхневого надпровідного шару металу в магнітному полі (1969) [121] і про існування когерентних явищ у системах з порушеним недіагональним порядком (1970) [122]. Побудував мікроскопічну теорію тунельних контактів Джозефсона (1965–1969) і слабких надпровідних контактів (1969–1975), теорію нелінійних явищ у мікромістках (1974), довів динамічну природу резистивного стану надпровідників (1966) [123]. В.П. Галайко розробив електродинаміку надпровідників, у тому числі II роду, розвинувши метод кінетичних рівнянь у теорії надпровідності [124, 125].

Значний внесок у математику, математичну фізику й теорію невпорядкованих систем зробив Л.А. Пастур.

Він є одним із засновників спектральної теорії операторів, у якій йому належить низка основних постановок задач і фундаментальних результатів, зокрема загальна операторно-імовірнісна аксіоматика, критерій відсутності абсолютно неперервного спектра одновимірних операторів з ергодичними коефіцієнтами, теорема про чисто точковий спектр таких операторів з випадковими незалежними й марковськими коефіцієнтами тощо [126, 127].

В останні роки перебування І.М. Ліфшица у Харкові його увагу привернув такий розділ біофізики, як статистична термодинаміка полімерів. І.М. Ліфшиц знайшов свій підхід до проблеми перетворення «клубок» — «глобула» у макроскопічних ланцюгах типу молекули ДНК. Роботи з теорії біополімерів І.М. Ліфшиц продовжив у Москві, але вони дали поштовх відповідним дослідженням і в Харкові, де А.М. Косевич продовжив дослідження в цьому напрямі. У роботах А.М. Косевича та його учнів було також розвинено нелінійну динаміку магнітопорядкованих середовищ і зроблено значний внесок у новий напрям сучасної теоретичної фізики

— теорію солітонов у конденсованих середовищах [128].

Після переїзду І.М. Ліфшица в 1968 р. до Москви, де він очолив (з березня 1969 р.) теоретичний відділ Інституту фізичних проблем АН СРСР і став професором Московського університету, наукова активність його учнів у Харкові (ХФТІ, Інститут радіофізики і електроніки АН УРСР, ФТІНТ АН УРСР) не зменшилася. Вона як і раніше визначала високий рівень теорії твердого тіла в Харкові й робила його одним із центрів теоретичної фізики [129, 130]. І.М. Ліфшиц аж до своєї кончини в 1982 р. залишався главою харківських теоретиків в галузі фізики твердого тіла.

Таким чином, Харківською теоретичною школою фізики зроблено значний внесок у різні розділи фізики, одержано фундаментальні результати світового значення, зроблено низку відкриттів, створено нові наукові напрями. Поряд з іншими теоретичними школами в СРСР — Л.І. Мандельштама, І.Є. Тамма, М.О. Леонтовича й М.М. Боголюбова — Харківська школа теоретичної фізики впливала на загальний рівень розвитку фізичних досліджень в країні й світі.

1. Ландау Л.Ю. Собрание трудов. — М.: Наука, 1969. — 2 т.

2. Бессараб М. Ландау. — М.: Моск. рабочий, 1978.

3. Ливанова А. Л.Д. Ландау. — М.: Знание, 1978.

4. Воспоминания о Л.Д. Ландау // Вест. АН СССР, 1980, №7, с. 111–123.

5. Берестецкий В.Б. Лев Давидович Ландау // УФН, 1958, 64, вып. 3, с. 615–621.

6. Абрикосов А.А. Лев Давидович Ландау // Физика в школі, 1962, №1, с. 21–27.

7. Абрикосов А.А. Академик Л.Д. Ландау. — М.: Наука, 1965.

8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Механика (1940 р., співавтор також Л. П'ятигорський); Теория поля

(1941); Квантовая механика (1948); Статистическая физика (1938); Механика сплошных сред (1944); Теория упругости (1965); Электродинамика сплошных сред (1959) (вказано перші видання).

9. Капица П.Л. Эксперимент. Теория. Практика. — М.: Наука, 1974.

10. Ахиезер А.И., Храмов Ю.А. И.Я. Померанчук и его школа // Укр. физ. журн., 1988, 33, №11, с. 1751–1754.

11. Ахиезер А.И. Харьковская школа теоретической физики // Там же, 1985, 30, №5, с. 645–661.

12. Александр Ильич Ахиезер — К.: Наук. думка, 1981.

13. Проблемы теоретической физики. — К.: Наук. думка, 1986.

14. Ахиезер А.И., Померанчук И.Я. Когерентное рассеяние γ -лучей ядрами // ЖЭТФ, 1937, **7**, вып. 5, с. 567–578.
15. Ахиезер А.И. О поглощении звука в твердых телах // Там же, 1938, **8**, вып. 12, с. 1318–1329.
16. Ахиезер А.И., Померанчук И.Я. О рассеянии медленных нейтронов в кристаллах // Там же, 1947, **17**, вып. 9, с. 769–782.
17. Ахиезер А.И., Померанчук И.Я. К теории резонансного рассеяния частиц // Там же, 1948, **18**, вып. 7, с. 603–608.
18. Ахиезер А.И., Померанчук И.Я. Дифракционное рассеяние быстрых частиц ядрами // УФН, 1949, **39**, вып. 2, с. 153–200.
19. Ахиезер А.И., Померанчук И.Я. Некоторые вопросы теории ядра. — М.; Л.: Гостехиздат, 1948.
20. Ахиезер А.И., Файнберг Я.Б. О взаимодействии пучка заряженных частиц с электронной плазмой // Докл. АН СССР, 1949, **69**, с. 555–556.
21. Ахиезер А.И., Ситенко А.Г. К теории реакции расщепления дейтрона / Учен. зап. Харьк. ун-та, 1955, **6**, с. 9–12.
22. Akhiezer A.I., Sitenko A.G. Diffraction scattering of fast fentérons by nuclear // Phys. Rev., 1957, **106**, p. 1236–1244.
23. Ситенко О.Г. До теорії ядерних реакцій за участю складних частинок // Укр. фіз. журн., 1959, **4**, с. 152–163.
24. Ситенко А.Г. К теории реакции срыва // ЖЭТФ, 1956, **31**, с. 636–641.
25. Ситенко А.Г. Взаимодействие дейтронов с ядрами // УФН, 1959, **67**, с. 377–444.
26. Розенцвейг Л.Н., Ситенко А.Г. Расщепление релятивистского дейтрона в электрическом поле ядра // ЖЭТФ, 1956, **30**, с. 427–428.
27. Высоцкий Г.Л., Ситенко А.Г. К теории прямых ядерных реакций с участием поляризованных частиц // Там же, 1956, **36**, с. 1143–1153.
28. Половин Р.В. Радиационные поправки к рассеянию электрона на электроне и позитроне // Там же, 1956, **31**, вып. 3, с. 449–458.
29. Гузенко С.Я., Фомин П.И. Радиационные поправки к фоторождению и одно фотонной аннигиляции пар // Там же, 1960, **38**, вып. 4, с. 513–517.
30. Ахиезер А.И., Розенцвейг Л.Н., Шмушкевич И.М. О рассеянии электронов протонами // Там же, 1957, **33**, вып. 9, с. 765–772.
31. Ахиезер А.И., Шульга Н.Ф. Излучение релятивистских частиц в монокристаллах // УФН, 1982, **137**, с. 561–604.
32. Ахиезер А.И., Шульга Н.Ф. Электродинамика высоких энергий в веществе. — М.: Наука, 1990.
33. Ахиезер А.И., Шульга Н.Ф. Влияние многократного рассеяния на излучение релятивистских частиц в аморфных и кристаллических средах // УФН 1987, **151**, с. 385–424.
34. Ахиезер А.И., Болдышев В.Ф., Шульги Н.Ф. Тормозное излучение быстрых электронов на цепочке атомов кристалла // Докл. АН СССР, 1976, **226**, с. 295–297.
35. Волков Д.В. О квантовании полей с полувещным спином // ЖЭТФ, 1959, **36**, с. 1560–1566.
36. Волков Д.В., Грибов В.Н. Полюса Реже в амплитудах нуклон-нуклонного и нуклон-антинуклонного рассеяния // Там же, 1963, **44**, с. 1168–1177.
37. Волков Д.В., Акулов В.П. Голдстоуновские поля со спином // Теорет. и матем. физика, 1974, **18**, с. 39–47.
38. Ахиезер А.И., Рекало М.П. Электродинамика адронов. — К.: Наук. думка, 1977.
39. Теория и расчет линейных ускорителей. — М.: Госатомиздат, 1962.
40. Электродинамика плазмы — М.: Наука, 1974.
41. Ситенко А.Г., Степанов К.Н. О колебаниях электронной плазмы и магнитном поле // ЖЭТФ, 1956, **31**, с. 642–651.
42. Ситенко А.Г., Кочерга О.Д. Кинетическое уравнение для волн и рассеяние волн в неравновесной плазме // Укр. физ. журн., 1977, **22**, №11, с. 1810–1821.
43. Ситенко А.Г. Флуктуации и нелинейное взаимодействие волн в плазме. — К.: Наук. думка, 1977.
44. Алексей Григорьевич Ситенко. — К.: Наук. думка, 1987.
45. Долгополов В.В., Степанов К.Н. Теория высококачественного нагрева неоднородной высокотемпературной плазмы // Ядер. синтез, 1963, **3**, с. 205–207.
46. Алексин В.Ф., Яшин В.Н. Исследование устойчивости плазмы с помощью обобщенного энергетического принципа // ЖЭТФ, 1960, **39**, с. 822–826.
47. Степанов К.Н., Киценко А.Б. О возбуждении электромагнитных волн в магнитоактивной плазме пучком заряженных частиц // Журн. теор. физики, 1961, **31**, с. 167–175.
48. Киценко А.Б., Степанов К.Н. О циклотронной неустойчивости в плазме // Там же, с. 176–179.
49. Ахиезер А.И., Любарский Г.Я. К нелинейной теории колебаний электронной

плазмы // Докл. АН СССР, 1951, с. 193–195.

50. Половин Р.В. К нелинейной теории продольных колебаний плазмы // ЖЭТФ, 1956, **31**, с. 354–355.

51. Степанов К.Н. О нелинейных продольных колебаниях плазмы в магнитном поле // Журн. техн. физики, 1963, **33**, с. 246–251.

52. Ахиезер А.И. К теории нелинейных движений неравновесной плазмы // ЖЭТФ, 1964, **47**, с. 952–957.

53. Бакай А.С. Взаимодействие высококачественных и низкокачественных волн в плазме // Ядер. синтез, 1970, **10**, с. 53–67.

54. Бакай А.С., Степановский Ю.П. Адиабатические инварианты. – К.: Наук. думка, 1981.

55. Ахиезер А.И., Любарский Г.Я., Половин Р.В. Об устойчивости ударных волн в магнитной гидродинамике // ЖЭТФ, 1958, **35**, вып. 3, с. 731–737.

56. Волков Е.Д., Перепелкин Н.Ф., Супруненко В.А., Сухомлин Е.А. Коллективные явления в токонесущей плазме. – К.: Наук. думка, 1979.

57. Файнберг Я.Б. Взаимодействие пучков заряженных частиц с плазмой // Атом. энергия, 1961, **11**, с. 313–335.

58. Файнберг Я.Б., Шапиро В.Д., Шевченко В.И. К нелинейной теории взаимодействия с плазмой монохроматического пучка релятивистских электронов // ЖЭТФ, 1969, **57**, с. 966–977.

59. Яков Борисович Файнберг. – К.: Наук. думка, 1988.

60. Виктор Григорьевич Барьяхтар. – К.: Наук. думка, 1990.

61. Ахиезер А.И., Барьяхтар В.Г., Пелетминский С.В. К теории релаксационных процессов в ферродиелектриках при низких температурах // ЖЭТФ, 1959, **37**, с. 216–224.

62. Ахиезер А.И., Барьяхтар В.Г., Пелетминский С.В. Связанные магнитоупругие волны в ферромагнетиках и ферроакустический резонанс // Там же, 1958, **35**, с. 228–236.

63. Ахиезер А.И., Барьяхтар В.Г., Пелетминский С.В. Спиновые волны. М.: Наука, 1967.

64. Барьяхтар В.Г., Савченко М.А., Ганн В.В., Рябко П.В. Связанные магнитоупругие волны в антиферромагнетиках в магнитной структуре $MnCo_3$ // ЖЭТФ, 1964, **47**, с. 1989–2001.

65. Малеев С.В., Барьяхтар В.Г., Суриц Р.А. О рассеянии медленных нейтронов на

сложных магнитных структурах // Физика твердого тела, 1962, **4**, с. 3461–3468.

66. Ахиезер А.И., Болотин Ю.Л. Флуктуации и рассеяние электромагнитных волн в антиферромагнетиках // ЖЭТФ, 1967, **53**, с. 267–280.

67. Ахиезер И.А., Давыдов Л.Н. Комбинационное рассеяние гиперзвука в ферромагнетиках // Физика твердого тела, 1968, **10**, с. 2890–2896.

68. Барьяхтар В.Г., Власов К.Б., Стефановский Е.П. Распределение звуковых волн в магнитоупорядоченных кристаллах со спиральной магнитной структурой // Там же. – 1973. – 15, вып. 12.

69. Барьяхтар В.Г., Витебский И.М., Яблонский Д.А. К теории метамагнитных переходов // Там же, 1977, **19**, вып. 7.

70. Барьяхтар В.Г., Витебский И.М., Яблонский Д.А. Теория образования зародышей при магнитных фазовых переходах первого рода между парамагнитной и магнитоупорядоченной фазами // Там же, вып. 2.

71. Барьяхтар В.Г., Ганн В.В., Горобец Ю.И. и др. Цилиндрические магнитные домены // УФН, 1977, **121**, вып. 4, с. 593–628.

72. Ахиезер А.И., Ахиезер И.А. О возможности возбуждения спиновых волн в магнитоупорядоченных сегнетоэлектриках // ЖЭТФ, 1970, **59**, с. 1009–1018.

73. Ахиезер И.А., Боровик А.Е. О нелинейных спиновых волнах в ферромагнетиках и антиферромагнетиках // Там же, 1967, **52**, с. 1332–1344.

74. Ахиезер А.И., Каганов М.И., Любарский Г.Я. О поглощении ультразвука в металлах // Там же, 1957, **32**, – с. 837–841.

75. Пелетминский С.В., Яценко А.А. К квантовой теории кинетических и релаксационных процессов // ЖЭТФ, 1967, **53**, вып. 4, с. 1327–1339.

76. Пелетминский С.В., Приходько В.И. Метод асимптотических операторов и статистической механике // Теор. и матем. физика, 1972, **12**, №1, с. 88–114.

77. Пелетминский С.В., Красильников В.В., Яценко А.А., Рожков А.А. К теории сверхтекучей ферми-жидкости // Физика элементар. частиц и атом. ядра, 1988, **19**, №4, с. 1440–1466.

78. Ахиезер А.И., Пелетминский С.В., Яценко А.А. О ферми-жидкостной модели сверхпроводимости при наличии связанных состояний фермионов. – К., 1990 (препринт. Ин-т и теор. физики).

79. Пелетминский С.В., Соколовский А.И. К вопросу о построении неравновесной

- энтропии // Теорет. и мат. физика. — 1974. — 20. — С. 85–94.
80. Литвинко А.С.
81. Ахиезер И.А., Давыдов Л.И. Введение в теоретическую радиационную физику металлов и сплавов. — Киев: Наук. думка, 1985.
82. Ахиезер А.И., Половин Р.В., Ситенко А.Г., Степанов К.Н. Коллективные колебания в плазме. — М.: Атомиздат, 1964.
83. Ахиезер А.И., Берестецкий В.В. Квантовая электродинамика. — М.: Гостехиздат, 1953.
84. Ситенко А.Г. Теория рассеяния. — К.: Вища школа, 1975.
85. Ситенко А.Г., Тартаковский В.К. Лекции по теории ядра. М.: Атомиздат, 1972.
86. Ситенко А.Г. Теория ядерных реакций. — М.: Энергоатомиздат, 1983.
87. Ахиезер А.И., Ситенко А.Г., Тартаковский В.К. Электродинамика ядер. — К.: Наук. думка, 1989.
88. Академик Илья Михайлович Лифшиц. — М.: Знание, 1987.
89. Лифшиц И.М. Избранные труды. Физика реальных кристаллов и неупорядоченных систем. — М.: Наука, 1987.
90. Косевич А.М. Физическая механика реальных кристаллов. — К.: Наук. думка, 1981.
91. Лифшиц И.М. Об одной задаче теории возмущений, связанной с квантовой статистикой // Успехи матем. наук, 1952, 7, вып. 1, с. 171–180.
92. Лифшиц И.М. О структуре энергетического спектра примесных зон в неупорядоченных твердых растворах // ЖЭТФ, 1963, 44, вып. 5, с. 1723–1741.
93. Косевич А.М. Дислокации в теории упругости. — К.: Наук. думка, 1978.
94. Лифшиц И.М., Косевич А.М. К теории эффекта де Хааса-ван Альфена для частиц с произвольным законом дисперсии // Докл. АН СССР, 1954, 96, №5, с. 963–966.
95. Лифшиц И.М., Косевич А.М. К теории магнитной восприимчивости металлов при низких температурах // ЖЭТФ, 1955, 29, вып. 6, с. 730–742.
96. Лифшиц И.М., Погорелое А.В. Об определении поверхности Ферми и скоростей электронов в металле по осцилляции магнитной восприимчивости // Докл. АН СССР, 1954, 96, с. 1143–1146.
97. Лифшиц И.М., Косевич А.М. К теории магнитной восприимчивости тонких слоев металлов при низких температурах // Докл. АН СССР, 1953, 91, №4, с. 795–798.
98. Косевич А.М., Лифшиц И.М. Эффект де Хааса-ван Альфена в тонких слоях металлов // ЖЭТФ, 1955, 29, вып. 6, с. 743–747.
99. Лифшиц И.М., Косевич А.М. Об осцилляциях термодинамических величин для вырожденного Ферми-газа при низких температурах // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1955, 19, с. 395–403.
100. Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И. К теории гальваномагнитных явлений в металлах // ЖЭТФ, 1956, 31, вып. 1, с. 63–74.
101. Лифшиц И.М., Песчанский В.Г. Гальваномагнитные характеристики металлов с открытыми поверхностями Ферми // Там же, 1958, 35, с. 1251–1260, 38, с. 188–200.
102. Лифшиц И.М. Об аномалии электронных характеристик металла в областях больших давлений // Там же, 1960, 38, с. 1569–1572.
103. Лифшиц И.М., Каганов М.И. Некоторые вопросы электронной теории металлов. Классическая и квантовая механика электронов в металлах // УФН, 1959, 69, вып. 3, — с. 411–461; Кинетические свойства электронов в металле // Там же, 1965, 87, вып. 3, с. 389–469.
104. Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И. Электронная теория металлов. — М.: Наука, 1971.
105. Развитие криогеники на Украине. — К.: Наук. думка, 1978.
106. Kaganov M.I., Slutskin A.A. Coherent magnetic breakdown // Phys. Repts, 1983, 98 (4), p. 189–271.
107. Слуцкий А.А., Кадигробов А.М. Электрические домены в металлах при низких температурах // Письма в ЖЭТФ, 1978, 28, вып. 4, с. 219–222.
108. Азбель М.Я., Канер Э.А. К теории циклотронного резонанса в металлах // ЖЭТФ, 1956, 30, вып. 4, с. 811–814.
109. Канер Э.А. Избранные труды. — К.: Наук. думка, 1989.
110. Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Слуцкий А.А. Теория квантового циклотронного резонанса в металлах // ЖЭТФ, 1962, вып. 4 (10), с. 1464–1478.
111. Гуржи Р.Н., Канторович В.М. Волны второго звука в металлах и проводниках // Там же, 1971, 61, с. 1181–1195.
112. Басс Ф.Г., Гуревич Ю.Г. Горячие электроны и сильные электромагнитные волны в плазме полупроводников и газового разряда. — М.: Наука, 1975.
113. Каганов М.И., Цукерник В.М. К феноменологической теории кинетических процессов в ферромагнитных диэлектриках // ЖЭТФ, 1958, 34, с. 1610–1616.
114. Басс Ф.Г., Каганов М.И. Комбина-

ционное рассеяние электромагнитных волн в ферромагнитных диэлектриках // Там же, 1959, **37**, с. 1390–1393.

115. *Песчанский В.Г.* Циклотронный резонанс в тонких пленках // Письма в ЖЭТФ, 1968, **7**, вып. 2, с. 489–492.

116. *Песчанский В.Г., Карденас В., Лурье М.А., Ясемидес К.* Высоочастотные явления в металлах при многократном отражении электронов границей образца // ЖЭТФ 1981, **80**, вып. 4, с. 1645–1664.

117. *Недорезов С.С., Песчанский В.Г.* О квантовых магнитомерных эффектах в металлах // Там же, вып. 1, с. 368–379.

118. *Гуржи Р.П.* Гидродинамические эффекты волн в твердых телах при низких температурах // УФН, 1968, **94**, с. 689–711.

119. *Басс Ф.Г., Фукс И.М.* Рассеяние волн на статистически неровной поверхности. – М.: Наука, 1972.

120. *Пересада В.И.* О термодинамических величинах идеальной кристаллической решетки в гармоническом приближении // ЖЭТФ, 1967, **53**, вып. 2, с. 605–614.

121. *Кулик И.О.* О критическом поле поверхностной сверхпроводимости и структуре сверхпроводящего поверхностного слоя в наклонном поле // Там же, 1968, **55**, вып. 3, с. 889–903.

122. *Кулик И.О.* Квантование потока в нормальном металле // Письма в ЖЭТФ, 1970, **11**, вып. 8, с. 407–410.

123. *Кулик И.О., Янсон И.К.* Эффект Джозефсона в сверхпроводящих туннельных структурах. – М.: Наука, 1970.

124. *Галайко В.П.* Кинетические уравнения для процессов релаксации в сверхпроводниках // ЖЭТФ, 1971, **61**, с. 382–397.

125. *Галайко В.П.* Кинетические уравнения для процессов релаксации в сверхпроводящих сплавах // Теор. и матем. физика, 1975, **23**, №1, с. 111–120.

126. *Пастур Л.А., Фиготин А.Л.* Спектры случайных и почти периодических операторов. – М.: Наука, 1990.

127. *Лифшиц И.М., Гредескул С.А., Пастур Л.А.* Введение в теорию неупорядоченных систем. – М.: Наука, 1982.

128. *Косевич А.М., Иванов Б.А., Ковелев А.С.* Нелинейные волны намагнитченности. Динамические и топологические солитоны. – К.: Наук. думка, 1983.

129. Національна академія наук України. Видатні досягнення. 1918–2018. К.: Фенікс, 2018.

130. Національна академія наук України. Хронологія. 1918–2018. – К.: Фенікс, 2018.

РАДІОФІЗИЧНА ШКОЛА А.О. СЛУЦКІНА

Відомий український радіофізик академік АН УРСР Абрам Олександрович Слуцкін (1891–1950) ввійшов в історію науки не тільки як один із творців вітчизняного магнетрона – нового потужного пристрою СВЧ коливань – і магнетронного напрямку в радіотехніці, але і як засновник української радіофізичної школи.

«Варто особливо підкреслити, що професору А.О. Слуцкіну протягом своєї багаторічної творчої діяльності вдалося виховати значну кількість відомих фахівців в галузі фізики надвисоких частот і створити школу радіофізиків, яка користуються заслуженою популярністю як у межах Радянського Союзу, так і за кордоном, – писав К.Д. Синельников» [1, с. 35].

Це відзначав також один з перших учнів А.О. Слуцкіна акад. НАН України С.Я. Брауде:

«Абрам Олександрович Слуцкін створив в Україні свою наукову школу. Цю школу характеризувало те, що вона проводила цілеспрямовані дослідження, пов'язані зі створенням основних елементів генерації, прийому, антен та інших пристроїв надвисоких частот. Ці роботи, як правило, починалися практично з нульового циклу і зазвичай доводилися до високої досконалості»*.

Вчений і педагог поєдналися в А.О. Слуцкіні дивним чином, зробивши його притягальним центром для молодих і талановитих людей, які бажали присвятити себе радіофізиці. Він був обдарованим дослідником, із загостреною інтуїцією, нетривіальним мисленням, енергійним, працездатним, наполегливим, захоплюваним, який бачить перспективу, глибоко проникає в технічний бік проблеми, водночас постійно пам'я-

таючи про необхідність одержання практичних результатів, жваво відгукується на запити господарства, доброзичливим, принциповим, інтелігентним, чудовим лектором. Поєднання цих якостей, вміння відбирати творчу молодь і бажання вчити її, давати їй наукове виховання зробило А.О. Слуцкіна лідером колективу, що гутувався довкола нього з метою вивчення процесів генерації НВЧ коливань магнетронами. Цей колектив почав формуватися в 30-і роки в УФТІ та Харківському університеті, де працював А.О. Слуцкін з 1919 р. після його закінчення (1916). В 1929 р. він став професором, з 1933 р. очолював кафедру, одночасно з моменту організації УФТІ завідував там сектором електромагнітних коливань. У ті роки до найближчого оточення А.О. Слуцкіна входили С.Я. Брауде, О.Я. Усиков, І.М. Вігдорчик, І.А. Вишинський, Е.А. Копилович, П.П. Леяков, І.Д. Трутень, А.Н. Чернець, А.П. Майденов, В.К. Ткач та ін., які поклали початок його науковій школі.

Однак джерела харківського радіофізичного напрямку ведуть до відомого фізика Д.А. Рожанському (1882–1936), який в 1911–1921 рр. викладав у Харківському університеті, зокрема завідував кафедрою фізики й керував фізичним семінаром. Він започаткував тут радіофізичні дослідження, широко залучаючи до наукової праці студентів і молодих співробітників кафедри, зокрема Д.С. Штейнберга, А.О. Слуцкіна і Ю.Б. Кобзарєва, що стали згодом відомими вченими. В 1921–1920 рр. він очолював Харківську науково-дослідну кафедру фізики і здійс-

нював певний ідейний вплив на тематику досліджень в ХІНО. Після переїзду в 1919 р. у Нижній Новгород, де він брав участь в створенні Нижегородської радіолабораторії, а в 1923 р. до Ленінграду Д.А. Рожанський не переривав зв'язки зі своїми учнями.

В 1924 р. на IV з'їзді фізиків у Ленінграді Д.А. Рожанський висунув ідею магнетрона, в розвиток якої запропонував А.О. Слуцкіну й Д.С. Штейнбергу провести роботу, пов'язану з одержанням деци- і сантиметрових хвиль за допомогою електронних ламп, вміщених у магнітне поле. В 1926 р. у статті «Одержання коливань у катодних лампах за допомогою магнітного поля» вони по суті описали магнетронний генератор:

«Якщо вмістити підсилювальну лампу між полюсами електромагніту так, щоб електрони під впливом електричного поля могли рухатися паралельно магнітним силовим лініям, – писали вони, – то з'являється сильний анодний струм, спричинений коливаннями електронів» [2, с. 395].

Однак всі спроби виявити НВЧ магнетронні коливання виявилися невдалими, хоч водночас було вивчено умови виникнення анодного струму та інші явища. Названа робота започаткували різнобічні широкі дослідження магнетронних генераторів, на багато років визначивши напрямок робіт харківських колективів радіофізиків в УФТІ та в університеті. Варто зазначити, що безпосередня розробка й створення магнетронного генератора пов'язується з іменами низки вчених: А. Жачека (Чехія), К. Окабе й Х. Ягі (Японія), А.О. Слуцкіна й Д.С. Штейнберга. Однак винахідником магнетрона як електровакуумної лампи є американський радіофізик

* Тут і далі особисте повідомлення автору.

А. Халл. В 1916 р. він запатентував висунутий ним принцип керування інтенсивністю коливань у діоді за допомогою змінного магнітного поля, в 1921 р. спочатку з'явилися його перша коротка публікація про магнетрон, а потім – фундаментальна, в якій він описав принцип дії та конструкцію магнетрона, дав його теорію, запровадив і сам термін [3]. У повідомленнях 1923 і 1925 рр. він продовжив розробку теорії й практичного застосування магнетрона, пріоритет же в експериментальному виявленні високочастотних коливань у магнетроні належить згадуваним вище ученим, які створили магнетронний генератор [3].

В 1928–1931 рр. роботи А.О.Слуцкіна присвячено поглибленому вивченню властивостей суцільних магнетронів як джерел НВЧ коливань. Він створив магнетрон сантиметрових хвиль, знайшов новий тип магнетронних коливань, спричинюваних рухом електронів уздовж осі катода, побудував теорію магнетронного генератора. У наступні роки (1931–1938) А.О. Слуцкін з учнями розробляв методи одержання значної потужності на дециметрових хвилях. Створені раніше магнетрони з суцільним анодом дозволяли одержувати дециметрові хвилі потужністю кілька ватів і для широкого впровадження в радіофізику й радіолокацію не годилися. Тому було розроблено новий метод генерування дециметрових хвиль значної потужності за допомогою магнетронних коливань динаotronного типу (А.О. Слуцкін та ін.) [4] і розвинено їх теорію [5]. Ці дослідження завершилися створенням серії магнетронних генераторів дво- і багатосегментних типів. Вперше в

країні створено генератори з рекордними на той час характеристиками. Так, на магнетронах на хвилях дециметрового діапазону в режимі безперервного випромінювання було досягнуто потужність близько 20 кВт (А.О. Слуцкін, С.Я. Брауде, І.Д. Трутень) [4, 7], а в імпульсному режимі – близько 100 кВт (О.Я. Усиков, І.М. Вігдорчик та ін.) [6]. Одержані результати лягли в основу створення в 1939 р. трикоординатної радіолокаційної станції дециметрового діапазону, що давала можливість визначати з високою точністю три координати літака під час польоту (А.О. Слуцкін, О.Я. Усиков, С.Я. Брауде, І.Д. Трутень, І.М. Вігдорчик, І.М. Соркін) [12].

При розробці магнетронних генераторів було досліджено низку фізичних процесів у них, зокрема характер руху електронів з урахуванням об'ємного заряду й впливу магнітного поля на просторовий заряд, вплив зовнішньої ерс на роботу двосегментного магнетрона (С.Я. Брауде) [8, 9], встановлено існування розподілу швидкостей електронів у міжелектродному просторі (І.М. Вігдорчик), вивчено особливості газового розряду в магнітному полі та одержані потужні джерела іонів значної густини (А.О. Слуцкін, О.Я. Усиков, І.М. Вігдорчик).

У післявоєнні роки А.О. Слуцкін, його співробітники та учні продовжували широкі дослідження й розробки зі створення магнетронних генераторів міліметрового діапазону імпульсної й безперервної дії. Запропоновано й вивчено механізм збудження коливань у багатосегментних магнетронах з тонким катодом і розвинуто їх теорію (А.О. Слуцкін) [10], розроблено серію імпульсних

магнетронів міліметрового діапазону. Про ці часи згадує С.Я. Брауде:

«Після війни, повернувшись до Харкова, з ініціативи А.О. Слуцкіна його колектив зайнявся міліметровими хвилями й досяг досить важливих результатів. До цієї роботи він залучив університетську молодь та уфтинських аспірантів. Почавши, власне кажучи, на порожньому місці, до кінця своїх днів А.О. Слуцкін прийшов з великими досягненнями. Колектив співробітників на чолі з А.О. Слуцкіним створив у СРСР практично всі основні елементи міліметрової радіотехніки»*.

В ці ж роки завершилося формування і його школи.

«Поряд зі своєю науковою діяльністю, що увінчалася низкою блискучих робіт з фізики й техніки надвисоких частот, з радіолокації, газовому розряду тощо, — писав в 1946 р. К.Д. Синельников, — А.О. Слуцкін виховав багатьох талановитих учених, що користуються заслуженим авторитетом у відповідних галузях науки. Навколо А.О. Слуцкіна в цей час групується ряд учених, які проводять роботи з області фізики коливальних і складають його школу, що по суті є єдиним в Україні колективом, який працює в галузі НВЧ дециметрового й сантиметрового діапазонів» [1, с. 38].

Методику досліджень А.О. Слуцкіна, а також його роботу з учениками й співробітниками яскраво описав С.Я. Брауде:

«Він був дуже гарним експериментатором. Ретельно готував експерименти, твердо знав, на які запитання повинен відповісти експеримент, які досліди ще варто поставити, щоб вирішити поставлене завдання. А.О. ретельно студіював літературу з досліджуваної проблеми. Як справжнього експериментатора А.О. вирізняло вміння побудувати теорію проведеного дослідження й зіставити її з експериментальними даними. Свою роботу в лабораторії А.О. починав з обходу наукових співробітників, які проводять головні теми відділу. Він запитував про одержані результати, обговорював їх, цікавився, як буде далі вестися робота, вносив свої пропозиції. Якщо науковець з пропозиціями А.О. не погоджувався, то тут же на робочому місці виникала дискусія і в більшості випадків думка А.О. приймалася.

Разом з тим траплялося, коли співробітники А.О. переконували його в своїй правоті, і він, погодившись, ніколи не згадував про те, що пройшла не його думка. А.О. дуже ретельно стежив за тим, щоб його співробітники підвищували свою кваліфікацію, читали літературу, здавали теоремімум, доповідали на семінарі. Раз на тиждень наукові співробітники доповідали статті з різних журналів, а на бригаді — раз у два тижні. Кожний науковий співробітник коротко розповідав всьому колективу результати своєї роботи. Така методика ведення досліджень виявилася дуже ефективною. Вона допомагала згуртувати колектив і тримати співробітників у курсі робіт, що ведуться»*.

І далі С.А. Брауде розкриває вплив А.О. Слуцкіна на нього:

«Він був Учителем з великої літери. Спілкуючись з ним, я навчився, як необхідно працювати, на що спрямовувати зусилля, як взаємодіяти з людьми. Я навчився не тільки тому, як і що робити, що, безумовно, зовсім необхідно, але й зрозумів, як поводити себе, що не менш істотно. Цю науку, отриману мною від А.О., я намагався застосувати на практиці, взаємодіючи з моїми співробітниками, і мені здавалося, якщо ця взаємодія була успішною, то в цьому була й заслуга А.О.»*.

Наукову школу А.О. Слуцкіна представляють С.Я. Брауде, О.Я. Усиков, І.М. Вігдорчик, І.Д. Трутень, А.Н. Чернець, Г.Я. Левін, І.А. Вишинський, Е.А. Копилович, П.П. Леяков, А.П. Майданов, І.М. Соркін, В.К. Ткач, Н.С. Зінченко, І.Г. Крупаткін, І.Я. Мінц, Ю.А. Браташевський, Г.Ф. Гетьманов та ін.

Після смерті А.О. Слуцкіна в 1950 р. створена ним школа не розпалася. По першому напрямку — магнетронному, очолюваного О.Я. Усиковим, тривали роботи зі створення нових джерел електромагнітних хвиль мілі- і субміліметрового діапазонів, ще більш широкого освоєння спектра електромагнітних випромінювань; другий, очолюваний С.Я. Брауде, пов'язаний з дослідженнями з

поширення радіохвиль і декаметрової радіоастрономії, які раніше не проводилися в Україні [11, 12].

Створений А.О. Слущкіним сильний колектив радіофізиків та одержані ним результати привели до того, що в 1955 р. на базі радіофізичного сектора ХФТІ було створено Інститут радіофізики та електроніки АН УРСР, який очолили учні А.О. Слущкіна – О.Я. Усиков і С.Я. Брауде (О.Я. Усиков – директор Інституту в 1955–1973 рр., С.Я. Брауде – заступник директора в 1955–1980 рр.) [23]. Діяльність Інституту стала яскравою ілюстрацією розвитку ідей і підходів, розроблених А.О. Слущкіним і його учнями, з яких О.Я. Усиков [13] і С.Я. Брауде [14] стали засновниками нових наукових напрямів в Інституті й груп своїх учнів, які згодом перетворилися на наукові школи.

Вивчено особливості збудження магнетронів міліметрового діапазону й розроблено їх конструкції з полегшеними умовами роботи, зниженими значеннями анодної напруги й магнітного поля, які мають високі ккд, що дозволило створити генератори імпульсної дії на фіксованій хвилі від 7 до 1 мм відповідно потужністю від 100 до 1 кВт (І.Д. Трутень, І.Г. Крупаткін та ін.) [15]. Розроблено й створено також магнетронні генератори безперервної дії й відкрито клінотронний спосіб генерування з електричною перебудовою частоти, реалізований у новому типі генератора НВЧ – клінотроні безперервної та імпульсної дії (Г.Я. Левін, А.І. Бородкін, А.Я. Кириченко, В.І. Максимов, С.А. Чурілова, Б.П. Єфімов). Потужність їх випромінювання в безперервному режимі досягла кількох сотень міліватів у субміліметро-

вому діапазоні і десятків ватів у міліметровому. В імпульсному режимі потужність генераторів становила 1 кВт у субміліметровому діапазоні. Створено наукові й технічні основи відбивальних клістронів у всьому міліметровому діапазоні та серію таких клістронів, з'ясовано можливість існування приладів цього типу також у довгохвильовій ділянці субміліметрового діапазону (А.Н. Чернець, М.І. Бабенко, Л.В. Огаркова та ін.).

У результаті до кінця 60-х років в Інституті у вакуумній НВЧ електроніці на базі нових фізичних принципів уперше в країні розроблено нові методи генерації мілі- і субміліметрових хвиль, на основі яких створено й впроваджено у виробництво цілу серію магнетронів імпульсної й безперервної дії, клінотронів і відбивальних клістронів, що генерують коливання з довжиною хвиль від 2 см до 0,5 мм (І.Д. Трутень, А.Н. Чернець, Г.Я. Левін) [16]. Розроблено також комплекти радіовимірювальної апаратури хвилеводного й променеводного типів у міліметровому діапазоні (Є.М. Кулешов, М.С. Яновський, Д.Д. Литвинов, В.А. Щербов та ін.). За створення зазначених вище генераторів і вимірювальної апаратури О.Я. Усиков, І.Д. Трутень, В.А. Чернець, Г.Я. Левін і Є.М. Кулешов удостоєні Ленінської премії 1960 р. У наступні роки створено електровакуумні прилади «О»- і «М»-типів з довжиною хвилі від 10 до 0,5 мм, імпульсні магнетрони міліметрового діапазону з холодним вторинно-емісійним катодом (І.М. Вігдорчик, В.Д. Науменко, В.П. Тимофєєв) [17], 8-міліметрові магнетронні тріоди й тетроди з лінзовою оптикою (Г.Я. Левін, О.Я. Усиков та ін.). В 1981 р. за до-

слідження з вакуумної НВЧ електроніки Г.Я. Левіну, В.І. Михайлову, С.Н. Терехову, О.Я. Усикову й А.І. Хижняку присуджено Державну премію УРСР.

На початку 70-х років уже іншим поколінням учених Інституту розроблено новий клас джерел когерентного випромінювання мілі- і субміліметрового діапазону – генератори дифракційного випромінювання і створено новий напрям – дифракційну електроніку та відповідну школу (В.П. Шестопапов та ін.) [22].

З 1946 р. з ініціативи й під керівництвом С.Я. Брауде розгорнулися роботи з вивчення поширення радіохвиль. Спочатку вони проводилися в ХФТІ, а потім стали одним з основних і традиційних наукових напрямків Інституту радіофізики та електроніки АН УРСР. Тут проводилися комплексні дослідження процесів поширення, розсіяння й поглинання радіохвиль над поверхнею поділу двох середовищ, головним чином, над морською поверхнею, в тропосфері й космосі (С.Я. Брауде, І.Є. Островський, І.С. Тургенев, А.В. Мень, Я.Л. Шамфаров, Ф.Г. Басс, Ф.С. Санін та ін.). Експериментально вивчено особливості поширення радіохвиль від середньохвильових до міліметрових над схвильованою поверхнею моря, побудовано теорію розсіяння радіохвиль статистично нерівними поверхнями, розроблено неконтактні методи визначення параметрів морських хвиль. В результаті сформувався новий науковий напрямок – радіоокеанографія (1946–1960) [18]. За роботи з вивчення поширення радіохвиль С.Я. Брауде, І.С. Тургенев, І.Є. Островський, Ф.С. Санін

і Я.Л. Шамфаров в 1952 р. удостоєні Державної премії СРСР.

У спеціальних басейнах і в натурних умовах виконано цикл вимірювань з використанням хвиль довжиною від кількох метрів до міліметрів з метою розробки двомасштабної моделі схвильованої поверхні моря, що стала загальноприйнятою як у країні, так і за кордоном (І.Є. Островський, І.М. Фукс, А.Д. Розенберг, А.І. Калмиков та ін.). В значному циклі експериментальних і теоретичних робіт (1957–1963) вирішено задачу поширення хвиль у випадково неоднорідному середовищі при наявності поверхні поділу та виявлено низку раніше невідомих закономірностей і явищ. Так, було відкрито й пояснено явище флуктуаційних спалахів у мінімумах середнього поля, закони зміни флуктуацій поля, відмінні від вільного простору (А.В. Мень, С.Я. Брауде, В.І. Горбач) [19].

В процесі освоєння найбільш короткохвильових діапазонів радіохвиль доводиться зважати на зростаючий вплив тропосфери. Вивчено молекулярне поглинання й розсіяння мілі- і субміліметрових хвиль на неоднорідних вкрапленнях (дощ, туман, дим). Багаторічні дослідження дозволили виробити рекомендації для розробки й експлуатації різних радіопристроїв, робота яких пов'язана з поширенням радіохвиль у тропосфері (О.Я. Усиков, В.Л. Герман, І.Х. Ваксер) [20].

В 1958 р. С.Я. Брауде зі співробітниками розпочав роботи з декаметрової радіоастрономії, що дістали широкого розвитку в Інституті. Розроблено принципи побудови й створено чотири покоління широкосмугових електричних керованих антен, у тому числі радіотелескоп УТР-2 (1964–1969),

що з 1972 р. використовується для регулярних спостережень. За розробку нових радіотехнічних пристроїв А.В. Меню, Л.Г. Содіну, Н.К. Шарикіну, П.А. Мал'яновському, Є.П. Коноваленку й Г.А. Інютіну в 1977 р. присуджено Державну премію СРСР. У результаті на цих радіотелескопах одержано низку даних, пов'язаних з вивченням дискретних джерел космічного випромінювання, пульсарів, областей іонізованого водню, сонячної корони, з вимірюванням кутових розмірів об'єктів та ін. (С.Я. Брауде, Л.М. Литвиненко, А.В. Мень та ін.) [21]. Проведено значні й систематичні дослідження з космічної радіофізики й радіоастрономії, які ініціювали в 1981 р. організацію в інституті Відділення радіоастрономії, на базі якого в 1986 р. створено Радіоастрономічний інститут АН УРСР.

1. *Личное дело А.А.Слуцкина.* – Арх. АН України.

2. *Слуцкин А.А., Штейнберг Д.С.* Получение колебаний в катодных лампах при помощи магнитного поля // ЖРФХО, сер. физ., 1926, **58**, с. 395–407.

3. *Глебов А.Н., Храмов Ю.А.* К вопросу о приоритетне в создании магнетронного генератора / Нариси з історії природознавства і техніки, 2000, вып. 43, с. 3–15.

4. *Вышинский И.А., Копилов Е.А., Лелякоя П.П.* и др. Получение электромагнитных колебаний с длиной волны менее 50 см при помощи магнетронов с разрезным анодом // Журн. техн. физики, 1935, **5**, вып. 5.

5. *Слуцкин А.А.* Теория магнетронного генератора с разрезным анодом // Там же, 1936, **5**, вып. 4.

6. *Усиков А.Я.* Импульсный генератор управляемой частоты // Там же, 1937, **7**, вып. 9, с. 951–957.

7. *Слуцкин А.А., Брауде С.Я., Трутень И.Д.* // Радиотехника, 1946, – **1**, №9, с. 12–17.

8. *Брауде С.Я.* К вопросу о воздействии внешней ЭДС на магнетрон с разрезным анодом // Журн. техн. физики, 1940, **10**,

Таким чином, школою А.О.Слуцкіна зроблено не тільки істотний внесок у традиційні радіофізику й радіоелектроніку, в розвиток суміжних з ними напрямів, але й започатковано нові. В цьому й полягає еволюція школи, одним з яскравих проявів якої є, не просте слідування тим ідеям і напрямам, які заклав учитель, глава школи, а їх творчий розвиток, поглиблення, вихід у нові галузі, зокрема в квантову радіофізику, декаметрову радіоастрономію, електронну оптику та ін.; також поява в надрах школи нових шкіл або груп дослідників [22, 23]. Можна навіть говорити про Харківську радіфізичну школу, фундаторами якої стали передусім сам А.О. Слуцкін, а також О.Я. Усиков, С.Я. Брауде та В.П. Шестопапов.

вып. 23/24, с. 1993–2010; 1943, **13**, вып. 8, с. 431–449; 1944, **14**, вып. 6, с. 328–336.

9. *Брауде С.Я.* К вопросу о действии магнитного поля на пространственный заряд в плоском и цилиндрическом диодах // Там же, 1940, **10**, вып. 3, с. 217–236; 1945, **15**, вып. 3, с. 107–128.

10. *Слуцкин А.А.* Механизм возбуждения колебаний в многосегментных магнетронах // Там же, 1947, **17**, с. 425.

11. *Электроника и радиофизика миллиметровых и субмиллиметровых радиоволн.* – К.: Наук. думка, 1986.

12. *Институт радиофизики и электроники АН УССР.* – К.: Наук. думка, 1985.

13. *Александр Яковлевич Усиков.* – К.: Наук. думка, 1984.

14. *Семен Яковлевич Брауде.* – К.: Наук. думка, 1981.

15. *Трутень И.Д., Крупаткин И.Г., Баранов О.Н.* и др. Импульсные магнетроны миллиметрового диапазона волн в режиме пространственной гармоник // Укр. физ. журн., 1975, **20**, № 7, с. 1170–1176.

16. *Усиков А.Я.* Исследования и разработки в области электроники СВЧ, выполненные в Институте радиофизики и электроники АН УССР // Электрон, техника. Сер. 1. Электрон. СВЧ, 1972, вып. 12, с. 39–49.

17. Вигдорчик И.М., Науменко В.Д., Тимофеев В.П. Импульсные магнетроны с холодным вторично-эмиссионным катодом миллиметрового диапазона волн // Докл. АН УССР. Сер. А, 1975, №7, с. 35.

18. Радиоокеанографические исследования морского волнения. — К.: Изд-во АН УССР, 1962.

19. Басс Ф.Г., Брауде С.Я., Канер Э.А., Мень А.В. Флуктуации электромагнитных волн в тропосфере при наличии поверхности раздела // УФН, 1961, 73, вып. 1, с. 89–119.

20. Усиков О.Я., Герман В.Л., Ваксер І.Х.

Дослідження вбирання та розсіяння міліметрових хвиль в опадах // Укр. фіз. журн., 1961, 6, №5, с. 614–618.

21. История Академии наук Украинской ССР. — К.: Наук. думка, 1979.

22. Костенко А.А., Яковенко В.М. Становление и развитие научных направлений в Институте радиопизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины // Электромагнитные волны и электропары системы, 2010, 15, №9, с. 313.

23. Институт радиопизики и электроники им. А.Я Усикова НАН Украины. 50 лет. — Харьков, 2005.

НАУКОВА ШКОЛА ФІЗИКИ РІДИН В.І. ДАНИЛОВА

Теоретичні та експериментальні дослідження фізичних властивостей речовини, адекватно пов'язаних з її атомним складом, структурою, характером руху й взаємодією частинок у ній, здійснюються різними методами, зокрема заснованими на дифракції рентгенівських променів і нейтронів. Відкрите в 1912 р. явище дифракції рентгенівського випромінювання на кристалах (М. Лауе, В. Фрідріх, П. Кніппінг) стало фізичною основою методу рентгеноструктурного аналізу, розробленого відразу після цього відкриття (1913) Генрі й Лоуренсом Бреггами та незалежно Ю.В. Вульфом. За допомогою цього методу було розшифровано першу кристалічну структуру — NaCl. В 1916 р. П. Дебай і П. Шеррер запропонували вивчати структуру полікристалічних матеріалів також за допомогою дифракції рентгенівських променів (метод Дебая–Шеррера) і, дослідивши цим методом рідкий бензол, започаткували рентгенографію рідин.

Рентгенографічні дослідження рідин в Україні пов'язано з ім'ям відомого українського фізика-експериментатора В.І. Данилова, провідного фахівця з фізики рідкого стану та за-

сновника нових наукових напрямів і наукової школи [1–3]. Віталій Іванович Данилов народився 10 квітня 1902 р. в с. Жовте (нині Луганської області). Після закінчення в 1926 р. Дніпропетровського інституту народної освіти (нині університет) згодом очолив там організовану з його ініціативи кафедру молекулярної фізики (1935–1941), одночасно завідував (1933–1944) лабораторією кристалізації Дніпропетровського фізико-технічного інституту. В подальшому, коли Дніпропетровський фізико-технічний інститут у 1944 р. переїхав до Москви і був перетворений в Інститут металознавства й фізики металів у складі Центрального науково-дослідного інституту чорної металургії, В.І. Данилов як і раніше очолював у ньому відділ кристалізації аж до своєї смерті в 1954 р. Аналогічним відділом він керував у (1946–1954) у Лабораторії металофізики АН УРСР, багато зробив для її перетворення в Інститут металофізики й в 1951 р. став його директором. В 1945 р. був обраний членом-кореспондентом АН УРСР, в 1951 р. — академіком. Помер 19 березня 1954 р.

Відділи кристалізації в зазначених вище наукових установах стали тими

центрами, які об'єднували навколо В.І. Данилова талановиту молодь і були основою для формування його наукової школи.

«В.І. Данилов був не тільки великим ученим, який створив нові напрями в науці, але й чудовим педагогом, з великою любов'ю й талантом виховував наукову молодь, — писали його співробітники та учні. — В ньому поєднувалися широка ерудиція й висока вимогливість, скромність і принциповість, привабливість і доброзичливість, що залучало до нього не тільки молодих фахівців, але й відомих учених. За час своєї діяльності В.І. Данилов створив велику наукову школу. Близько 30 його учнів захистили кандидатські й докторські дисертації, багато хто з них керує кафедрою у вищих навчальних закладах і лабораторіями в науково-дослідних інститутах у різних містах Радянського Союзу, успішно розвиваючи наукові традиції свого вчителя» [2, с. 8–9].

В.І. Данилова вирізняли висока експериментальна майстерність, критичне ставлення до результатів власних робіт, чіткість узагальнень, прагнення до вдосконалення методики дослідження й чистоти експерименту, широкий діапазон наукових інтересів, комплексна розробка актуальних проблем металознавства з використанням найбільш досконалих методів досліджень, піонерський характер робіт, тісний зв'язок із практикою. У ньому поєднувалися світлий розум, широка ерудиція й винахідливість тонкого експериментатора. Він був талановитим організатором науки й педагогом, строгим і вимогливим, але простим у спілкуванні, доброзичливим, мав здатність об'єднувати людей у працездатний колектив, охоче ділився досвідом і знаннями, не гнобив творчу індивідуальність, був активним пропагандистом наукових ідей, енергійним і працездатним, його глибокі лекції завжди будили думку слухачів і стимулювали до пізнання нового.

Доречно навести висловлення про В.І. Данилова члена-кореспондента АН УРСР М.П. Арбузова:

«В.І. Данилов не тільки видатний вчений-дослідник, який володіє творчим розумом і ясністю думки. Він широко відомий в Україні як прекрасний педагог і організатор навчальної та науково-дослідної роботи. В.І. Данилов зробив значний внесок у справу створення й виховання наукових кадрів фізиків в Україні. Під його керівництвом проведено близько двох десятків дисертаційних робіт. Керівники кафедр фізики вузів Дніпропетровська, Кривого Рогу, Львова, Чернівців та інших міст України є учнями В.І. Данилова. Говорячи про нього, як про наукового діяча, не можна не відзначити особисті його якості як людини, завдяки яким він здобув любов і глибоку повагу студентів, аспірантів, співробітників і товаришів по роботі».

Талант експериментатора, який вмів поставити тонкий фізичний експеримент і провести глибокий аналіз одержаних результатів, зробили В.І. Данилова піонером вітчизняної науки в галузі рентгенографічного вивчення будови рідин.

«Значна вимогливість до чистоти й продуманості експерименту, постійний інтерес до можливих тлумачень того або іншого досліду, щоб в остаточному підсумку спрямувати дослідження правильним шляхом, — ось ще одна чудова риса В.І. Данилова як наукового керівника, — відзначав член-кореспондент НАН України А.Г. Лесник».

І завершимо перелік відгуків про В.І. Данилова словами академіка Г.В. Курдюмова, який писав, що «розгляд наукових праць В.І. Данилова, його науково-громадської й педагогічної діяльності показує, що В.І. Данилов є видатним ученим і металознавцем, що створив свої напрями в науці та свою школу».

Всі перераховані вище якості В.І. Данилова характеризують його не тільки як відомого вченого, але і як чудового вихователя наукових кадрів, засновника школи з фізики рідкого стану, формування якої почалося

в 30-х роках у Дніпропетровську, й тривало потім у Москві й Києві.

Наукові праці В.І. Данилова присвячено в основному рентгенографічному дослідженню будови рідин, зокрема рідких металів і сплавів, і вивченню процесів кристалізації [1, 4, 5]. В 30-і роки в літературі опубліковано порівняно небагато робіт з рентгенографічного вивчення структури рідин, що пов'язано зі значними експериментальними труднощами. В.І. Данилову та його учням удалося успішно використати рентгенівські промені для дослідження структури рідин завдяки створеній ними методиці одержання й розшифровки рентгенограм рідин і спеціальній апаратурі. Вже тоді лабораторія В.І. Данилова посіла провідне місце у вивченні молекулярної структури рідкої фази, а його монографія «Розсіяння рентгенівських променів у рідинах» (1935) стала настільною книгою дослідників у галузі рентгенографії рідин [4].

Виконані В.І. Даниловим зі співробітниками дослідження структури низки легкоплавких металів (ртуті, свинцю, олова, вісмуту) і їх сплавів, рідких сумішей евтектичного складу та інших речовин показали, що різні рідкі метали мають неоднакову упаковку атомів, характер якої в малих областях близький до характеру упаковки атомів у кристалічному стані, інакше кажучи, одноатомні рідини можуть мати різну структуру, що значно відрізняється від щільної упаковки, і в багатьох випадках координація атомів рідких металів близька до координації атомів у кристалі. Показано також, що ступінь близькості упаковки атомів у твердому й рідкому станах неоднаковий для різних металів. Тим самим було спростовано тенденцію

(після модельних дослідів П. Дебая і Х. Менке, 1931р.) приписувати рідким металам і взагалі одноатомним рідинам структуру щільноупакованих куль. Робота В.І. Данилова з учнями дала експериментальне доведення положення, що молекулярні сили, які характеризують структуру кристала, визначають також взаємне розташування атомів і молекул у рідкій фазі [5]. Зокрема, В.І. Даниловим і В.Е. Неймарком показано (1933–1935), що поблизу точки кристалізації рідка ртуть має структуру, яка відрізняється від щільної упаковки, і взаємне розташування атомів наближається до стану, спостережуваному в твердій фазі [6].

В 1934–1937 рр. вивчення В.І. Даниловим і І.В. Радченком розсіяння рентгенівських променів рідкими свинцем, оловом, вісмутом та їхніми сплавами показало, що різним рідким металам властиве різна упаковка їх атомів, причому характер її близький до упаковки цих атомів у кристалах, тобто при плавленні металів і сплавів розташування атомів один відносно одного не стає довільним, а зберігає взаємну координацію, характерну для твердого стану (збереження координаційного числа) [7, 8].

«...Під час плавлення кристалічна гратка зникає, але взаємні розташування атомів не стають цілком довільними, – писав В.І. Данилов. – Ефект міжмолекулярних сил проявляється в тому, що в невеликих областях рідини в кожний момент часу атоми виявляються об'єднаними в такі групи, в яких їхнє взаємне розміщення є енергетично вигідним. Координаційне число, що характеризує упаковки атомів у кристалі, при плавленні зберігається. При цьому в рідині зустрічатимуть атоми, оточені неправильним числом сусідів. У будь-який момент часу вся рідина складатиметься з невеликих ділянок із правильним і неправильним взаємним розташуванням атомів». Такий був погляд В.І. Данилова на будову рідин.

Низка робіт стосується вивчення структури розчинів електролітів і визначення будови молекул за рентгенограмами рідин [9]. В.І. Даниловим було встановлено квазіевтектичну структуру подвійних рідких металічних і неметалічних систем з діаграмою стану евтектичного типу та вперше побудовано криві атомного розміщення подвійних рідких систем. Так, в 1937 р. В.І. Данилов і І.В. Радченко виявили, що дифракційна картина рідких евтектичних сплавів Bi–Pb, Pb–Sn і Zn–Sn є суперпозицією дифракційних картин чистих компонентів з урахуванням співвідношення їх концентрації, і висловили пропозицію, що в рідких евтектичних сплавах поблизу точки плавлення є мікрообласті з структурою чистих компонентів, які дозволяють провести аналогію між структурами рідких і твердих евтектичних сплавів. В подальшому кількісні рентгенографічні дослідження рідких евтектичних сплавів проводилися учнями В.І. Данилова – А.Ф. Скришевським, О.В. Романовою, Я.І. Дутчаком, Е.З. Спектором та ін.

Під керівництвом В.І. Данилова розроблено також методику досліджень структури рідин на моделях, методами ультраакустики та ін. [10]. Зокрема, вивчалися поглинання ультразвуку в подвійних рідких системах, структура електролітів, визначалася температурна залежність теплоємності рідких металів. Використавши метод малокутового розсіяння рентгенівських променів, В.І. Данилов з Н.В. Моховим і Я.М. Лабковським досліджував флуктуації густини в рідинах.

В результаті в 30-і роки роботи В.І. Данилова з учнями Е.Е. Плуж-

ником, В.Е. Неймарком, І.В. Радченком, Н.Н. Підосинниковим, М.А. Левашевичем, І.З. Оліфіренко, Б.М. Теверовським та ін. з рентгенографічного вивчення структури рідин стали фундаментальним внеском у фізику рідкого стану та сприяли створенню її теорії.

Іншим основним напрямком робіт В.І. Данилова та його учнів були дослідження процесу кристалізації рідин [11]. Було вирішено низку принципових питань переходу речовин з рідкої фази у тверду, з'ясовано фізику зародження центрів кристалізації в рідкій фазі, вплив на цей процес різних факторів. Зокрема, здійснено широкий цикл досліджень зародження центрів кристалізації в переохолоджених рідинах. У цих роботах брали участь В.Е. Неймарк, Е.Е. Плужник, Б.М. Теверовський, М.А. Левашевич, О.Д. Казачковський та ін. Встановлено закономірності зародження центрів кристалізації на дисперсних частинках нерозчинених домішок. Показано, що вплив попереднього перегрівання рідини на кінетику кристалізації зумовлюється дезактивацією домішок. Виявлено й вивчено явище активації домішок, встановлено умови його протікання. Роботи В.І. Данилова з вивчення активації та дезактивації домішок як центрів кристалізації становили значний інтерес для металургійної практики, оскільки давали можливість з'ясувати природу модифікування металів і сплавів шляхом введення домішок.

Значна роль домішок при кристалізації дозволила деяким дослідникам засумніватися в правильності тамманівського уявлення про спонтанне зародження центрів кристалізації. Застосувавши вдосконалені

способи очищення речовин від нерозчинних домішок, В.І. Данилов показав, що в основі кристалізації лежить спонтанне зародження центрів кристалізації, а домішки хоч і є важливим фактором, який впливає на зародження центрів кристалізації, але вторинним. Встановлено критерії, що дозволяють судити про спостереження спонтанної кристалізації, і шляхи здійснення необхідних умов. Вперше показано можливість одержання однозначних відтворювальних даних про кінетику зародження центрів, характерних для обраної речовини. Розроблено способи визначення фізичних параметрів поверхневого натягу, енергії активації, що характеризують кінетику процесу кристалізації даної речовини. Зокрема, вперше одержано експериментальні дані про поверхневий натяг на межі «рідина – кристал» для низки речовин. На основі експериментальних даних В.І. Данилов запропонував класифікацію рідин за їх схильністю до спонтанної кристалізації.

Цікаві результати одержано при дослідженні впливу перегрівання рідини на здатність її до переохолодження. Показано, що зв'язок, який передбачався раніше між температурною залежністю структури рідини й здатністю її до переохолодження, не існує. Прямими дослідженнями встановлено, що залежність між ступенем переохолодження й попереднього перегрівання зумовлюється виключно домішками. При перегріванні домішки повністю дезактивуються й шляхом достатнього перегрівання їх роль може бути зведена до нуля. В цьому випадку можна спостерігати спонтанне зародження центрів кристалізації – межу

метастабільності як характеристику речовини рідини, а не домішок. Уявлення про межу метастабільності переохолодженої рідини як характеристики, що піддається експериментальному визначенню, було введено В.І. Даниловим і Б.М. Теверовським. Її було визначено для низки металів і органічних речовин.

В.І. Даниловим і його учнями виконано низку робіт прикладного характеру, пов'язаних із завданнями метало- і гірничорудної промисловості. Вивчено кристалізацію алюмінієвого зливка з метою поліпшення його якості, процес термонамагнічування криворізьких кварцитних руд, розроблено спосіб одержання дрібнокристалічної структури зливоків і методику рентгенографічного аналізу марганцевих руд і вугілля. В 1950 р. за роботи з кристалізації рідин В.І. Данилов був удостоєний Державної премії СРСР.

Дослідження В.І. Данилова 30–40-х років з кристалізації значно вплинули на фізику металів і металургію та успішно розвивалися в подальшому його учнями в Інституті металофізики АН УРСР (А.С. Лашко, Д.Е. Овсієнко, О.В. Романова), Інституті фізики металів і металознавства в Москві (А.М. Зубко, Д.С. Каменецька, В.Е. Неймарк), Дніпропетровському металургійному інституті (І.В. Радченко), Київському університеті (О.З. Голик, А.Ф. Скришевський) та ін. Наукову школу В.І. Данилова представляють член-кореспондент НАН України А.Г. Лесник, доктори наук А.З. Голик, Я.І. Дутчак, А.М. Зубко, Д.С. Каменецька, О.Д. Казачковський, А.С. Лашко, Д.Е. Овсієнко, І.В. Радченко, О.В. Романова, А.Ф. Скришевський, а також В.Е. Не-

ймарк, Е.Е. Плужник, М.А. Левашевич, Н.В. Мохов, Е.З. Спектор, Б.М. Теверовський та ін.

Засновником великого колективу вчених у галузі фізики рідкого стану був професор Київського університету О.З. Голик, який в 1952 р. організував тут кафедру молекулярної фізики й керував нею до 1978 р. Основні напрями досліджень О.З. Голика та його учнів (Ю.І. Шиманського, А.В. Чалого, Т.П. Рощиної, І.І. Адаменка та ін.) – вивчення пружних і в'язих властивостей молекулярних рідин і розчинів у широкому інтервалі температур, тисків і концентрацій, теплового руху молекул, критичних явищ в індивідуальних рідинах і розчинах, фазових перетворень «рідина – пара» та ін. [12].

Розроблено методи дослідження рівняння стану рідин у широкому інтервалі температур і тисків, вивчено пружні й теплові властивості багатьох молекулярних рідин (О.З. Голик, А.В. Чалий, І.І. Адаменко та ін.) [13]. Запропоновано методи дослідження фізичних властивостей речовини поблизу критичного стану «рідина – пара», розвинено теорію явища (О.З. Голик, Ю.І. Шиманський, А.В. Чалий та ін.) [14]. Вивчено структуру молекулярних рідин, їх стискуваність і зсувову в'язкість та встановлено кореляцію між ними (О.З. Голик, А.Ф. Скришевський, І.І. Адаменко та ін.). Досліджено поглинання ультразвуку та об'ємний коефіцієнт в'язкості багатьох молекулярних рідин у широкому інтервалі температур і тисків (О.З. Голик, І.І. Адаменко та ін.), структуру, міцність і механічні властивості волокнуутворюючих полімерів, що кристалізуються (О.З. Голик, А.Ф. Скришевський та ін.).

Д.Е. Овсієнко зі співробітниками продовжував вивчення процесів зародження центрів кристалізації в переохолоджених рідинах, у тому числі зародкоутворення на твердих поверхнях. Зокрема, з'ясовано кінетику й механізм зародження сформульовано більше строгі критерії гомогенної кристалізації. Поряд із цим традиційним напрямком розвивалися дослідження механізму росту кристалів з розплаву й природи утворення в них субструктурних недосконаlostей. В результаті встановлено особливості кінетики й механізму росту кристалів, морфології, втрати стійкості й розвитку нерівноважних форм, механізму впливу й захоплення домішок та ін. [15]. Встановлено роль і механізми впливу різних факторів на формування дислокаційної структури в металічних кристалах і сформульовано фізичні принципи регулювання цієї структури.

Подальше інтенсивне вивчення будови рідин продовжували А.С. Лашко та О.В. Романова. Вони створили нові методи дослідження будови рідин і нові прилади. Одержано більш точні кількісні характеристики близького порядку, вивчено їх залежність від температури, складу сплавів, встановлено розходження між структурами рідких металів залежно від типу упаковки у твердій фазі, температури, вперше виявлено мікронеоднорідну будову бінарних сплавів, що утворюють тверді розчини [16].

Значні дослідження будови рідких розчинів проводилися в Київському університеті під керівництвом А.Ф. Скришевського, виконано цикл робіт з вивчення структури молекулярних рідин з різним характером міжатомної та міжмолекулярної взаємодій [17–19].

І.В. Радченко з учнями вивчав розчини, метали й сплави, розвивав модельні дослідження структури рідини [20, 21]. Зокрема, незалежно від інших він і Н.Я. Клінцов показали, що в розплавлених солях зберігається досить високий ступінь ближнього порядку іонів у межах найближчих сусідів. Вони ж установили, що в бінарних сольових розплавах ближній порядок значною мірою визначається структурою відповідних іонних систем у твердій фазі. Вивчивши розсіяння рентгєнівських променів сумішами метилово-

го спирту з водою, І.В. Радченко й Ф.К. Шестаковський встановили, що присутність у воді молекул метанолу зміцнює її структуру, викликаючи утворення більш міцних молекулярних асоціацій, ніж у чистій воді.

На жаль, після смерті В.І. Данилова в школі не виявилось наукового лідера, який зміг би продовжити справу по керівництву школою свого вчителя, і вона невдовзі припинила своє існування і нині становить лише історичний інтерес [16].

1. Данилов В.И. Вибрані праці. — К.: Наук. думка, 1971.

2. Виталий Иванович Данилов. — К.: Наук. думка, 1984.

3. Личное дело В.И. Данилова. — Арх. НАН Украины.

4. Данилов В.И. Рассеяние рентгєновских лучей в жидкостях. — М.; Л.: ОНТИ, 1935.

5. Данилов В.И. Применение рентгєновских лучей к исследованию жидкого состояния / Рентгєнография в применении к исследованию материалов. — М.; Л.: ОНТИ, 1936. — С. 82–102.

6. Данилов В.И., Неймарк В.Е. О структуре жидкой ртути вблизи точки кристаллизации // ЖЭТФ, 1935, 5, вып. 8, с. 724–728.

7. Данилов В.И., Радченко И.В. О структуре жидких металлов вблизи точки кристаллизации // Там же, 1937, 7, вып. 9/10, с. 1153–1157.

8. Данилов В.И., Радченко И.В. Рассеяние рентгєновских лучей в жидких эвтектических сплавах // Там же, с. 1158–1160.

9. Данилов В.И., Подосинников И.З. Рентгєновское исследование водных растворов электролитов / Труды Днепропетр. хим.-технолог. ин-та. — Харьков, 1938. — С. 95–99.

10. Данилов В.И., Плужник Е.Е., Терверовский В.М. Кристаллизация пиперина в ультразвуковом поле // ЖЭТФ, 1939, 9, вып. 1, с. 66–67.

11. Данилов В.И. Строение и кристаллизация жидкости. — К.: Изд-во АН УССР, 1956.

12. Голик А.З. Строение и свойства вещества в жидком состоянии / Труды Ин-та физики АН УССР, 1955, вып. 6, с. 70–82.

13. Теплофизические свойства жидкостей. — М.: Наука, 1976.

14. Голик А.З. Уравнение состояния реальных газов. — К.: Изд-во Киев, ун-та, 1961.

15. Овсиенко Д.Е. О природе образования дислокационной структуры в металлических кристаллах при росте из расплава / Рост и несовершенства металлических кристаллов. — К.: Наук. думка, 1966. — С. 164–191.

16. Институт металлофизики АН УССР. — Киев: Наук. думка, 1985.

17. Скрышевский А.Ф. Рентгєнографическое исследование некоторых растворов / Строение и физические свойства вещества в жидком состоянии. — К.: Изд-во Киев. ун-та, 1954. — С. 27–38.

18. Скрышевский А.Ф. Дифракция рентгєновских лучей, электронов и нейтронов в газах и строение молекул. — К.: Изд-во Киев, ун-та, 1961.

19. Скрышевский А.Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел. — М.: Высш. школа, 1980.

20. Радченко И.В. Строение жидких металлов // УФН, 1957, 61, вып. 2, с. 249–276.

21. Радченко И.В., Шестаковський Ф.К. Модельное изучение жидкого состояния / Строение и физические свойства вещества в жидком состоянии. — К.: Изд-во Киев. ун-та, 1954, с. 45–61.

НАУКОВА ШКОЛА ФІЗИЧНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ Н.Д. МОРГУЛІСА

Дослідження з фізичної електроніки в Україні значною мірою пов'язані з ім'ям відомого фізика члена-кореспондента АН УРСР Наума Давидовича Моргуліса (1904–1976). Розпочаті ним ще в 1927 р. на Київській науково-дослідній кафедрі фізики, вони були успішно продовжені й значно розширені в Інституті фізики АН УРСР і Київському університеті. В Інституті Н.Д. Моргуліс тривалий час очолював відділ фізичної електроніки, в 1932 р. в університеті створив відповідну спеціалізацію, а в 1937 р. – кафедру електрофізики, перетворену 1952 р. в кафедру фізичної електроніки, якою керував до останніх днів свого життя.

Вже в 30-х роках у Києві склався науковий центр в галузі катодної електроніки й почала формуватися наукова школа Моргуліса, остаточне становлення якої припадає на 40–50-і роки. Безумовно, цьому сприяла сама особистість Н.Д. Моргуліса – людини високої наукової репутації, широкого кола інтересів, ерудиції, яка володіє тонким почуттям нового, педагогічним хистом. Його риси вченого, людини й вчителя, стиль наукової й педагогічної діяльності розкривають його учні, які характеризують його з великою любов'ю й вдячністю, що дозволяє в якийсь мірі відтворити обстановку 40–50-х років і тим самим простежити генезис сформованої школи.

«Наум Давидович не справляв при першому знайомстві яскравого враження, – пише М.Г. Находкін. – Він був нижче середнього росту, одне плече вище за інше, лисуватий, завжди носив сильні окуляри, які знімав при читанні дрібного тексту. Розмовляв різко, але чітко вимовляючи окремі слова. Однак при всій зовнішній різ-

кості поведінки відчувалося, що Наум Давидович легко вразлива людина, що важко вступала в контакт із незнайомими людьми. Його різкість в спілкуванні була своєрідним захистом, за допомогою якого він переборював свою сором'язливість і беззахисність перед співрозмовником. Погана дикція також не сприяла спочатку гарному спілкуванню. Однак на лекціях Наум Давидович перетворювався. Фрази були простими й зрозумілими, логіка бездоганною, приклади наочними. Створювалося враження, що лекцію читає зовсім інша людина. Наум Давидович був не тільки гарним лектором, але й гарним педагогом. Він регулярно влаштовував добровільно-примусові консультації й колоквіуми, вимагав певної культури ведення конспектів. Одержати в нього на іспиті відмінну оцінку, не представивши конспект із додатково проробленим матеріалом за курсом, було неможливо. Додатковий матеріал можна було дістати тільки з періодичної, найчастіше іноземної літератури, тому що в курсі викладалися найсвіжіші дані. В такий спосіб робота над курсом фізичної електроніки стимулювала освоєння іноземних мов. Іспит приймався дуже строго, але студенти не ображались.

Значна увага приділялася лабораторному практикуму. Лабораторні роботи, як правило, повторювали складні дослідження, опубліковані в періодичній пресі. Студенту вручали план виконання роботи й список літератури. У лабораторії можна було працювати необмежений час, у тому числі вночі. Це була прекрасна школа лабораторної майстерності, і студенти швидко «дорослішали».

Цікавим видом навчання були семінарські заняття, на яких студенти доповідали опубліковані в періодичній пресі оригінальні дослідження. Роль викладача на цих заняттях зводилася до того, щоб спрямувати дискусію в потрібне русло. Якщо з'ясувалося, що доповідач не підготувався до виступу, то семінар переривався й доповідь переносилася на наступне засідання. Семінарські заняття будувалися так само, як і наукові семінари кафедри й відділу Інституту фізики. Наукові семінари були справжньою школою ведення дискусій, культури спілкування, методів пізнання фізичних істин, людських взаємин. Наум

Давидович був справжнім керівником семінару. Він заздалегідь знайомив учасників з матеріалами, які виносилися на обговорення, тому його зауваження були професійно переконливими й доречними. Вражала блискуча пам'ять та ерудиція Наума Давидовича. На семінарах ніхто нікого не стримував. Можна було задавати будь-які запитання. Вважалося, що поганих запитань немає, а є тільки погані відповіді. Ця обстановка невимушеності полегшувала участь студентів у наукових семінарах. На семінарах обговорювалися не тільки результати власних завершених робіт, але й найцікавіші новинки, опубліковані в періодичній пресі, за якими Н.Д. Моргуліс дуже уважно стежив.

Він також дуже уважно вивчав людські якості кожного майбутнього свого співробітника та, якщо вони виявлялися недостатньо високими, то жодні сили не могли «впровадити» цього співробітника в колектив. Залежно від ступеня ініціативності співробітника або учня йому формулювалося більш-менш докладно лише загальний напрямок досліджень. Співробітник сам уточнював тему, методику й послідовність проведення досліджень. Дуже важливою особливістю семінарів був відкритий характер дискусій. Співробітники не боялися висловлювати свої ідеї, тому що жодна публікація не йшла до друку без колективного обговорення суті роботи та авторського внеску окремих авторів. Співробітники не боялися плагіату. Важливим моментом було також і те, що кожний член колективу зобов'язаний був брати участь у навчальному процесі. Ця обставина сприяла виробленню самодисципліни, усувала негативні риси розподілу членів колективу на викладачів і наукових співробітників*.

Наведену вище характеристику Н.Д. Моргуліса доповнює Ю.Г. Птушинський:

«Н.Д. був блискучим лектором і досить вимогливим педагогом. Його лекції з фізичної електроніки були винятково цікавими й відвідувалися студентами з ентузіазмом. З періодичністю в два тижні він влаштовував так звані консультації з обов'язковим відвідуванням їх всіма студентами кафедри. На цих консультаціях він робив поголовну перевірку засвоєння курсу лекцій, який читав. Це один з істотних елементів його методики викладання. Обстановка на кафедрі панувала творча й для неї була характерна напружена лабораторна робота студентів

(особливо дипломників) і аспірантів. Така обстановка тоді була притаманна як для кафедри, так і для відділу фізичної електроніки в Інституті фізики, яким також керував Н.Д. Моргуліс.

До початку 50-х років Н.Д. Моргулісом була вже створена школа фізичної електроніки, її роботи вирізнялися високим ідейним та експериментальним рівнем і одержали широку популярність. Ознакою сформованої школи, ляється, було проведення в Києві ще в довоєнному 1940 р. Всесоюзної конференції з катодної електроніки.

Для Н.Д. Моргуліса була характерна широта наукових інтересів і відповідно в Інституті фізики й КДУ виконувався досить широкий спектр робіт у галузі електроніки (фізика оксидного катода, фотоелектроніка, вторинна електронна емісія, електронно-адсорбційні процеси на поверхні, фізика низькотемпературної плазми). В нього було сильно розвинене почуття нового, наукова інтуїція, що дозволяло йому вчасно формулювати й ставити актуальні дослідження. Так було з дослідженнями з фізики поверхні. В Києві вони розпочалися з ініціативи Н.Д. Моргуліса в 50-х роках, коли їх престиж як у СРСР, так і в світі був не дуже високий. З середини 60-х років цей напрям дістав бурхливого розвитку в усіх розвинених країнах. Завдяки наробкам і підготовленим кадрам (в основному учнями Н.Д. Моргуліса) їх рівень в київській школі визнано досить високим*.

Київську школу фізичної електроніки представляють академіки НАН України А.Г. Наумовець і М.Г. Находкін, члени-кореспонденти НАН України П.Г. Борзяк і Ю.Г. Птушинський, доктори наук М.Д. Габович, Д.А. Городецький, Я.П. Зінгерман, С.М. Левитський, Л.Л. Пасічник, Г.Я. Пікус, а також В.М. Гаврилюк, П.М. Марчук та ін. Школою зроблено значний внесок в емісійну електроніку й фізику низькотемпературної плазми [1–5].

В 30-і роки Н.Д. Моргуліс досяг значних успіхів у дослідженні поверхонь іонізації та нейтралізації. В

* Приватне повідомлення автору тут і далі.

1934 р. він незалежно від А.І. Ансельма й Р. Гьорні розробив одну з перших квантово-механічних теорій поверхневої іонізації [6]. Було виявлено вплив електричного поля на процес поверхневої іонізації, обґрунтовано уявлення про катодне розпилення й вторинну іонно-електронну емісію як про нерівноважні процеси [7], побудовано одну з перших теорій катодного розпилення, розроблено (1939) іонний проектор – перший попередник автоіонного мікроскопа, що дозволив розглянути поверхневу структуру торійованого вольфраму. Розпочато дослідження фізичних процесів в ефективних катодах різних типів.

Уже на ранньому етапі було розвинуто правильні уявлення про емітери як об'єкти з напівпровідниковими властивостями. Ідея про напівпровідникову природу ефективних емітерів, висловлена вперше Н.Д. Моргулісом в 1936 р. стосовно оксидного катода, одержала в його роботах та його учнів, зокрема П.Г. Борзяка, всебічне експериментальне обґрунтування й відіграла вирішальну роль в ефективних емітерах електронів [8]. П.Г. Борзяк уперше довів об'ємний характер фотоелектронної емісії зі срібно-киснево-цезієвих катодів, визначив їх енергетичну структуру й склад, а також структуру й склад сурм'яно-цезієвого катода [9]. На прикладі останнього він виявив явище компенсації провідності того чи іншого знака в напівпровіднику при введенні в нього донорної або акцепторної домішки. В 1940 р. відкрив явище тривалого збереження провідності після вимикання засвітки («заморожена провідність») [10].

Незадовго до початку війни було розроблено так звану методику кли-

на, що дістала розвиток у післявоєнних дослідженнях фото- і вторинної електронної емісії, за допомогою якої визначено оптичні константи фотокатодів і довжини пробігу електронів у них (Н.Д. Моргуліс, П.Г. Борзяк, Б.І. Дятловицька) [11].

З 1936 р. Н.Д. Моргуліс розпочав вивчення оксидних катодів і одержав тут низку важливих результатів. В 1938 р. він з А.Т. Нагорським виявив різке зростання вторинної емісії з оксидних катодів при підвищенні їх температури [12, 13]. В 1941 р. розроблено й вперше застосовано для вивчення напівпровідникової природи оксидних катодів зондову методику (Н.Д. Моргуліс, П.А. Зельцман). Вона полягала у введенні в тонкий шар катода двох або трьох зондів, що відразу дозволяло виявити запірний шар на межі шару катода і підкладки. Перервані війною, ці роботи вже в 1948—1949 рр. завершилися розробкою електронно-оптичної методики визначення й вивчення повного опору шару катода, яка дала можливість встановити наявність у нього особливого триповерхневого шару підвищеного опору, відповідального в основному за його емісійні властивості (Н.Д. Моргуліс, Я.П. Зінгерман) [14].

На початку 50-х років Н.Д. Моргуліс сформулював концепцію впливу особливостей зонної структури напівпровідників на емісійні ефекти. Вона стимулювала розвиток досліджень емісійних явищ у напівпровідниках і привела Н.Д. Моргуліса до створення теорії ефекту Шоттки для напівпровідників, у рамках якої було одержано формулу для внутрішньої роботи напівпровідника в електричному полі (формула Моргуліса). Ця концепція полегшила

розуміння роботи термо-, фотоелектронних, повторно-електронних і автоелектронних катодів і привела до створення теорії тунельної емісії напівпровідників.

В подальшому для вивчення процесів в оксидних шарах та інших сполуках типу $A^{II}B^{IV}$ М.Я. Пікус у Київському університеті розробив високовакуумну мас-спектрометричну методику [15]. Це дозволило розпочати систематичні дослідження кінетики термічної дисоціації й випарювання компонентів лужно-земельних металів і з'ясувати їх роль в механізмі активування оксидних катодів та істотно просунулися в розумінні природи явищ у таких об'єктах. Докладно вивчено випаровування сполук $A^{II}B^{IV}$ і з'ясовано роль електронних процесів у цьому [16]. Показано, що в процесі прогрівання для кожної температури досягається характерний динамічно рівноважний стан кристала, який випаровується, побудовано теорію випаровування компонентів і формування динамічно рівноважного стану іонних кристалів. Виникнення динамічно рівноважних станів кристалів оксидів лужно-земельних металів дозволило пояснити тривалу стабільну роботу оксидного термокатада при безперервному випаровуванні його активної речовини. Пояснено механізм впливу домішок деяких металів на властивості металізованого оксидного катода й сформульовано критерії вибору матеріалу для них. Вивчено закономірності кінетики випаровування кристалів напівпровідникових сполук, фактори, що їх визначають. Під керівництвом Н.Д. Моргуліса всебічно досліджено фізичні явища в барієвому металопоруватому катоді [17].

П.Г. Борзяк у результаті спектроскопічних досліджень сурм'яно-цезієвих та олов'яно-цезієвих плівок уперше виявив (1953) екситонне поглинання світла в напівпровідниках і фотоелектронну емісію, що виникає за рахунок цього поглинання [18]. Важливу роль тут відіграло вивчення загину енергетичних зон і приповерхневої області напівпровідника та зниження електронної спорідненості під впливом адсорбованих плівок [19]. Цими роботами фактично було закладено ідейні та експериментальні основи того напрямку в фотоелектроніці, який привів до створення фотоемітерів з від'ємною електронною спорідненістю (П.Г. Борзяк).

В 70-і роки в Інституті фізики дістав розвитку метод фотоелектронної спектроскопії, основи якого заклав П.Г. Борзяк. Цей метод використовувався для вивчення фундаментального питання про генезис енергетичного спектра зі збільшенням розміру частинок металу [20].

Роботи з вторинної електронної емісії та електронної спектроскопії одержали широкий розвиток і в Київському університеті, де М.Г. Находкін співробітниками виконав значний цикл досліджень кінетики руху вторинних електронів і механізму термопластичного запису інформації при опроміненні діелектриків електронами. Він вивчав основні кінетичні особливості збудження електронів у вторинній електронній емісії й рентгенівському фотоэффекті та встановив роль непружного розсіяння електрона в цих явищах у твердому тілі [21–23].

П.Г. Борзяком зі співробітниками проведено піонерські роботи з одержання емісії гарячих електронів і зсуву червоної межі фотоемі-

сії з напівпровідників внутрішнім електричним полем. Відкрито (1965) явище холодної електронної емісії їх металічних острівкових плівок і їх холодне свічення при проходженні через них струму (П.Г. Борзяк, О.Г. Сарбей, Р.Д. Федорович) [24]. У наступні роки в результаті широких досліджень фізичної природи цих явищ показано, що вони зумовлені розігрівом електронів за рахунок введеної потужності електричного струму. На основі цих відкриттів створено (кінець 60-х років) холодні катоди нового типу. Докторська дисертація О.Г. Сарбея, учня П.Г. Борзяка, підсумувала дослідження з гарячих електронів, активно стимульовані в свій час Н.Д. Моргулісом. У результаті в Інституті сформувався нові наукові напрямки – фізика гарячих електронів та електроніка острівкових плівок [3].

В 1947 р. Н.Д. Моргуліс побудував теорію автоелектронної емісії з напівпровідників [25], що одержала розвиток у роботах А.Ф. Яценка. В 60-х роках П.Г. Борзяк, А.Ф. Яценко та інші виконали значний цикл робіт з автофотоелектронної емісії з напівпровідників, що дали можливість сформулювати цілісне уявлення про автоелектронну та автофотоелектронну емісію з діркових напівпровідникових автофотокатодів і розробити (60-і роки) високочутливі фотодетектори й багатовітряні автофотокатоди великої площі [26, 27].

Широкого визнання одержали роботи з вивчення адсорбційних явищ на металах (Ю.Г. Птушинський, Я.П. Зінгерман, А.Г. Наумовець, Д.А. Городецький, В.М. Гаврилюк та ін.) [4]. Дослідження в цьому напрямку поряд з їх самостійним значенням важливі також як наукова

база для каталізу, захисту металів від корозії, електронної й вакуумної техніки. Ще до війни Н.Д. Моргуліс виконав низку фундаментальних робіт з фізики поверхні. В 50-х роках під його керівництвом розпочато систематичні дослідження електронно-адсорбційних явищ на металах. Впровадження в практику досліджень високовакуумної техніки, а київська школа виступила ініціатором у СРСР з використання в лабораторній практиці технології надвисокого вакууму (В.А. Гаврилюк, Ю.Г. Птушинський), створило передумови для вивчення поверхонь у «чистих» умовах.

З початку 60-х років ці дослідження проводяться на поверхнях з відомою атомною структурою – на окремих гранях металічних монокристалів. Вперше експериментально доведено (1958), що атоми одного металу конденсуються на атомарно чистій поверхні іншого металу з 100% імовірністю (Ю.Г. Птушинський) [28]. Розкрито (1967–1968) механізм атомних процесів при адсорбції кисню з поверхні тугоплавких металів і встановлено відповідність між характером цих процесів та атомною будовою монокристалічної поверхні (Ю.Г. Птушинський, Б.А. Чуйков) [29]. Вперше одержано коректні дані про складу продуктів десорбції при взаємодії кисню з вольфрамом і молібденом, визначено умови, при яких ця взаємодія стає корозійною (Ю.Г. Птушинський, Б.А. Чуйков). Я.П. Зінгерман з В.А. Іщуком виконав цикл досліджень з вивчення впливу адсорбції кисню на роботу виходу монокристала вольфраму. В 1963 р. вони незалежно виявили вплив електронно-стимульованої десорбції. При вивченні взаємодії електронів провідності з поверхнею

монокристалів тугоплавких металів було показано, що характер розсіяння змінюється від майже дзеркального для атомарно чистої впорядкованої поверхні до дифузійного для поверхні неупорядкованої або вкритої моношаром сторонніх молекул (Ю.Г. Птушинський, О.А. Панченко та ін., 1974 р.) [30].

Виконано значний цикл досліджень атомної структури субмоношарових адсорбованих плівок, що сприяло становленню кристалографії поверхонь. Виявлено двовимірні ґратки адатомів з великими періодами ($10\text{--}20 \text{ \AA}$), встановлено корекцію між структурними перетвореннями в плівках і змінами роботи виходу й теплоти адсорбції, виявлено фазові переходи I роду в плівках із сильним полярним зв'язком, показано істотну роль у визначенні структури плівок взаємодії адсорбованих частинок через підкладку (А.Г. Наумовець, А.Г. Федорус, В.К. Медведєв) [31]. В 1963 р. В.М. Гаврилюк і А.Г. Наумовець виявили явище дрейфу адсорбованих частинок у неоднорідному електричному полі й використали його для вивчення їх електронного стану [32]. На основі вивчення взаємодій атомів в адсорбованих плівках розроблено фізичні принципи відбору матеріалів для емісійно-активних систем. В результаті дослідження електронно-адсорбованих явищ на поверхні металів Інститут фізики посів провідне місце в країні.

З початку 60-х років у Київському університеті під керівництвом Д.А. Городецького велися роботи з вивчення структури моноатомних плівок на кристалах. З використанням методу дифракції повільних електронів, освоєним в університеті Н.Д. Моргулісом, ним ще в 50-і

роки здійснено широкий комплекс досліджень фізичних факторів, що впливають на структуру адсорбованих плівок [33]. Вивчено структури та їх вплив на роботу виходу плівок низки елементів, а також двовимірні кристалічні ґратки адатомів, простежено перехід від однієї впорядкованої структури до іншої при зміні поверхневої концентрації адатомів. Досліджено взаємодію кисню з гранями кристалів вольфраму й ренію. При адсорбції кисню спостерігалися структури, що свідчили про зміну структури підкладки під дією адсорбата. Вивчено структури плівок дипольних молекул оксиду барію на гранях кристалів вольфраму й ренію [34], а також подвійні шари, що дають можливість одержати малу роботу виходу плівкового еміттера при його підвищеній термостійкості.

Одним з важливим напрямків досліджень Н.Д. Моргуліса було всебічне дослідження фізичних процесів, які відбуваються в короткому діоді з термоемісійним катодом у присутності пари цезію. Ці роботи почалися ще в довоєнні роки й відновилися разом з П.М. Марчуком в 1948–1951 рр. Вони показали, що такий діод може бути перетворений на ефективний генератор електроенергії. У результаті було відкрито новий принцип перетворення теплової енергії в електричну, що має більші ккд і густину потужності з одиниці площі нагрітого тіла (катода) [35]. Ці дослідження започаткували новий перспективний напрям в енергетиці – термоемісійний метод перетворення енергії, який згодом активно розвивується.

В 60-х роках у Київському університеті під керівництвом Н.Д. Моргуліса почалося планомірне дослідження

дження фізичних принципів перетворення енергії за допомогою термоємійно-плазмового й магнітно-плазмосиномічного методів. Використавши широкий комплекс методик, Н.Д. Моргуліс з співробітниками визначив різні параметри низькотемпературної плазми, головним чином цезієвої [36]. Було вивчено велике коло питань, пов'язаних із процесами в цезієвій плазмі та цезієвих плазмових діодах, досліджено властивості плазми нового типу – фоторезонансної.

З 1950 р. в Інституті фізики під керівництвом М.Д. Габовича почалися широкі експериментальні дослідження з фізики плазми, зокрема іонної та плазмової електроніки. В 1950 р. він розробив метод формування потужних іонних пучків, за допомогою якого в подальшому було створено низку потужних іонних інжекторів [5, 37, 38]. Вивчено колективну взаємодію іонного пучка з плазмою й підтверджено (1964) основи теорії двопучкової іонної нестійкості. Досліджено взаємодію електронних пучків із плазмою, зокрема показано існування просторово зростаючих хвиль і дано пояснення явища аномального розсіяння електронів, виявлено (М.Д. Габович, Л.Л. Пасічник) збудження коливань плазми пучком електронів, що проходять через неї. В 1959 р. М.Д. Габович і Л.Л. Пасічник вивченими просторову структуру зон збудження й визначили втрати енергії пучка при русі в плазмі [39].

Л.Л. Пасічник експериментально виявив (1970) істотний вплив змінного електричного поля на рух зарядів, перпендикулярний магнітному полю, дослідив умови збудження та основні характеристики різного

роду нестійкостей плазми відбивального, прямого плазмово-пучкового й високочастотного розрядів у магнітному полі. Експериментально виявлено солітоноподібну структуру параметричної турбулентності плазми (Л.Л. Пасічник, В.Ф. Семенюк та ін.) [40].

Вперше експериментально спостерігалось (1969) передбачене теорією явище виникнення багатошвидкісного потоку при нелінійній взаємодії електронного пучка з плазмою (М.Д. Габович, А.П. Коваленко) [41], а в 1970 р. одержано синтезовану іонно-іонну плазму, складену з взаємопрониклих пучків позитивних і негативних іонів, показано підсилення коливань при відносному русі пучків (М.Д. Габович, В.П. Коваленко, А.П. Найда). Така плазма, як виявилось, є моделлю для експериментальної перевірки теорії нелінійних явищ у пучковій плазмі. Досліджено теоретично й виявлено експериментально (1970) дрейфову пучкову нестійкість неоднорідних зустрічних іонних потоків, що рухаються в плазмі вздовж магнітного поля (М.Д. Габович, Є.А. Пашицький, Н.М. Проценко). У фізиці іонно-пучкової плазми Інститут посів провідне місце в країні.

У Київському університеті С.М. Левитським активно вивчалися НВЧ явища в плазмі газового розряду. Розроблено низку НВЧ методів метрики плазми (резонаторний, резонансного НВЧ зонда, подвійного НВЧ зонда) [42, 43]. Досліджено поширення електромагнітних хвиль у плазмових хвилеводах і взаємодію електронних пучків із плазмою. Встановлено, що на лінійній стадії взаємодії відбувається зародження НВЧ коливань з теплових флуктуацій плазми та їх

експоненціальне зростання. Вивчено нелінійні ефекти, пов'язані зі збуренням параметрів пучкової плазми полями, які збуджуються в ній НВЧ і НЧ коливаннями.

Таким чином, практично всі напрями, в яких Н.Д. Моргулісом було розпочато дослідження ще в довоєнні роки, в подальшому дістали значного розвитку в Інституті фізики й Київському університеті. Зокрема, роботи емісійної електроніки й фізики низькотемпературної плазми активно розвивалися й поглиблювалися під керівництвом учнів Н.Д. Моргуліса – П.Г. Борзяка, М.Г. Находкіна, А.Г. Наумовца, Ю.Г. Птушинського й М.Д. Габовича, тим самим яскраво підтверджуючи життєву силу створеної ним київської школи фізичної електроніки [44]. В цьому

зв'язку Ю.Г. Птушинський писав:

«Характерною рисою Н.Д. Моргуліса було почуття нового. Він намагався прищепити його своїм учням, намагався постійно омолоджувати свій колектив, тому що молоді найсприйнятливіші до нового. Безперервне омолодження дослідницьких груп, почуття нового, комплексність досліджень, принциповість і висока мораль, нерозривне поєднання процесів навчання й досліджень – основні риси, які забезпечили життєздатність київської школи фізичної електроніки*».

Крім традиційних напрямів емісійної електроніки в школі розвилися й нові – тонкоплівкова електроніка, фізика малих металічних частинок, фотоемісійна спектроскопія та ін. [44].

1. Моргулис Н.Д. Развитие работ по электронике в УССР / Труды Ин-та физики АН УССР, 1955, вып. 6, с. 20–42.

2. Моргулис Н.Д. Исследования в области физической электроники в КГУ // Электронная техника. Сер. 1. Электроники СВЧ, 1972, № 12, с. 66–73.

3. Борзяк П.Г., Кулюпин Ю.А. Излучение света при взаимодействии медленных электронов с металлами // Укр. физ. журн. 1979, 24, №2, с. 204–214.

4. Наумовец А.Г., Птушинский Ю.Г. Исследования электронно-адсорбционных явлений на поверхности металлов в ИФ АН УССР // Там же, с. 215–228.

5. Габович М.Д. Компенсированные ионные пучки // Там же, с. 257–273.

6. Моргулис Н.Д. К вопросу о квантовой природе теории ионизации и нейтрализации на металлической поверхности // ЖЭТФ, 1934, 4, вып. 8, с. 684–689.

7. Моргулис Н.Д. Вторично-электронная эмиссия металлов при их бомбардировке электронами // УФН, 1936, 16, с. 730.

8. Моргулис Н.Д., Дятловицкая В.И. Эмиссионные свойства сурьмяно-цезиевых катодов // Докл. АН УССР, 1939, №2.

9. Борзяк П.Г. О природе фотоэффекта серебряно кислородно-цезиевого фотокатода / Тр. Ин-та физики АН УССР, 1953, выи. 4, с. 11–27.

10. Борзяк П.Г. Экспериментальное исследование сурьмяно-цезиевых пленок // Докл. АН СССР, 1941, 31, №6, с. 547–55.

11. Моргулис Н.Д., Борзяк П.Г., Дятловицкая В.И. Оптические и фотоэлектрические свойства сурьмяно-цезиевых катодов // Там же, 1947, 56, №9, с. 925–928.

12. Моргулис Н.Д., Нахутин И.Е. К проблеме оксидного катода // ЖЭТФ, 1936, 6, вып. 10, с. 1101–1112.

13. Моргулис Н.Д., Нагорский А.Т. Вторичная электронная эмиссия из оксидных катодов // Там же, 1938, 8, с. 1159.

14. Моргулис Н.Д., Зингерман Я.П. Экспериментальное исследование оксидного катода // Докл. АН СССР, 1951, 81, №5, с. 783–785

15. Пикус Г.Я. Масс-спектрометрическое исследование оксидных катодов в процессе длительной работы // Изв. АН СССР. Сер. физ., 1956, 20, №10, с. 1085–1095.

16. Пикус Г.Я. Исследование процесса испарения оксидных катодов // Физика твердого тела, 1961, вып. 3, с. 736–745.

17. Моргулис Н.Д. Физические свойства пористого металло-пленочного термокатаода // Журн. техн. физики, 1956, 26, вып. 3, с. 536–548.

18. Борзяк П.Г. Оптическое поглощение и фотоэффект полупроводникового сурьмяно-цезиевого фотокатода при низ-

кой температуре / Труды Ин-та физики АН УССР, 1953, вып. 4, с. 28–32.

19. Борзяк П.Г., Сарбей О.Г. Фотоэлектронная и вторичная эмиссия германия // Журн. техн. физики, 1958, **28**, вып. 9, с. 1905–1912.

20. Борзяк П.Г., Катрич Г.А. Фотоэлектронна спектроскопія // Вісник АН УРСР, 1980, с. 7–18.

21. Находкин М.Г., Романовський В.О. Вивчення кшетики руху електронів при вторинній емісії // Укр. фіз. журн., 1959, №4, с. 479–490.

22. Находкин Н.Г., Мельник П.В. Распределение по энергиям вторичных электронов и фотоэлектронов, возбужденных мягкими рентгеновскими лучами // Физика твердого тела, 1963, **5**, вып. 9, с. 2441–2447.

23. Находкин Н.Г., Остроухое А.А., Романовский В.А. Неупругое рассеяние электронов в тонких пленках // Там же, 1965, **7**, вып. 1, с. 210–216.

24. Борзяк П.Г., Калюпин Ю.А. Электронные процессы в островковых металлических пленках. – К.: Наук. думка, 1980.

25. Моргулис Н.Д. К вопросу об автоэлектронной эмиссии сложных полупроводниковых катодов // Журн. техн. физики, 1947, **17**, вып. 9, с. 983–986.

26. Бибик В.Ф., Борзяк П.Г., Яценко А.Ф. Германиевые и кремниевые полевые электронно-эмиссионные фотоэлементы // Укр. физ. журн., 1968, **13**, №5, с. 868–871.

27. Борзяк П.Г., Гиваргизов Е.И., Кулишова Г.Г. и др. Эмиссионные свойства многоострийных автофотокатодов из $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$, изготовленных кристаллизацией из паровой фазы // Изв. АН СССР. Сер. физ., 1976, **40**, №8, с. 1571–1574.

28. Птушинский Ю.Г. Исследование конденсации атомов серебра на молибдене // Журн. техн. физики, 1958, **28**, вып. 7, с. 1402–1407.

29. Птушинский Ю.Г., Чуйков Б.А. Масс-спектрометрическое исследование взаимодействия кислорода с гранями (110) и (100) монокристалла вольфрама // Физика твердого тела, 1968, **10**, с. 722–728.

30. Панченко О.А., Луцишин П.П., Птушинский Ю.Г. Статистический скин-эффект на атомно чистых поверхностях вольфрама и молибдена // ЖЭТФ, 1974, **66**, вып. 7, с. 2191–2197.

31. Большой Л.А., Напартович А.П., Наумовец А.Г., Федорус А.Г. Субмонослойные пленки на поверхности металлов // УФН 1977, **122**, вып. 1, с. 125–1548.

32. Гаврилюк В.М., Наумовец А.Г. Поверхностная диффузия адсорбированных атомов в электрическом поле // Физика твердого тела, 1963, **5**, № 10, с. 2792–2798.

33. Городецкий Д.О., Машута Г.Д. Дослідження електронних властивостей тонкоплівочних систем / Вісн. Київ. ун-ту. Сер. фіз. та хім., 1959, №2, вип. 1, с. 79–85.

34. Городецкий Д.А., Мельник Ю.П. Структура пленок окиси бария на грани (110) монокристалла вольфрама // Физика твердого тела, 1965, **7**, вып. 9, с. 2780–2788.

35. Моргулис Н.Д., Марчук П.М. До питання про перетворення теплової енергії в електричну шляхом використання термоелектричної емісії // Укр. фіз. журн., 1957, **2**, №4, с. 379–380.

36. Моргулис Н.Д., Корневой Ю.П. Некоторые источники ионов. – К.: Наук. думка, 1964.

37. Габоаич М.Д. Физика и техника плазменных источников ионов. – М.: Атомиздат, 1972.

38. Габович М.Д., Пасечник Л.Л. Аномальное рассеяние электронов и возбуждение плазменных колебаний // ЖЭТФ, 1959, **36**, вып. 4, с. 1025–1033.

39. Гурич А.А., Пасечник Л.Л., Попович А.С. Диффузия плазмы в магнитном поле. – К.: Наук. думка, 1979.

40. Габович М.Д., Коваленко В.П. Экспериментальное наблюдение возникновения многоскоростного потока при нелинейном взаимодействии электронного пучка с плазмой // Укр. физ. журн., 1970, **15**, № 11, с. 1893–1896.

41. Габович М.Д. Ионно-пучковая плазма и распространение компенсированных ионных пучков // УФН, 1977, **121**, вып. 2, с. 259–284.

42. Левитский С.М., Шашурин И.П. Метод резонансного сверхвысокочастотного зонда для измерения концентрации зарядов в плазме // Журн. техн. физики, 1961, **31**, вып. 4, с. 436–444.

43. Левитский С.М., Баранчук Н.С. Исследование свойств цилиндрического плазменного волновода // Изв. вузов. Радиофизика, 1961, **4**, №6, с. 1078–1088.

44. Інститут фізики НАН України. 80 років. – Львів: Євровіт, 2009.

НАУКОВА ШКОЛА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ФІЗИКИ К.Д. СИНЕЛЬНИКОВА

Тонкий експериментатор галузі фізики, який зробив значний внесок у багато її розділів, Кирило Дмитрович Синельников (1901–1966), як не дивно, основною своєю професією вважав сферу організацію науки [1–4].

«Двадцять століття створило нову професію для вченого-фізика – професію організатора науки, – зазначав він. – Це моя професія. Свої знання, свій досвід, свою енергію я спрямовую насамперед на організацію науки, на створення й розвиток тих напрямів фізичної науки, за якими майбутнє, які принесуть людині нові знання про природу, що слугуватимуть техніці, промисловості, людству, їхньому розвитку, удосконалюванню, розквіту» [3, с. 13].

Як учений-організатор К.Д. Синельников не тільки успішно очолював Харківський фізико-технічний інститут, створивши в ньому та Харківському університеті, де завідував кафедрою, низку наукових відділів і лабораторій, керував в Інституті багатьма науковими напрямами, але й вів активну, надзвичайно плідну педагогічну роботу по підготовці наукових кадрів, виховав багато фізиків-експериментаторів, частина з яких і склала його велику широкопрофільну наукову школу.

К.Д. Синельников народився 29 травня 1901 р. у Павлограді (нині Дніпропетровської області). Після закінчення Кримського університету (1923) відразу зайнявся науковою роботою в Азербайджанському університеті (Баку), а з 1924 р. – у Ленінградському фізико-технічному інституті (ЛФТІ), куди був запрошений А.Ф. Йоффе. В 1928–1930 рр. стажувався в Кавендишській лабораторії у Е. Резерфорда, 1930–1942 рр.

– завідувач відділу фізики ядра Українського фізико-технічного інституту (УФТІ) в Харкові, куди перейшов із групою фізиків ЛФТІ – А.К. Вальтером, О.І. Лейпунським, Г.Д. Латішевим, І.В. Обреїмовим, Л.В. Шубниковим, А.Ф. Прихотько, Л.В. Розенкевичем, В.С. Горським та ін., в 1944–1965 рр. – його директор.

В УФТІ з його ініціативи й під керівництвом було створено нові відділи: лінійних прискорювачів заряджених частинок, вакуумної металургії та металофізики, фізики плазми й керованих термоядерних реакцій. Одночасно він завідував (1930–1935) кафедрою фізики Харківського механіко-машинобудівного інституту, а з 1935 р. – кафедрою експериментальної фізики Харківського університету, де створив низку спеціальностей і прочитав чимало глибоких і яскравих курсів.

В 40–60-і роки сформувалася та дістала широкого розвитку його наукова школа експериментальної фізики. Її створення було зумовлено його нетривіальною особистістю та якостями як людини. К.Д. Синельников мав гострий розум, глибокі знання й працював у надзвичайно широкому науковому діапазоні, його виняткова наукова інтуїція й досконале володіння технікою фізичного експерименту особливо яскраво проявлялися в пошукових дослідженнях. Його любов до науки, ініціатива, енергія, величезна самовіддача, надзвичайна здатність до генерації ідей, вибору й розв'язанню актуальних проблем, оригінальність підходів до їх вирішення робили його ученим-новатором, а його дослідження відкривали

нові напрями, випереджаючи роботи інших учених. Не можна не відзначити також інженерну складову його творчості.

«Як ученого, – писав про К.Д. Синельникова акад. АН УРСР А.О. Слуцкін, – його вирізняла виняткова різноманітність наукових інтересів і багата ерудиція, які давали йому можливість працювати в досить різних галузях фізичної науки та виконувати першокласні дослідження, які дуже часто набагато випереджали наступний розвиток галузі» [1, с. 49].

Ці ж риси відзначає і В.С. Коган, учений секретар Інституту в роки, коли К.Д. Синельников був директором:

«Кирило Дмитрович дивно поєднував риси кабінетних учених-енциклопедистів минулого століття й риси вчених-організаторів і керівників великих наукових колективів сьогодення. З ученими XIX ст. його зближали саме енциклопедичність, широка ерудиція у всіх галузях фізичної (і не тільки фізичної) науки. Протягом багатьох років всі співробітники багатопроblemного Харківського фізико-технічного інституту, в якому би окремому напрямі фізичної науки вони не працювали, відчували дію могутнього «силового поля» синельниківської ерудиції. Багато наукових досліджень в різних галузях фізики, виконаних співробітниками інституту, беруть початок від ідей, висловлених Кирилом Дмитровичем під час бесід у нього в кабінеті або в зауваженнях по доповіді на семінарі або науковій раді. Водночас Кирилу Дмитровичу було у вищій мірі властиво мистецтво керування великими науковими колективами, мистецтво планування й організації наукової діяльності великої наукової установи. Він завжди вмів виявити основну ланку, підійти до вирішення завдання з погляду кінцевих результатів. Весь свій талант ученого та організатора науки він спрямовував на створення наукових напрямів, які обіцяли найбільший і швидкий науковий і господарський ефект... К.Д. Синельников прожив у науці кілька життів. Його наукової біографії могло б вистачити на кількох великих учених» [3, с. 3].

Цю неформальну характеристику К.Д. Синельникова доповнює його учень В.Т. Толок:

«Для мене К.Д. був і залишається прикладом інтелігентної людини. Доводилося бачити його в різних ситуаціях: і добродушно іронічним, і дошкульно глузливым, і розгніваним. Посада директора вимагає не тільки знань, але й рішучості. Проте я не пам'ятаю випадку, коли б він підвищив голос у розмові з підлеглими... Взагалі престиж учених у роки роботи К.Д. був високий: сам К.Д. підтримував цей престиж активно та, мабуть, демонстративно... Для мене К.Д. був і залишається прикладом людини, безмежно відданої науці. Гадаю, що в останні роки його життя ця особливість тільки підсилилася. Потрапити до нього на прийом офіційно можна було в певні дні й години, але неофіційно – практично в будь-який час, якщо це стосувалося справи. Я хотів би також підкреслити, що він був зовсім не простий. У спілкуванні з ним ми завжди відчували величезну відділяючу нас інтелектуальну дистанцію. Але цей бар'єр долався просто, якщо у вас був новий результат. Ми твердо знали, що це для К.Д. було головним, він цим жив... Його передчасний відхід з життя був для багатьох важким ударом. Якось дуже різко стала відчуватися відсутність К.Д. у всьому житті Інституту. Мабуть, це особливо позначилося на ставленні до наукових співробітників...»*.

Наукові дослідження К.Д. Синельникова присвячено фізиці діелектриків і напівпровідників, фізиці й техніці прискорювачів, ядерній фізиці, вакуумній техніці, фізичному й прикладному матеріалознавству, фізиці плазми й керованому термоядерному синтезу [3, 4].

В 30-і роки К.Д. Синельников разом з А.К. Вальтером закладав фундамент радянської прискорювальної та вакуумної техніки, проводив піонерські дослідження з фізики ядра. В 1930 р. в УФТІ ним було створено відділ фізики ядра, який він очолював до 1944 р., і ядерна проблематика надовго стала головним науковим напрямком Інституту. В перші роки існування було створено висо-

* Приватне повідомлення автору.

ковольтну установка з прямою розрядною трубкою, на якій уперше в країні в жовтні 1932 р., через кілька місяців після Дж. Кокрофта та Е. Уолтона в Англії, К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, О.І. Лейпунський і Г.Д. Латишев розщепили ядро атома літію протонами, прискореними до енергії 300–400 кеВ [5]. Ця робота відіграла значну роль у розвитку прискорювальної техніки й фізики ядра в нашій країні, тому що мала не тільки наукове, але й емоційне, психологічне значення. Всього 15 років необхідно було, щоб створити власні національні кадри, здатні успішно ставити фундаментальні фізичні експерименти.

Протягом ряду наступних років під керівництвом К.Д. Синельникова проведено численні експериментальні й проектно-конструкторські роботи в галузі прискорювальної техніки, в тому числі, з розробки надвисоковольтних установок. Багато ідей К.Д. Синельникова, висловлені опубліковані в 1933–1934 рр., в подальшому були знову перевідкриті й використані іншими авторами. Випробувано чимало дослідних зразків електростатичних генераторів. У результаті побудовано досить повну теорію електростатичного генератора зі стрічковим транспортером, в 1937 р. завершено спорудження найбільшого в Європі електростатичного прискорювача на енергію 3,5 МеВ (К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, С.Н. Водолажський, А.Я. Таранов) [7]. В 1934 р. К.Д. Синельников, А.К. Вальтер і В.А. Петухов спробували прискорити важкі іони, ясно розуміючи їх більшу ефективність у ядерних перетвореннях [6].

Поряд з керівництвом прискорювальною програмою, конструюван-

ням і випробуванням електростатичних генераторів і високовольтних розрядних трубок К.Д. Синельников також брав активну участь у дослідженнях з ядерної фізики з використанням лінійних прискорювачів. Виконано дослідження взаємодії швидких електронів з різними речовинами, їх поглинання в літій, вуглеці, алюмінії, свинці, виміряно радіаційні втрати електронів у свинцю, вивчено межу ядерного фотоефекту в берилію (К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, А.Я. Таранов, В.С. Гуменюк, А.В. Іванов) [7–10].

З 1938 р. К.Д. Синельников організував роботи зі створення вакуумної техніки, удосконалюючи й розробляючи нові її методи. Під його керівництвом сконструйовано (1938–1941) перші в країні дифузійні масляні насоси, необхідні для потреб ядерної фізики (К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, А.Н. Ямницький, А.Я. Таранов, Д.Н. Улезко, Г.Т. Ніколаєв) [11, 12]. Подальше їх удосконалення вже в післявоєнні роки дозволило створити компактні насоси М-20 і М-4 з швидкістю відкачки відповідно 20000 і 40000 л/с (К.Д. Синельников, С.Н. Водолажський, Г.Т. Ніколаєв, А.Н. Ямницький). Наприклад, граничний тиск, що забезпечувався насосом М-4, становив 5 мм рт.ст.

Актуальність і високий рівень ядерних досліджень, тісний зв'язок з іншими науковими центрами, особливо з ЛФТІ та групою І.В. Курчатова, сприяли проведенню в 1939 р. в Харькові II Всесоюзної наради з атомного ядра.

В післявоєнні роки К.Д. Синельников став ідейним натхненником і керівником великої прискорювальної програми для завдань ядерної

фізики. При його особистій участі було створено серію лінійних прискорювачів електронів і протонів [13]. У цій галузі прискорювальної техніки Інститут став провідним у країні. В 1951 р. запущено перший у країні лінійний прискорювач протонів типу Альвареса на енергію 20 МеВ [14], в 1952 і 1954 р. – перші лінійні прискорювачі електронів на біжучій хвилі, на енергію відповідно 0,7 і 3,5 МеВ [15], в 1956 р. – лінійний електронний прискорювач на 40 МеВ [16], в 1957 р. – на 90 МеВ [17], в 1964 р. – на 300 МеВ [18] і в 1965 р. – на 2 ГеВ [19]. Значну роль у створенні лінійних прискорювачів і проведенні на них досліджень відіграли роботи експериментаторів А.К.Вальтера, І.О.Гришаєва, В.Т.Толока, Л.А. Душина та їх співробітників, а також теоретиків О.І.Ахієзера, Я.Б.Файнберга, Н.А.Хижняка, К.М.Степанова та ін.

В процесі розвитку фізики й техніки прискорювачів учнями й співробітниками К.Д. Синельникова виконано широкі експериментальні дослідження динаміки заряджених частинок у високочастотних електромагнітних полях лінійних прискорювачів електронів та електродинаміки прискорювальних структур. Зокрема, розроблено метод прискорення великих струмів з використанням енергії, запасеної в прискорювальній системі, і створено сильнострумівий лінійний прискорювач електронів на стоячій хвилі з рекордними значеннями струму (до 10 А в імпульсі) та енергією електронів 5 МеВ (В.Т. Толок, Н.А. Хижняк, Л.І. Болотин, 1955 р.) [20]; на прискорювачі 3,5 МеВ вирішено основні завдання контролю параметрів елементів прискорювача й прискореного

пучка (К.Д. Синельников, І.О. Гришаєв, П.М. Зейдліц, 1954 р.); висунуто ідею введення зворотного зв'язку в схему живлення прискорювальних секцій для підвищення ефективності використання НВЧ енергії – рекуперація НВЧ потужності (Н.А. Хижняк, Л.А. Душин, 1954 р.) [21]; запропоновано новий метод забезпечення одночасної радіальної й поздовжньої стійкості частинок у лінійних прискорювачах – замінно-фазове фокусування (Я.Б. Файнберг, 1953 р.) та ін. В 1955 р. Я.Б. Файнберг запропонував метод прискорення заряджених частинок хвилями густини заряду в плазмових хвилеводах і некомпенсованих електронних та іонних пучках, що є одним з перспективних напрямків колективних методів прискорення [22].

В ході розвитку прискорювальної програми в ХФТІ К.Д. Синельниковим і його учнями Я.Б. Файнбергом, В.Т. Толоком, І.О. Гришаєвим, Н.А. Хижняком, Л.А. Душиним, Б.С. Акшановим, Л.І. Болотиним, В.М. Грижком, П.М. Зейдліцем, Л.Х. Китаєвським, А.М. Некрашевичем та іншими було закладено основи сучасних лінійних прискорювачів, одержано численні наукові дані. В результаті ХФТІ перетворився на висококласний науковий центр, що має великі лінійні прискорювачі електронів, на яких виконувалися широкі дослідження з взаємодії електронів, позитронів і фотонів з ядрами й нуклонами [4, 13]. За розробку, створення і введення в експлуатацію лінійних прискорювачів електронів І.О. Гришаєву та Н.А. Хижняку разом з іншими в 1979 р. присуджено Державну премію СРСР.

Значний цикл робіт К.Д. Синельникова та його учнів В.Є. Іванова, В.Ф. Зеленського, В.М. Амоненка, Е.П. Ничипоренка, Ф.І. Бусола та

інших стосується фізичного матеріалознавства (вакуумної металургії, одержання чистих і надчистих металів, радіаційного матеріалознавства, розробки ядерного палива, конструкційних і реакторних матеріалів) [4]. К.Д. Синельников був ініціатором застосування глибокого вакууму для створення нових матеріалів з високими фізико-хімічними характеристиками. В 50-х роках в Інституті розпочато широкі дослідження берилію – одного з унікальних і перспективних матеріалів нової техніки (В.Є. Іванов, І.І. Папіров, Г.Ф. Тихинський) [23, 24]. Розроблено методи одержання чистого «реакторного» берилію (вакуумну дистиляцію, комплексні фізичні методи рафінування), в результаті одержано надчистий берилій (99,999%), вивчено його ядерні, електричні, магнітні та інші властивості. Знайдено шляхи керування його структурою, досліджено механізми термоактивованої деформації його моно- і полікристалів і червоноламкості. Вперше одержано ультрадрібнозернистий берилій високої чистоти, надпластичний при високих температурах [25]. Розроблено структурно-домішкову концепцію холодноламкості берилію. Одержаними в Інституті результатами по суті закладено фізичні основи розв'язання проблеми крихкості берилію (В.Є. Іванов) [26]. З 1951 р. проводилися систематичні дослідження магнієвоберилієвих сплавів, розроблено технологію їх виробництва, вивчено поведінку під опроміненням в якості матеріалу для твелів [27].

Розроблено фізичні основи й технологічні принципи одержання композиційних матеріалів волокнистого й шаруватого типів методом

спрямованих фазових перетворень, встановлено основні закономірності формування орієнтованих пластинчасто-волокнистих структур (В.Є. Іванов та ін.). За допомогою цього ж методу створено низку нових конструкційних матеріалів з високими механічними й фізичними властивостями. В Інституті вперше у світовій практиці освоєно новий метод обробки металів тиском у вакуумі. В 1952–1953 рр. під керівництвом К.Д. Синельникова та В.Є. Іванова побудовано вакуумні прокатні стани й проведено дослідження з прокатки берилію, цирконію, урану та інших металів [28]. Виконано значний комплекс досліджень, що включав створення й розвиток наукових основ деформації металів у вакуумі, конструювання й виготовлення вакуумного деформуючого устаткування, розробку технологічних процесів одержання високоякісних металів (В.Є. Іванов, В.М. Амоненко) [29]. Широкого розвитку дістали фізичні методи рафінування металів та одержання монокристалів у чистому й надчистому станах. Зародилися й розвинулися фізичні основи вакуумної металургії (К.Д. Синельников, В.Є. Іванов) [30]. Зокрема, вони запропонували метод вакуумної дистиляції, який вперше використано в 1950–1952 рр. для очищення берилію. Цим же методом згодом одержано низку металів рекордної чистоти (залізо, нікель, цинк, магній, диспрозій та ін.) [31].

Дістали розвитку комплексні фізичні методи рафінування, що поєднують у різних варіантах вакуумну плавку, дистиляцію, зонну перекристалізацію, електропереніс та ін., одержання чистих зразків ванадію, церію, лантану, іттрію, рутенію. Роз-

винено фізичні, ядерно-фізичні, хімічні й фізико-хімічні методи аналізу металів [4].

З початку 50-х років розвиваються дослідження з захисту матеріалів від окислення. Вивчено процеси окислення берилію, магнію, хрому, нікелю, цирконію, сплавів на їхній основі, тугоплавких металів і сплавів, композиційних та інших матеріалів. Виконані дослідження корозійних властивостей матеріалів, механізму формування й термічної стійкості в різних агресивних середовищах дозволили розробити низку нових фізичних принципів і технологій одержання захисних покриттів, що забезпечили якісний стрибок у досягненні більше високих температурних, часових та інших характеристик. Зокрема, розроблено такі методи захисту матеріалів з використанням високого й надвисокого вакууму: випаровування й конденсація у вакуумі; вакуумне плакування; активоване дифузійне насичення у вакуумі, іонно-плазмові й активоване осадження та ін. В результаті створено покриття різного класу (жаростійкі, антиемісійні, антидифузійні та ін.), що дістали широкого застосування в різних галузях техніки [32].

Необхідність створення радіаційно-стійкого палива для ядерних реакторів стимулювала інститутські роботи в галузі фізики радіаційних пошкоджень і радіаційного матеріалознавства. Виконано комплекс теоретичних та експериментальних досліджень механізмів взаємодії випромінювання з речовиною, процесів виникнення та еволюції дефектів у твердих тілах при опроміненні, радіаційної стійкості матеріалів і шляхів її підвищення тощо (В.Ф. Зеленський та ін.). Вивчено особливості

взаємодії електронів і гамма-квантів високих енергій з речовиною. Вперше розроблено методи розрахунків просторово-енергетичних параметрів, що характеризують пошкодження в матеріалах при опроміненні їх електронами й гамма-квантами в області енергій 1–1,7 ГеВ (В.Ф. Зеленський та ін.). Вивчено елементарні процеси деформації реакторних матеріалів з метою забезпечення їх працездатності в умовах комплексного впливу радіації, температури й напруг. Найефективнішим способом підвищення міцності реакторних матеріалів виявилось зміцнення їх дисперсійними частинками [33]. На урані і його сплавах досліджено температурна залежність механізмів гальмування дислокацій і взаємодію їх з домішковими центрами закріплення, розроблено методи термо-механічної обробки й легування.

Ще на початку 50-х років в Інституті перевідкрито явище необоротної зміни розмірів урану під опроміненням (радіаційний ріст урану), що стало предметом широких досліджень (К.Д. Синельников, В.Ф. Зеленський та ін.). Виконано розробки ядерного палива на основі металічного урану (В.Є. Іванов, В.Ф. Зеленський та ін.). Розроблено способи дисперсного зміцнення урану (створення на основі урану матеріалів типу спеченого алюмінієвого порошку) і підвищення його радіаційної стійкості шляхом збільшення жароміцності, показано, що стримуюче зусилля оболонки з жароміцного магній-берилієвого сплаву впливає на ресурс живучості тепловидільного елемента (В.Є. Іванов, В.Ф. Зеленський та ін.) [33–35]. Вивчення процесів радіаційного росту, розпухання й повзучості металічного урану, які змінюють його форму

в умовах реакторного опромінення [36, 37], а також розробка ефективних методів обмеження радіаційної деформації тепловидільних елементів (твелів) привели до створення металевого уранового палива з високою радіаційною стійкістю до вигорянь. Розроблено принципово нову концепцію ядерного палива – твел у пластичній, міцнощепленій з урановим осердям оболонці, що значною мірою вирішила проблему використання металічного урану в ядерних реакторах [38]. Високий рівень матеріалознавчих досліджень Інституту та досягнуті успіхи зробили фізичне матеріалознавство одним з основних наукових напрямів в ньому. В подальшому цей рівень підтримували нові покоління учнів К.Д. Синельникова, зокрема В.Є. Іванов, який виховав багатьох учених-матеріалознавців, що склали його наукову школу, природно продовжуючу традиції синельниківівської.

В останнє десятиліття життя К.Д. Синельникова його інтереси зосередилися на фізиці плазми. В 1957 р. під його керівництвом в Інституті створено експериментальний відділ фізики плазми, чим започатковано розгортання термоядерних досліджень в Інституті. Важливу роль у їх розвитку відіграв І.В. Курчатov. Разом з теоретичним відділом О.І. Ахієзера було розпочато дослідження з фізики плазмових згустків, високочастотних властивостей плазми й колективних процесів у ній, утримання й нагрівання плазми в магнітних пастках (пастка з просторово-періодичним магнітним полем відома як «пастка Синельникова»). Зокрема, на серії тороїдальних сильноточових розрядів типу «Тета» було одержано парамагнітний стру-

мовий шнур, відірваний від стінок металевий розрядної камери, і вперше вивчено топографію його магнітного поля. К.Д. Синельников багато років завідував кафедрою фізики плазми в Харківському університеті, був ініціатором семінарів з цієї нової для ХФТІ науки, протягом багатьох років проводив щорічні підсумкові конференції з багатогодинними безперервними дискусіями. При цьому всі засідання вів сам. Загалом, учився сам та вчив інших. Учнями К.Д. Синельникова в галузі фізики плазми є Я.Б. Файнберг, В.Т. Толок, Л.А. Душин, А.А. Калмиков, В.Г. Падалка, В.А. Супруненко, Б.С. Акшанов, Л.Х. Китаєвський, Б.Н. Руткевич, Б.Г. Сафронов та ін.

В період з 1957 по 1967 р. в Інституті створено експериментальну базу для проведення широких термоядерних досліджень. Зокрема, в 1964 р. став до ладу стеларатор «Сіріус», а в 1967 р. – «Ураган-1» [39]. З 1967 р. у розвитку інститутської програми термоядерних досліджень розпочався новий етап, що характеризується розгортанням широких експериментальних робіт на власній експериментальній базі для розв'язання головних завдань проблеми термоядерного синтезу. Якщо в 50–60-х роках основним завданням було вивчення різних фізичних процесів у високотемпературній плазмі (стійкості, дифузії, теплопровідності, нагрівання та ін.), то в 70-і роки в зв'язку з успіхами досліджень по втриманню плазми в токамаках найближчим завданням стало одержання в стелараторах плазми з параметрами термоядерного реактора. Дослідження було зосереджено у відділі фізики плазми й керованих термоядерних реакцій Інституту, яким керував

В.Т. Толок і проводилися по трьох довгострокових наукових програмах – «Ураган», «Юпітер» і «Пучок», що були частиною загальної програми розвитку термоядерних робіт у країні [39, 43].

Основні завдання програми «Ураган» – розробка способів ефективного нагрівання плазми до термоядерних температур, вивчення законів її тривалого втримання в тороїдальних магнітних пастках (стелараторах і торсатронах) і боротьба з домішками, спорудження самих магнітних систем, дослідження дифузії й теплопровідності плазми, розробка методів діагностики плазми й засобів автоматизації експерименту. Наукова програма «Юпітер» ставила за мету – вивчити втримання гарячої плазми в електромагнітних пастках, що використовують, крім магнітних полів, також електричні. Програма «Пучок» включала проведення широких досліджень колективних процесів, що мають місце при взаємодії з плазмою потоків заряджених частинок, вивчення ефектів нагрівання плазми електронними та іонними пучками, процесів прискорення в ній потоків заряджених частинок і генерації випромінювання в широкому діапазоні частот [42].

Перші дві програми було спрямовано на створення конкретних пристроїв, які могли б стати фізичними моделями керованих термоядерних реакторів, третя розвивала плазмову електроніку, основи якої заклали вчені Інституту. Однак реалізація їх здійснювалася вже учнями К.Д. Синельникова – В.Т. Толоком і Я.Б. Файнбергом та їхніми колегивами учнів і співробітників [40, 43].

Було вивчено взаємодію високочастотних полів і потоків зарядже-

них частинок із плазмою, з'ясовано можливості використання цих взаємодій для нагрівання плазми (високочастотного й струмового), розроблено методи створення плазмових згустків, знайдено умови гальмування й термалізації енергії зіштовхувальних плазмових згустків та ін. Виконано значний цикл досліджень зі збудження, поширення, поглинання й трансформації електромагнітних хвиль у високотемпературній однорідній плазмі, що ліг в основу робіт з теорії її високочастотного нагрівання. Здійснено експерименти з високочастотного нагрівання, що дозволили одержати в стелараторах щільну плазму з високою температурою й вивчити закономірності її втримання. Проведені дослідження дали можливість визначити найбільш перспективні методи високочастотного нагрівання й підготувати основу для одержання за допомогою високочастотних полів плазми з термоядерними параметрами у великих термоядерних пристроях.

В 1959 р. в експериментах на установці «Грім-1» виявлено аномальну електропровідність плазми – явище, яке полягає в тому, що в сильно-струмовому прямолінійному розряді, стабілізованому сильним магнітним полем, електропровідність плазми з підсиленням напруженості зовнішнього електричного поля не зростає, а спадає, тобто має місце явна невідповідність класичному випадку (М.Д. Борисов, В.А. Супруненко, Є.А. Сухомлин, Є.Д. Волков) [44]. В 1961 р. на установці «Грім-3» виявлено однозначний зв'язок між появою аномального опору плазми й збудженням у ній інтенсивних надвисокочастотних коливань (Я.Б. Файнберг, В.Т. Толок, В.А. Супруненко,

Є.А. Сухомлин та ін.) [45]. В 1964–1966 рр. на ній у сильнострумкових прямих розрядах вперше виявлено і досліджено турбулентне нагрівання плазми (В.Т. Толок, В.А. Супруненко, Є.А. Сухомлин, Н.І. Рева) [46].

Вперше нагрівання беззіштовхувальної плазми за рахунок аномально швидкого поглинання сильних магнітозвукових хвиль при виникненні нестійкості електронного струму, що протікає поперек магнітного поля, експериментально відкрили в 1961 р. в Інституті атомної енергії ім. І.В. Курчатова Є.К. Завойский, Л.І. Рудаков та ін. В 1965 р. турбулентне нагрівання плазми також здійснено на стелараторі «Сириус» (В.Т. Толок) [47]. В ході реалізації програми «Уран» було показано, що втримання плазми в стелараторах і торсатронах у режимі омичного нагрівання в значній мірі подібно до втримання плазми в токамаках. Завдяки можливості втримання в стелараторах безструмової плазми вони позбавлені низки недоліків, властивих токамакам. Виявилося також, що торсатрон з дивертором у технічному відношенні істотно простіше за токамак з дивертором. Результати досліджень з утримання плазми в стелараторах дозволили зробити висновок про перспективність цієї системи як однієї з основних у керуваному термоядерному реакторі [40].

Значний внесок у фізику плазми зроблений спільним учнем К.Д. Синельникова і О.І. Ахієзера – Я.Б. Файнбергом разом з його учнями й співробітниками [22]. Зокрема, ними створено новий науковий напрям – плазмову електроніку [42]. Ще в 1948 р. Я.Б. Файнберг і О.І. Ахієзер теоретично передбачили [48] і вивчили першу й найпошире-

нішу мікронестійкість у нерівноважній плазмі – пучкову нестійкість, яку в 1957–1958 рр. було виявлено експериментально Я.Б. Файнбергом з І.Ф. Харченком, А.К. Березиним та Е.А. Корніловим [49]. На початку 60-х років Я.Б. Файнбергом з учнями й співробітниками проведено одні з перших експериментів з пучково-плазмової взаємодії. Було передбачено (1961) новий тип розряду – плазмового-пучковий [56], відкритий 1967 р. експериментально Я.Б. Файнбергом, І.Ф. Харченком, Е.А. Корніловим та ін. [50], запропоновано новий спосіб беззіштовхувального нагрівання плазми – пучкове нагрівання. Я.Б. Файнберг перший порушив (1961) питання про керування макронестійкостями плазми, зокрема, запропонував метод керування пучковою нестійкістю, реалізований в 1961–1965 рр.

В 1965–1969 рр. Я.Б. Файнберг, В.Д. Шапіро і В.І. Шевченко здійснили перші дослідження з нелінійної теорії взаємодії релятивістських пучків (РЕП) з плазмою [22]. З В.І. Курилком Я.Б. Файнберг побудував нелінійну теорію взаємодії РЕП з плазмовим резонатором, з Ю.В. Ткачем виконав експериментальні дослідження взаємодії сильнострумкових РЕП з плазмою, що дозволили одержати (1969–1971) потужний ультрафіолетовий лазер, який використовував колективні взаємодії [42]. В 70–80-х роках Я.Б. Файнберг і А.К. Березин здійснили цикл експериментальних досліджень взаємодії моноенергетичних РЕП малої кутової розбіжності з щільною плазмою (10^{15} – 10^{17} см³), в якій вперше одержано аномально швидку релаксацію пучка. В 1971–1976 рр. Я.Б. Файнберг і С.С. Мойсеев провели цикл

теоретичних досліджень неоднорідного плазмово-пучкового розряду.

В процесі досліджень з плазмової електроніки, реалізації науково-дослідної програми «Пучок» Я.Б. Файнбергом в 50–70-і роки сформовано колектив, що став основою його наукової школи і з яким він створив цей новий розділ фізики плазми. Іншим напрямом досліджень його школи є фізика і техніка прискорювачів. Школу Я.Б. Файнберга представляють як теоретики, так і експериментатори: Н.А. Хижняк, Ю.П. Бліох, В.Д. Шапіро, В.І. Шевченко, В.І. Курилко, С.С. Мойсеєв, І.Ф. Харченко, А.К. Березин, Ю.В. Ткач, Е.А. Корнілов, І.Н. Мойсеєв, Л.Н. Онищенко, Г.П. Березина, В.А. Буц, В.І. Мирошніченко, В.І. Карась, І.І. Магда та ін. [22].

В рамках досліджень по фізиці плазми одержано важливі результати в новому прикладному напрямку – плазмовій технології (В.Т. Толок, В.Г. Падалка). З початку 60-х років в інституті проводяться розробки нових методів вакуумно-плазмової технології високих енергій, які привели до створення способу нанесення покриттів шляхом осадження речовин у вакуумі при конденсації високошвидкісних плазмових потоків [51]. Для нанесення покриттів цим методом створено установку «Булат», яка дістала широкого використання в промисловості.

Поряд зі своєю багатогранною науковою діяльністю К.Д. Синельников виховав чимало талановитих учених, що користувалися заслуженим авторитетом і утворили його наукову школу. Протягом багатьох років він вів педагогічну роботу в Харківському університеті, де з 1935 р. завідував кафедрою. В університеті

ним було організовано спеціальні навчальні й науково-дослідні лабораторії, прочитано блискучі лекції, низку оригінальних спецкурсів, які прослухали сотні молодих фізиків, більшість з яких тепер співробітники ХФТІ. Один з його студентів тих часів, Я.Б. Файнберг, згадував:

«Курси загальної фізики, які нам пощастило прослухати спочатку у Л.Д. Ландау, а потім у К.Д. Синельникова, вже містили низку тих педагогічних знахідок та ідей, якими вирізняються, наприклад, створені значно пізніше курси фейнманівських і берклівських лекцій, що користуються і нині поряд з курсами з експериментальної фізики радянських авторів заслуженою популярністю. Лекції Л.Д. Ландау і К.Д. Синельникова сприяли залученню нас до сучасної фізики й виховання творчого підходу до неї. Багато фізиків, що успішно працюють в науці, з великою вдячністю згадують ці лекції» [3, с. 9–10].

«Не можна не згадати про Кирила Дмитровича, і як про творця нових методів навчання й підготовки молодих фізиків, зокрема з ядерної спеціалізації, яку він організував на фізфаку ХДУ ще в 1936 р. з метою підготовки фахівців для УФТІ та інших лабораторій країни, – продовжує свої спогади Я.Б. Файнберг. – Вже тоді Синельников широко практикував методи навчання, які містили багато з тих особливостей, що дістали поширення в післявоєнні роки в практиці Московського фізтеху й Новосибірського університету».

Як учень Е. Резерфорда К.Д. Синельников у вихованні наукової молоді при прийомі іспитів слідував його правилу – в процесі іспиту з'ясував не те, чого екзаменуючий не знає, а те, що той знає і який ступінь розуміння питання у нього. Однак він вважав, що наукового співробітника необхідно оцінювати по його справах. У цьому зв'язку В.Т. Толок відзначає:

«Для себе я зробив висновок, що саме головне завдання наукового керівника – зуміти поставити найцікавішу, найважливішу для вченого задачу як кращий стимул для успішної роботи»*.

Всі свої знання й досвід К.Д. Синельников передавав молодим зростаючим кадрам.

«Під його керівництвом, – писав А.К. Вальтер, – виросло багато здібних науковців, які нині самостійно розробляють наукову тематику і є керівниками наукових колективів» [1, с. 72].

Наукову школу К.Д. Синельникова представляють академіки АН України Я.Б. Файнберг, В.Є. Іванов і В.Ф. Зеленський, член-кореспондент АН України В.Т. Толок, доктори наук В.А. Петухов, І.О. Гришаєв, В.М. Амоненко, Н.А. Власенко, Л.А. Па-

далка, В.А. Супруненко, Г.Ф. Тихинський, І.Н. Шклярєвський, а також Б.С. Акшанов, П.І. Болотин, Ф.І. Бусол, В.М. Грижко, П.М. Зейдліц, Л.Х. Китаєвський, А.М. Некрашевич, С.Н. Водолажський, Б.Н. Руткевич, Б.Г. Сафонов, Я.Н. Ямницький та ін. Школою зроблено значний внесок у фізику й техніку прискорювачів, вакуумну техніку, фізичне матеріалознавство, фізику плазми й проблему керованого термоядерного синтезу. В знак заслуг К.Д. Синельникова перед українською наукою Радою Міністрів УРСР засновано премію його імені за видатні роботи з фізики.

1. Синельников К.Д. / Особова справа. – Арх. НАН України, ф. 1, оп. 1, од. зберіг. 509.

2.

3. Коган В.С. К.Д. Синельников. – Киев: Наук. думка, 1979. – 68 с.

4. 50 лет Харьковскому физико-техническому институту. – К.: Наук. думка 1978.

5. Синельников К.Д., Лейпунский А.И., Вальтер А.К., Латышев Г.Д. Дезинтеграция лития протонами высоких скоростей // Phys. Z. Sow., 1932, 2, с. 285.

6. Петухов В.Л., Синельников К.Д., Вальтер А.К. Дезинтеграция лития ионами лития // Рнус. Z. Sow., 1934? 8. – С. 215–218.

7. Ключарьов О.П. К.Д. Синельников і ядерна фізика / Нариси з історії природознавства і техніки, 1979, вип. 25, с. 101–106.

8. Синельников К.Д., Вальтер А.К., Гумєнюк В.С., Іванов А.В. Исследование границы ядерного фотоэффекта у бериллия // ЖЭТФ, 1938, 8, вып. 12.

9. Синельников К.Д., Вальтер А.К., Іванов А.В. Измерение радиационных потерь энергии быстрыми электронами в свинце калориметрическим методом // Изв. АН СССР. Сер. физ., 1940, 4, №2.

10. Синельников К.Д., Вальтер А.К., Таранов А.Я. и др. Поглощение быстрых электронов в литии, углероде, алюминии, свинце // ЖЭТФ, 1939, 9, вып. 2.

11. Синельников К.Д., Вальтер А.К., Гумєнюк В.С., Таранов А.Я. Некоторые приемы вакуумной техники // Журн. техн. физики, 1938, 8, вып. 21, с. 1908–1922.

12. Синельников К.Д., Вальтер А.К., Улезко Д.Н., Ямницький А.Н. Фракционирующие

вакуумные насосы // Журн. техн. физики, 1941, 11, вып. 10, с. 879–892.

13. Синельников К.Д., Гришаев И.А., Грижко В.М. и др. Линейные ускорители электронов ФТИ АН УССР / Тр. Междунар. конф. по ускогителям. – Женева: ЦЕРН, 1959.

14. Синельников К.Д., Зейдліц П.М., Некрашевич А.М. и др. Линейный ускоритель с энергией 20,5 МэВ / Там же, с. 5–15.

15. Синельников К.Д., Зейдліц П.М., Гришаев И.А. и др. Ускоритель электронов с энергией на выходе 3,5 МэВ / Труды сессии АН УССР по мир. использ. атом. энергии. – К.: Изд-во АН УССР, 1958, с. 16–23.

16. Грижко В.М., Вишняков В.А., Гришаев И.А. и др. Линейный ускоритель электронов на 40 МэВ // Журн. техн. физики, 1964, 32, №10, с. 1903–1905.

17. Гришаев И.А., Кондратенко В.В., Петренко В.В. и др. Выходное устройство линейного ускорителя электронов до энергии 90 МэВ // Приборы и техника эксперимента, 1963, №2.

18. Вальтер А.К., Гришаев И.А., Демьяненко Г.К. и др. Линейный ускоритель электронов на бегущей волне с энергией на выходе 360 МэВ // Там же, с. 435–439.

19. Вальтер А.К., Гришаев И.А., Еременко Е.В. и др. Линейный ускоритель электронов на бегущей волне с энергией на выходе 2 ГэВ / Труды Междунар. конф. по ускорителям. – М.: Атомиздат, 1964, с. 420–424.

20. Толок В.Т., Болотин Л.И., Ческин В.В. и др. Сильноточный ускоритель электронов // Атом. энергия, 1961, 11, №1.

21. Душин Л.А., Хижняк Н.А. Применение рекуперации в линейных ускорителях // Укр. физ. журн., 1957, 2, №2, с. 106–113.
22. Яков Борисович Файнберг. — К.: Наук. думка, 1988.
23. Папиров И.И., Тихинский Г.Ф. Физическое металловедение бериллия. — М.: Атомиздат, 1968.
24. Сборник опубликованных работ ХФТИ АН УССР по исследованию бериллия. — Харьков: Харьк. физ.-техн. ин-т АН УССР, 1968, ч. 1.
25. Иванов В.Е., Тихинский Г.Ф., Папиров И.И. и др. Сверхпластическая деформация бериллия // Докл. АН СССР. Сер. физ., 1974, 216, №6.
26. Иванов В.Е., Тихинский Г.Ф., Папиров И.И. Физические основы решения проблемы хрупкости бериллия // Укр. физ. журн., 1978, 23, №11, с. 1773–1781.
27. Иванов В.Е., Зеленский В.Ф., Файфер С.И. и др. Разработка жаростойких магниево-бериллиевых сплавов для покрытий твэлов / Труды III Междунар. конф. по мир. исполъз. атом. энергии: Реактор, материалы. — Нью-Йорк, 1965, т. 9.
28. Иванов В.Е., Ковтун С.Ф., Тарасов Н.Д., Ульянов Р.Я. Вакуумная прокатка химически активных металлов // Цвет. металлы, 1962, №11.
29. Иванов В.Е., Амоненко В.М., Тронь А.С. Высокотемпературная прокатка в вакууме металлов, сплавов и многослойных материалов // Там же, с. 1782–1789.
30. Иванов В.Е., Папиров И.И., Тихинский Г.Ф., Амоненко В.М. Чистые и сверхчистые металлы. — М.: Металлургия, 1965.
31. Иванов В.Е. Защитные покрытия в современной технике / Защитные высокотемпературные покрытия. — Л.: Наука, 1962.
32. Волощук А.И., Гайдамаченко Г.С., Головченко Ю.М. и др. Уран, упрочненный частицами окиси бериллия // Атом. энергия, 1970, 29, №3, с. 178–183.
33. Зеленский В.Ф., Красноуцкий В.С., Курченко В.В. К вопросу о природе текстуры закаленного урана // Атом. энергия, 1969, 27, №5.
34. Зеленский В.Ф., Красноуцкий В.С. Влияние напряжений на текстуру закалки урана // Там же, 1971, 31, №5.
35. Иванов В.Е., Ажажа В.М. Развитие физических основ и методов рафинирования металлов в сверхвысоком вакууме // Укр. физ. журн., 1978, 23, №11, с. 1790–1797.
36. Волощук А.И., Головченко Ю.М., Загородний А.Я. и др. Распухание урана при низкотемпературном облучении до глубокого выгорания // Там же, 1974, 37, вып. 3, с. 212–219.
37. Зеленский В.Ф., Резниченко Э.А. Макроскопическое описание радиационного роста урана // Там же, 1964, 16, №4.
38. Иванов В.Е., Зеленский В.Ф., Стукалов А.И. Исследование металлического уранового топлива в ХФТИ АН УССР // Укр. физ. журн., 1978, 23, №11, с. 1761–1772.
39. Толок В.Т. Розвиток досліджень з керованого термоядерного синтезу на Україні (1957–1968) // Вісник АН УРСР, 1969, №5.
40. Волков Е.Д., Супруненко В.А., Шишкин А.А. Стелларатор. — К.: Наук. думка, 1983.
41. Коллективные явления в токонесящей плазме. — К.: Наук. думка, 1979.
42. Плазменная электроника. — К.: Наук. думка, 1989.
43. Толок В.Т. Термоядерные исследования в ХФТИ АН УССР // Укр. физ. журн., 1978, 23, №11.
44. Борисов М.Д., Супруненко В.А., Сухомлин Е.А., Волков Е.Д. Исследование устойчивости высокочастотного разряда в водороде при малых напряжениях электрического поля / Физика плазмы и проблемы управ. термоядер. синтеза, 1962, вып. 1, с. 133–138.
45. Супруненко В.А., Файнберг Я.Б., Толок В.Т. и др. Исследование плазмы прямолинейного сильноточного газового разряда // Атом. энергия, 1963, 14, №4, с. 349–352.
46. Сухомлин Е.А., Рева Н.И., Супруненко В.А., Толок В.Т. Возбуждение и термализация электронных плазменных волн в сильноточном газовом разряде // Письма в ЖЭТФ, 1965, 1, вып. 2, с. 45–49.
47. Бурченко П.Я., Василенко Б.Т., Волков Е.Д. и др. Турбулентная плазма в стеллараторе. — Харьков, 1968.
48. Ахизер А.И., Файнберг Я.Б. О взаимодействии пучка заряженных частиц с электронной плазмой // Докл. АН СССР, 1949, 69, №4, с. 555–556.
49. Файнберг Я.Б. Взаимодействие пучков заряженных частиц с плазмой // Там же, №4, с. 313–335.
50. Ткач Ю.В., Файнберг Я.Б., Волошин Л.И. и др. Световое индуцированное излучение плазменно-пучкового разряда // Там же, 1967, 6, вып. 11, с. 956–960.
51. Падалка В.Г., Толок В.Т. Методы плазменной технологии высоких энергий // Атом. энергия, 1978, 44, №5.

НАУКОВА ШКОЛА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ МОЛЕКУЛЯРНИХ КРИСТАЛІВ А.Ф. ПРИХОТЬКО

Академік НАН України Антоніна Федорівна Прихотько — видатний український фізик-експериментатор, засновник школи низькотемпературної спектроскопії молекулярних кристалів [1]. Вона народилася 26 квітня 1906 р. у П'ятигорську. В 1930 р. закінчила Ленінградський політехнічний інститут і того ж року в складі «десанту» ленінградських фізиків на чолі з І.В. Обреїмовим, призначеним першим директором тільки-но створеного Українського фізико-технічного інституту, приїхала в Харків «робити» велику фізику.

Вже у 1930–1935 рр. І.В. Обреїмов і А.Ф. Прихотько в кріогенній лабораторії УФТІ першими в СРСР провели широке систематичне дослідження спектрів різних органічних кристалів, головним чином ароматичного ряду, галоїдів та інших простих кристалів. У 1932 р. вони виявили лінійчастий спектр кристалів нафталіну при 78 К [2]. Саме в УФТІ А.Ф. Прихотько здійснила спектральне дослідження кристалів кисню, метану, аміаку та ін. У результаті дискретність спектрів молекулярних кристалів доведено на значному спектральному матеріалі, що започаткувало низькотемпературну спектроскопію молекулярних кристалів у СРСР.

Ці піонерські дослідження в галузі низькотемпературної спектроскопії молекулярних кристалів було поновлено А.Ф. Прихотько в Інституті фізики АН УРСР в післявоєнні роки, де вона в 1944 р. очолила відділ фізики кристалів і за активної участі молодих співробітників В.Л. Броу-

де, В.С. Медведєва та інших і при сприятливій колективній ХФТІ розпочала створювати другу в Україні та третю в СРСР кріогенну лабораторію. Суттєву допомогу в її створенні надали І.В. Обреїмов і Б.Г. Лазарєв.

У результаті в післявоєнний період в київській кріогенній лабораторії розгорнулися широкі дослідження з фізики молекулярних кристалів, які стали головною сферою діяльності створеної тут у 50–60-х роках А.Ф. Прихотько наукової школи. Цьому сприяли її особисті якості як вченого, вчителя і людини. Її відзначали талант фізика-експериментатора, тонка інтуїція, сильний характер, цілеспрямованість, велика ерудиція та різноманітність інтересів, бачення людей і їх можливостей, висока культура. Деякі риси А.Ф. Прихотько емко описав її учень М.С. Бродин.

«А.Ф. має досить сильний характер, що дозволяє їй зберігати рівновагу, присутність духу в складних обставинах, — пише він. — Її вирізняє відданість науці як головній справі життя, серйозне ставлення і до великого, і до малого в роботі, відданість науковим наставникам, поважне ставлення до їх пам'яті, що особливо стосується І.В.Обреїмова, добре “бачення” людей, висока оцінка їх позитивних якостей, тяга до цікавих особистостей, життєва мудрість, повна відсутність міщанства, відданість слову та обов'язку, несприйняття відступництва. А.Ф. — цікавий співрозмовник. Вона активно цікавиться загальнокультурними цінностями, володіє глибокими знаннями з різних сфер духовності (література, театр, музика, кіно, образотворче мистецтво та ін.)»*.

Цю характеристику А.Ф. Прихотько доповнюють і конкретизують інші її учні.

«У біографії Антоніни Федорівни, на перший погляд, все звичайно, але в цілому — це життя незвичайної людини, — відзначав М.Т. Шпак. — Науковою діяльністю вона почала займатися, коли ще була студенткою третього курсу Ленінградського політехнічного інституту. І вже перші роботи в новій тоді галузі фізики — низькотемпературній спектроскопії кристалів, виконані під керівництвом І.В. Обреїмова, стали помітною віхою в розвитку світової науки. На початку 30-х років вона ввійшла в групу ленінградських фізиків-фундаторів Українського фізико-технічного інституту, в якому в повній мірі проявився її талант експериментатора. Методики, розроблені Антоніною Федорівною в Харкові (наприклад вирощування надтонких молекулярних кристалів у десяту частку мікрона), і нині широко використовуються у фізичних лабораторіях.

В 1943 р. Антоніна Федорівна захистила докторську дисертацію, яка стала на той час енциклопедією з низькотемпературної спектроскопії твердого тіла. Антоніна Федорівна завжди була в колі учнів, причому не завжди одностороннім. Про її талант обирати майбутніх дослідників свідчить той факт, що багато з них стали членами Академії наук України, професорами і докторами наук, лауреатами Ленінської та Державної премій, створювали нові напрями в сучасній фізиці. Відзначу ще одну з особливостей Антоніни Федорівни: вона завжди надавала учням повну свободу, підтримувала будь-яку здорову ініціативу, відмовляючись (зрозуміло, після палких суперечок) від власних уявлень про те чи інше фізичне явище, якщо опонент наводив вагомий докази проти них.

Публікацій у неї, якщо порівнювати з кількістю друкованих праць вчених її рангу, порівняно небагато — близько 200, але всі вони вагомі й ввійшли в золотий фонд світової науки. Вона ніколи не ставала співавтором праці, якщо її внесок в неї не був вирішальним. Антоніна Федорівна присвятила своє життя науці, але і все людське їй було теж притаманне. У молодості її вабили гори, кінний спорт, вона багато читає, любить детективи, музику, грає на фортепіано, її нотна бібліотека не поступається науковій»*.

Для вченого велике значення має правильний вибір напрямку досліджень. Приклади інтуїції А.Ф. Прихотько, щодивували, наводить Г.В. Клімушева.

«Працюючи з А.Ф. Прихотько протягом багатьох років, не перестає дивувати прозорливістю, — пише вона. — Траплялося їй подекуди приймати рішення, які спочатку викликали значний супротив у колективі. Але минав час і з'ясовувалось, що вони були правильними і своєчасними. Це стосується як вибору напрямків досліджень, так і організаційних заходів. На початку 60-х років ми опановували методику низькотемпературного експерименту з використанням рідкого водню. Робота була в самому розпалі, цікаві нові результати йшли один за одним, проте раптом Антоніна Федорівна вирішила призупинити використання водню і терміново переходити на інший холодоагент — рідкий гелій. Річ у тому, що водень вибухонебезпечний, найменший його витік спричиняє реальну можливість вибуху. Гелій безпечний, але робота з ним значно складніша, через що на той час і методика, і апаратура спектральних досліджень вимагали суттєвих переробок. Зупинка налагоджених дослідів спочатку здавалася незрозумілою і непотрібно жорсткою, але з притаманною їй твердістю А.Ф. стояла на своєму. І дуже скоро ми зрозуміли, що перехід на гелій дозволяє виграти як в якості експериментальних результатів, так і в забезпеченні умов праці. Нині навіть важко собі уявити, як ми могли не погоджуватися з її такими далекоглядними рішеннями.

На початку 70-х років мало хто усвідомлював, які можливості мають відкритися в галузі нетрадиційної надпровідності, а А.Ф. організувала невелику групу молодих фізиків, які почали вивчати надпровідники з аномально малою густиною струму. Приводом до цього стала теоретична праця Є.О. Пашицького про новий ймовірний механізм надпровідності за участю плазмонів. Здійснення такого експерименту не могло обійтися без спеціальної фінансової підтримки, за якою А.Ф. безпосередньо звернулася до президента АН УРСР Б.Є. Патона. Підтримку було одержано, незважаючи на те, що А.Ф. чесно зізналася, що гарантувати успіх вона не може, але інтуїція підказує їй багатообіцяючі результати. Дослідження з надпровідності у відділі фізики кристалів розпочалися. Пізніше співробітники А.Ф. говорили, що вона спромоглася так показати красу поставленої задачі, що захотілося неодмінно

* Тут і далі приватні повідомлення автору.

її розв'язати яким-небудь нетривіальним способом. При дослідженні керамічних надпровідників спостерігалися явища та ефекти, які в подальшому знайшли і у високотемпературних надпровідниках.

Водночас так само енергійно А.Ф. підтримала роботи лабораторії спектроскопії кристалів з вивчення можливостей створення та утримання щільної системи молекулярних екситонів, хоч напередодні досліджень склалася глуха ситуація пов'язана з затушовуванням шуканих явищ побічними ефектами. Але пізніше нам вдалося довести, що міжекситонна взаємодія в щільній системі екситонів у молекулярних кристалах існує і приводить до значних змін енергетичного спектра та релаксації збудження. Змінюється також характер міграції і впорядкування екситонів при збільшенні їх концентрації»*.

Інтуїція уможливила А.Ф. Прихотько здійснювати відбір талановитої молоді й навчати її вмінню експериментувати. Про методику роботи А.Ф.Приходько з початківцями розповідає М.С. Бродин:

«А.Ф. дотримувалася певного принципу відборі молодих співробітників і аспірантів. На початку наукових контактів з ними їм надається випробувальний термін з метою перевірки їх на самостійність і творчі можливості. Аспіранта-початківця після загальної бесіди і визначення напрямку його майбутньої роботи відпускають у «вільне плавання» на певний час (місяць чи більше), за який він повинен при звичаїтися, зорієнтуватися в можливостях майбутньої роботи, одержати своє бачення проблеми, «ввійти» в експеримент. На цьому проміжку часу йому приділялося небагато уваги. Якщо він виявився спроможним, то його відносили з А.Ф. переходили в іншу фазу – фазу тісної співпраці та наукового партнерства. Молодий співробітник (аспірант) мав повну підтримку з боку А.Ф., відчував її допомогу й турботу. Взагалі всебічна турбота про своїх співробітників – яскрава риса А.Ф.»*.

Цю рису А.Ф. Прихотько розкриває також М.В. Курик:

«Вона належала до тих учених, які максимально демократичні в науці, тобто дають можливість допомагати молодим здібним ученим прояви-

ти себе в науковій творчості. Вона завжди вміла підмітити індивідуальні здібності учня і дати змогу розвинутися їм. Ніколи не забороняла самостійний творчий підхід до якоїсь проблеми, постійно цікавилася конкретними досягненнями і, якщо бачила успіхи, широко раділа їм. До цього часу багатьох дивує і захоплює її вміння розумітися на людях. При формуванні своєї школи, а також тих колективів, які розгалужувалися від неї, вона майже завжди правильно вгадувала перспективи молодих фізиків, вміла виявити їх справжнє ставлення до науки. Можливо, що саме її доступність і комунікабельність дозволяли їй розумітися на людях, вдало обирати друзів, виховувати прекрасних учнів*.

Але досвід наукового наставника і життєва мудрість прийшли до А.Ф.Прихотько в результаті особистої копіткої, самовідданої праці й допомоги старших товаришів, зокрема її вчителя І.В. Обреїмова. Вона завжди з великою теплотою і повагою згадувала багатьох друзів і колег по ЛФТІ та УФТІ, з гордістю відносила себе до лєнінградської фізтехівської школи.

До 1941 р. вона працювала в УФТІ. З 1944 р. стала завідувати відділом фізики кристалів Інституту фізики АН УРСР, в 1965–1970 рр. – також директор Інституту, який очолювала до 1988 р., де і розкрився її талант учителя і вихователя творчої молоді.

У відділі з ініціативи А.Ф. Прихотько виконано дослідження електронних спектрів пари кристалів, розчинів бензолу, нафталіну, антрацену, нафтацену та інших ароматичних сполук. Було закладено фундамент, на якому нині базується інтерпретація електронних спектрів

молекулярних кристалів, розроблено методи, що дають можливість знаходити об'єкти придатні, для різних фізичних досліджень і застосувань. Улюбленим об'єктом її досліджень був кристалічний кисень, а також кріокристали.

Велике значення для робіт у фізиці молекулярних кристалів мав винахід кріостата з вмонтованим в нього мікропроектором, що дозволяв одержувати спектри від мікрочисталів в поляризованому світлі (А.Ф. Прихотько, В.Л. Броуде, В.С. Медведєв, Р.І. Василенко, В.П. Бабенко; 1945–1949 рр.).

У 1946–1948 рр. А.Ф. Прихотько провела прямі досліди для порівняння спектрів поглинання кристалів і вільних молекул пари нафталіну, які свідчили, що насправді поглинання світла кристалами колективно і визначається не однією молекулою, а їх сукупністю [3]. Експериментальне доведення А.Ф. Прихотько колективного характеру поглинання світла молекулярними кристалами, тобто особливих «кристалічних» збуджених станів, як правило, різко поляризованих, стало поворотним моментом у розвитку спектроскопії молекулярних кристалів.

Спираючись на цей результат Прихотько та уявлення Френкеля про екситон як збуджений стан молекули, що переходить від вузла до вузла в кристалі, О.С. Давидов відніс колективно поглинання молекулярного кристалу до екситонів Френкеля, що вільно поширюються резонансним чином від молекули до молекули, залучаючи в процес поглинання весь колектив молекул кристала. Виходячи з цього, він побудував 1948 р. теорію поглинання світла молекулярними кристалами,

в основу якої поклав принципово новий підхід до розуміння спектрів кристалічних тіл з використанням концепції квазічастинок. Інакше кажучи, було показано, що елементарні збудження молекулярного кристала колективні та є квазічастинками, або екситонами Френкеля.

Результат досліду Прихотько як першого переконливого експериментального доказу існування молекулярних екситонів та їх інтерпретацію О.С. Давидовим із залученням моделі екситонів Френкеля можна класифікувати як одне з найважливіших досягнень спектроскопії твердого тіла (екситони Ваньє–Мотта було виявлено в 1951 р. у кристалах закису міді в ЛФТІ АН СРСР Є.Ф. Гроссом і Н.О. Каррієвим).

У розвиток наведених вище уявлень в Інституті фізики АН УРСР під керівництвом А.Ф. Прихотько проведено значний цикл експериментальних робіт, що включали різні аспекти взаємодії реальних кристалів зі світлом: поглинання, відбиття, люмінесценцію, дисперсію та ін. [4]. Зокрема, систематично досліджувалися спектри поглинання кристалів ароматичного ряду. Виявлені в цьому ряді поліморфні перетворення дозволили глибше розібратися у зв'язку між кристалічною структурою речовин і відповідними їй спектрами (А.Ф. Прихотько, В.Л. Броуде) [5, 6].

А.Ф. Прихотько та її учнями встановлено основні закономірності поглинання і випромінювання світла кристалами; виміряно характеристики кристалів (ширина і форма смуг осциляторів тощо); з'ясовано роль дефектів, недосконалостей ґратки та її деформацій, що вірізняють реальні кристали від ідеальних; виявлено

зв'язки між спектрами і структурою кристалів; знайдено і досліджено ряд фазових перетворень у молекулярних кристалах, зокрема мартенситного типу; виявлено фотореакції при низьких температурах [7]. Водночас вивчено вплив домішок і дефектів ґратки на світіння кристалів, що привело до відкриття власної екситонної люмінесценції, локалізованих екситонів та ін. (А.Ф. Прихотько, В.Л. Броуде, Е.Й. Рашба, М.Т. Шпак), досліджено форму екситонних смуг поглинання при низьких температурах (А.Ф. Прихотько, М.С. Соскін), проведено низькотемпературні вимірювання дисперсії світла в області прозорості та поглинання (А.Ф. Прихотько, М.С. Бродин, 1958–1959 рр.).

Дослідження з дисперсії світла в молекулярних кристалах були ініційовані І.В. Обреїмовим, який, працюючи в 1944–1945 рр. у Москві, в Інституті органічної хімії АН СРСР, був також консультантом Інституту фізики АН УРСР і активно сприяв його зв'язкам з лабораторіями свого інституту. В Києві разом з А.Ф. Прихотько, І.В. Родниковою та А.Ю. Ейчис він виконав експерименти з дисперсії світла на юнці плоскопаралельних пластин і використав створений ним інтерферометр для низькотемпературних робіт. Вже перші досліди дозволили одержати криві дисперсії до межі сильного поглинання світла ароматичними кристалами [8]. Тим самим безпосередньо доведено порушення класичних дисперсійних співвідношень Крамерса–Кроніґа в екситонній області при низьких температурах, що в подальшому було істотно розширено роботами А.Ф. Прихотько і М.С. Бродина, в яких детально вивчалися ділянки нормальної та

аномальної дисперсії ряду кристалів [9]. Вони виявили аномалії, які дістали пояснення в спільних працях з С.І. Пекарем, котрий довів, що причина їх – в існуванні просторової дисперсії.

Було з'ясовано низку особливостей тонкої структури смуг поглинання кристалів (Є.Ф. Шека, Е.Й. Рашба, 1966 р.), розроблено метод дослідження структури екситонних зон, що базувався на «ефекті Рашби» (В.Л. Броуде, Є.Ф. Шека, Е.Й. Рашба, 1963 р.), вивчено велику кількість речовин бензолного ряду й встановлено структури молекул в основному і збудженому станах (А.Ф. Прихотько, В.Л. Броуде, Е.В. Клімушева та ін.), з'ясовано роль екситонів у фотопровідності органічних кристалів (В.В. Єременко, В.С. Медведєв, 1960 р.), дано прямий доказ ефекту «давидівського розщеплення» (В.Л. Броуде та ін., 1961 р.).

Експериментальні та теоретичні дослідження екситонних спектрів кристалів створили чіткі уявлення про екситони молекулярних кристалів і різноманітні явища, що відбуваються в них при взаємодії зі світлом. У результаті спільних робіт теоретиків і експериментаторів Інституту, які проводилися в тісній взаємодії під керівництвом А.Ф. Прихотько й О.С. Давидова, було створено нову галузь фізики твердого тіла – фізику екситонних станів молекулярних кристалів. Головним їх результатом було загальне визнання нової наукової концепції, що стала основою досліджень енергетичного спектра кристалів і процесів їх взаємодії зі світлом [7, 10]. За теоретичні та експериментальні дослідження екситонів у кристалах О.С. Дави-

дову, А.Ф.Прихотько, В.Л. Броуде, А.Ф.Лубченко, М.С. Бродину, Е.Й. Рашбі (Інститут фізики АН України), Є.Ф. Гроссу, Б.С. Захарчені й О.О. Каплянському (ЛФТІ АН СРСР) було присуджено Ленінську премію за 1966 р.

А.Ф. Прихотько та її учні розгорнули також роботи з фізики крио-окристалів на основі відпрацьованих раніше уявлень. Розпочаті ще в УФТІ піонерські дослідження спектра кристалічного кисню і низки його твердих розчинів (1935–1941) було інтенсивно продовжено в Києві з кінця 60-х років, коли розвиток криогенної і спектральної техніки дозволив перейти на новий рівень дослідів, з використанням температур, близьких до 1 К. У процесі спільних досліджень експериментаторів і теоретиків було відкрито одночасні порушення квазічастинок у кристалах (магнітонів, фононів, екситонів) і невідомі раніше міжекситонні взаємодії, що приводять до виникнення складних квазічастинок — біекситонів і поліекситонів, конкретизовано типи екситонів в атомарних крио-окристалах. При температурах близько 1 К виявлено біекситонні розщеплення ліній анізотропного антиферромагнітного кристала кисню, з'ясовано колективну природу поглинання ним світла, розвинуто теорію поглинання світла молекулярними магнітними кристалами (А.Ф. Прихотько, Л.І. Шанський, І.Я. Фуголь, В.Г. Манжелій, Ю.Б. Гайдідей і В.М. Локтев) [11, 12]. Цикл робіт «Елементарні збудження та взаємодія між ними в крио-окристалах» відзначено Державною премією УРСР 1977 р.

А.Ф. Прихотько активно сприяла розвитку в Україні нових науко-

вих напрямів — високочастотної і низькотемпературної спектроскопії, структурних рентгенівських досліджень кристалів, лазерної швидкісної спектроскопії, фізики лазерів, беручи участь у перших роботах з нелінійної оптики, голографії. Нею були ініційовані дослідження з фотопровідності та фотоактивності кристалів, домішкових систем та ін.

У 1962р. А.Ф. Прихотько, В.Л. Броуде, В.С. Машкевич, М.С. Соскін теоретично обґрунтували можливість одержання генерації на електронно-коливальних переходах органічних молекул у всьому оптичному діапазоні [13]. Було одержано (1966–1967) генерацію від великої групи нових ефективних сполук класу поліметалевих барвників і показано їх перспективність для одержання генерації в усій ближній інфрачервоній області спектра (М.Т. Шпак, Є.А. Тихонов) [14]. У 1965 р. М.С. Бродиним зі співробітниками вперше створено лазер на ряді змішаних напівпровідників, що дозволило забезпечити частотну перебудову генерації у всій видимій і ближній ультрафіолетовій ділянках спектра. Показано, що основним каналом їх генерації є екситонні переходи [15]. У подальшому лазерні роботи дістали в Інституті бурхливий самостійний розвиток. За розробку фізичних основ і методів керування частотою вимушеного випромінювання й створення лазерів, що перебудовувалися по частоті, М.С. Бродина, М.С. Соскіна і М.Т. Шпака — удостоєно Державної премії УРСР 1974 р.

У 1963–1964 рр. в Інституті розпочато роботи з нелінійної оптики, дослідження дії лазерного випромінювання на напівпровідникові та

діелектричні кристали. Згодом вони зосередилися на нелінійній оптиці напівпровідникових кристалів і рідких середовищ. Було докладно вивчено процеси двофотонного поглинання для низки змішаних систем, встановлено типи двофотонних переходів, їх зв'язок з енергетичною структурою кристалів, зокрема показано, що суттєву роль у цих процесах відіграють екситони (М.С. Бродин та ін.). Проводилися також дослідження нелінійної люмінесценції напівпровідникових кристалів, зумовленої колективними екситонними процесами в них і ефектами насичення (М.С. Бродин), взаємодії екситонів при великій концентрації, що створюється лазерним випромінюванням.

У 1966 р. в Інституті також з ініціативи А.Ф. Прихотько розпочалися дослідження з оптичної голографії. Вони розвивалися в тісному зв'язку з роботами з квантової електроніки, нелінійної оптики та фізики твердого тіла. Було запропоновано голографічний метод одержання зображення самих світлових полів без збурюючих їх об'єктів, що дозволяло відновити амплітудно-фазовий розподіл лазерних пучків, і метод корекції хвильових фронтів лазерного випромінювання, який уможлилював істотно збільшити осьову яскравість лазерного випромінювання (М.С. Соскін та ін.). Було розроблено нові рееструючі середовища для голографії й об'ємного голографічного запису, запропоновано низку перспективних напівпровідникових кристалів і плівок. Розвинуто та експериментально здійснено у 1972 р. новий метод запису голограм на аморфних плівках напівпровідникових сполук (А.В. Гнатовський, М.Т. Шпак). Одержано ефективні

голографічні ґратки на ряді сегнетоелектричних і напівпровідникових кристалів (М.С. Соскін та ін., 1972 р.). З початку 70-х років проводилися широкі дослідження процесів динамічної голографії (М.С. Соскін) [16]. За цикл робіт з фізичних основ динамічної голографії і нових методів перетворення просторової структури світлових пучків М.С. Бродину, М.С. Соскіну та ін. присуджено Державну премію СРСР 1982 р.

У науковій школі А.Ф. Прихотько виконано цикл досліджень зі спектроскопії антиферомагнетиків і магнітних екситонів. Зокрема, В.В. Єременком виявлено екситонні та екситон-магнітні процеси в антиферомагнітних кристалах, нові магнітооптичні ефекти – «просвітління» антиферомагнетиків у сильних магнітних полях і «давидівське розщеплення» екситонних ліній поглинання світла (1970). Разом з іншими В.В. Єременко відкрив проміжний стан в антиферомагнітних кристалах поблизу орієнтаційних фазових переходів першого роду, що індуюються зовнішнім магнітним полем (Державна премія УРСР, 1971 р.) [17].

Дослідження М.В. Курика пов'язані з розвитком ідей А.Ф. Прихотько про напівпровідникові властивості молекулярних кристалів. Разом з Г.А. Сандулом він запропонував (1970) принципово новий метод запису інформації на органічних люмінофорах, який став новим напрямом сучасної органічної сухої фотографії. Роботи Д.Ф. Байси відносяться до вивчення резонансних явищ у кристалах методами радіоспектроскопії, С.М. Рябченко досліджує екситони в двовимірних структурах, електронний парамагнітний резо-

нанс і магнітні ефекти в кристалах [18, 19]. Дослідження І.Я. Фуголь присвячені фізиці та спектроскопії елементарних збуджень у конденсованих середовищах.

Таким чином, експериментальна школа А.Ф. Прихотько зробила суттєвий внесок у фізику молекулярних кристалів, а також у ті наукові напрями, які прямо чи опосередковано пов'язані з нею, — низькотемпературну техніку, фізику лазерів, лазерну спектроскопію, нелінійну оптику, голографію, спектроскопію магнітних кристалів, органічні напівпровідники. Багато одержаних результатів стали можливими завдяки тісній співпраці експериментаторів з теоретиками, тобто взаємодії двох шкіл — А.Ф. Прихотько й О.С. Давидова.

Школу А.Ф. Прихотько представляють академіки НАН України М.С. Бродин, В.В. Єременко і М.Т. Шпак, члени-кореспонденти НАН України М.С. Соскін і С.М. Рябченко, доктори наук В.Л. Броуде, Д.Ф. Байса, Г.В. Клімушева, М.В. Курик, І.Я. Фуголь, Є.Ф. Шека й ін.

Як неформальна творча співдружність фізиків-експериментаторів школа заявила про себе в 50–60-ті роки минулого сторіччя. Це був час її активного формування, становлення її

представників як дослідників, коли вона з невеликої групи, організаційно об'єднаної у відділі фізики кристалів Інституту фізики АН УРСР під керівництвом А.Ф. Прихотько, перетворилася на єдиний неформальний колектив з власними стилем, підходом, оригінальною науковою концепцією (дослідницькою програмою). Одержавши фундаментальні результати в створеному новому науковому напрямі, вона набула характерних ознак, притаманних саме сучасній науковій школі. Важливу роль тут відіграли і семінари, які проводила А.Ф. Прихотько, — екситонний і з криокристалів. Основне ядро школи, як і раніше, знаходиться в Києві, однак багато її представників працювали і працюють у Харкові, Чорногородці, Тбілісі, Львові, Сумах, Чернігові та інших містах і мають своїх учнів. І нині вже учні учнів А.Ф. Прихотько визначають життя школи, продовжуючи її традиції та домагаючись високого стандарту проведених досліджень.

Наукові й педагогічні досягнення А.Ф. Прихотько одержали заслужене визнання. Вона удостоєна звань Героя Соціалістичної Праці та лауреата Ленінської премії, обрана членом НАН України. Президія НАН України заснувала премію її імені.

- 1.
2. Obreitov I., Prichotjko A. // *Sov. Phys.*, 1932, **1**, s. 203–214.
3. Прихотько А.Ф. Электронные и колебательные уровни кристалла и молекулы нафталина // *ЖЭТФ*, 1949, **19**, вып. 5, с. 383–395.
4. Прихотько А.Ф. Спектральные и оптические исследования молекулярных кристаллов / Труды Ин-та физики АН УССР, 1955, вып. 6, с. 43–69.
5. Спектры поглощения молекулярных кристаллов. Бензол и некоторые его гомологи. — К.: Наук. думка, 1965.
6. Спектры поглощения молекулярных кристаллов. Полизамещение бензола. — К.: Наук. думка, 1972.
7. Экситоны в молекулярных кристаллах. — К.: Наук. думка, 1973.
8. Обреимов И.В., Прихотько А.Ф., Родникова И.В. Дисперсия кристаллов антрацена в видимой области спектра // *ЖЭТФ*, 1948, **18**, вып. 5, с. 409–418.
9. Бродин М.С., Прихотько А.Ф., Соскин М.С. О некоторых особенностях дисперсии / сильно поглощающих кристаллов // *Оптика и спектроскопия*, 1959, **7**, вып. 2, с. 266–267.
10. Современные проблемы спектроскопии молекулярных кристаллов. — К.: Наук. думка, 1976.
11. Гайдидей Ю.Б., Локтев В.М., Прихотько А.Ф., Шанский Л.И. Элементар-

ные возбуждения α -кислорода // Физика низких температур. 1975. 7, № 11, с. 1365–1393.

12. Криокристаллы. — К.: Наук. думка, 1983.

13. О возможности получения индуцированного излучения в системх с электронно-колебательными уровнями // Физика твердого тела, 1962, 4, с. 2976–2979.

14. Тихонов Е.А., Шпак М.Т. Нелинейные оптические явления в органических соединениях. — К.: Наук. думка, 1979.

15. Генерация на смеянных кристаллах при возбуждении излучением рубинового

лазера // Физика твердого тела, 1966, 8, вып. 10, с. 3084–3086.

16. Бондаренко М.Д., Гнатовский А.В., Соскин М.С. Голографический метод преобразования когерентных световых полей // Доклады АН СССР, 1969, 187, № 3, с. 538–540.

17. Еременко В.В. Введение в оптическую спектроскопию магнетиков. — К.: Наук. думка, 1975.

18. Институт физики АН УССР. — К.: Наук. думка, 1979.

19. Інститут фізики НАН України. 80 років. — Львів: Євросвіт, 2009.

КИЇВСЬКІ НАУКОВІ ТЕОРЕТИЧНІ ШКОЛИ

Ця спільна назва позначає низку самостійних наукових шкіл, створених у Києві в різні роки М.М. Боголюбовим, С.І. Пекарем, О.С. Давидовим, О.Г. Ситенком і В.Г. Бар'яхтаром. На відміну від харківської школи теоретичної фізики, що являє собою єдине ціле, складові якої генетично пов'язані між собою, мають багато спільних рис, київські теоретичні школи об'єднано тільки геогра-

фічно і відрізняються одна від одної тематикою, стилем і методами досліджень, хоч творча взаємодія між їхніми представниками існувала. Формуватися вони почали з кінця 40-х — початку 50-х років у ряді академічних інститутах, постачальниками початківців-теоретиків для цих шкіл в основному були Київський університет і Київський політехнічний інститут.

НАУКОВА ШКОЛА М.М. БОГОЛЮБОВА

Видатний російський та український фізик-теоретик і математик академік М.М. Боголюбов є вченим широкого профілю й великого математичного кругозору. Він зробив величезний внесок у багато розділів математики, механіки й фізики. Будучи видатним математиком, він водночас володів величезною фізичною інтуїцією, що дозволяло йому вирішувати важливі й важкі математичні задачі, а також принципово нові проблеми фізики й математики. Цей бік його творчості виразно розкрито в публікації [37].

«М.М. Боголюбов органічно поєднував математичний і фізичний хист, — зазначається в згаданій статті. —

Це віддзеркалено в його науковому стилі: спочатку простий, філігранний фізичний аналіз проблеми, а потім створення адекватного потужного математичного апарату. І нині задачі сучасної теоретичної фізики вирізняються надзвичайною математичною складністю, потребують відповідної строгості. Микола Миколайович досконало володів цим мистецтвом, тому, напевно, й досяг значних результатів математичного характеру при розв'язанні різноманітних фізичних проблем» [37].

М.М. Боголюбов одержав фундаментальні результати у варіаційному численні, функціональному аналізі, теорії диференціальних рівнянь,

теорії ймовірностей і теорії майже періодичних функцій, теорії нелінійних коливань, він автор багатьох нових методів статистичної фізики, створив мікроскопічні теорії надплинності й надпровідності, одержав важливі результати у квантовій теорії поля й теорії елементарних частинок [1–4, 9].

Микола Миколайович Боголюбов народився 21 серпня 1909 р. у Нижньому Новгороді. У дитячі роки переїхав до Києва, де з 1923 р., у віці 15 років почав відвідувати науковий семінар при Кафедрі математичної фізики Академії наук УСРР, яким керував відомий математик академік М.М. Крилов, а в 1925 р. був прийнятий аспірантом на кафедру по спеціальному дозволу Раднаркому України, тому що не мав вищої освіти. В 1928 р. він успішно закінчив аспірантуру, а в 1930 р. йому присуджено вчений ступінь доктора фізико-математичних наук без захисту дисертації. Протягом 1936–1950 рр. М.М. Боголюбов – професор, завідувач кафедри математичної фізики Київського університету; з 1949 р. – керівник відділу теоретичної фізики Математичного інституту ім. В.А. Стеклова АН СРСР, а з 1953 р. – кафедри теоретичної фізики Московського університету, в 1965–1989 рр. – також директор Об'єднаного інституту ядерних досліджень у Дубні (в 1966 р. М.М. Боголюбов організував і до 1973 р. був також директором Інституту теоретичної фізики АН УРСР).

М.М. Боголюбов – це блискучий талант натураліста, величезний творчий діапазон і глибина наукових досліджень, найширші кругозір та ерудиція, нетривіальність мислення, тонка фізична й математична інтуї-

ція, принципово нові підходи, надзвичайне багатство наукових ідей, вміння виділити головне в проблемі, проникнути в її суть, забезпечити необхідний ступінь строгості для коректного розв'язання задачі, постійний творчий пошук, педагогічний дар, наукова щедрість, доброта, але разом з тим твердість й висока принциповість, величезна працездатність, інтелігентність, незвичайна чарівність. Це підтверджується численними висловленнями учнів і колег М.М. Боголюбова, що розкривають найхарактерніші його наукові риси й водночас даючи свій погляд на основні особливості його стилю й творчості [2–4].

«Головна риса наукового стилю М.М. Боголюбова, – відзначають В.С. Владіміров, А.О. Логунів і С.П. Новіков, – полягає в умінні оцінити ключовий характер проблеми та одночасно її принципову можливість розв'язання, потім, не зупиняючись перед труднощами, створити адекватний апарат для її розв'язання... Органічне злиття математики й фізики в творчості М.М. змушує кожного, хто вивчав його роботи, згадати про ті часи, коли представники точних наук називалися просто натурфілософами. Ця риса дозволила М.М. зробити вирішальний внесок у розвиток теоретичної фізики за останні 50 років і фактично закласти основи нової математичної фізики» [2, с. 11].

Ще одну яскраву грань М.М. Боголюбова як ученого відзначають Д.М. Зубарєв, Б.В. Медведєв, Ю.О. Митропольський і М.К. Поліванов:

«Він, якщо так можна висловитися, факхівець із завдань, для розв'язання яких недостатньо загальноживаних прийомів і методів, а необхідний принципово новий підхід... Починаючи з 1939 р. М.М. разом з М.М. Криловим приступив до розробки зовсім нової галузі науки, суміжною з фізикою, математикою й технікою – теорії нелінійних коливань, названої ними нелінійною механікою. У цьому виборі тематики позначилася інша характерна риса всієї наукової творчості М.М. Він ніколи не розмінюється на наукові «дрібниці», хоч і гарні, а вміє в

кожний даний момент знайти найважливішу й найактуальнішу задачу, розв'язання якої, з одного боку, вже назріло, а з іншого, необхідно як через внутрішню логіку розвитку самої науки, так і з погляду застосувань...

Мабуть, приклад теорії надпровідності найяскравіше ілюструє ще одну рису, дуже характерну для стилю М.М. Найважливіші задачі сучасної теоретичної фізики відрізняються, як правило, дуже винятковою математичною складністю. В результаті, навіть, якщо в основах теорії й немає принципових дефектів, розрахункові труднощі в ряді випадків настільки значні, що можуть перерости в принципові, так, зокрема, виглядає справа в нерелятивістській задачі багатьох тіл. При розв'язанні задач такого типу надзвичайно важливо забезпечити ступінь строгості, необхідний для коректного розв'язання задачі. Саме це вміння, що межує з мистецтвом, засновано на блискучій фізичній і математичній інтуїції, є найхарактернішим для наукової творчості М.М.» [3, с. 161].

О.С. Давидов, О.С. Парасюк і Д.Я. Петрина вважають характерною рисою творчості М.М. Боголюбова гармонійне поєднання в ньому методів математики й фізики.

«Під час розв'язання задач, поставлених фізикою, він відкривав нові математичні методи, які потім розвивалися в самостійні розділи математики, — писали вони. — Досить згадати відкритий при доведенні дисперсійних співвідношень новий принцип голоморфного продовження — теорему «про вістря клина» і канонічні перетворення операторів народження й знищення, вперше застосовані ним при діагоналізації гамільтоніана теорії надплинності. Ідеї та методи, запропоновані М.М., не старіють і дістають все більш широкого застосування в сучасній теоретичній фізиці. Так, ідеї ренормалізації широко використовуються в теорії калібрувальних полів, теорії суперсиметрії та в теорії фазових переходів, канонічного перетворення в квантовій теорії гравітації» [4, с. 1074–1075].

Повертаючись ще раз до наукового стилю М.М. Боголюбова, слід зазначити, що для нього характерний спочатку простий і тонкий фізичний аналіз проблем, а потім створення потужного математичного апарату, адекватного даній задачі.

Фізичні дослідження М.М. Боголюбова стосуються математичної та статистичної фізики, квантової теорії поля, теорії елементарних частинок. У 1932–1937 рр. М.М. Крилов і М.М. Боголюбов побудували новий напрям у загальній теорії нелінійних коливань, щойно розробленої Л.І. Мандельштамом і його науковою школою в Москві. Було запропоновано методи асимптотичного інтегрування нелінійних рівнянь, що описують різні коливальні процеси, і здійснено їх математичне обґрунтування, зокрема розроблено принципово новий математичний апарат для дослідження загальних консервативних коливальних систем із малим параметром, доведено низку тонких теорем для систем, що давали можливість строгого вивчення питань існування і стійкості квазіперіодичних розв'язків. Результати досліджень у цьому напрямі, який вони назвали нелінійною механікою, було викладено в низці монографій: «Про деякі формальні розклади нелінійної механіки» (1934), «Нові методи нелінійної механіки» (1934), «Вступ до нелінійної механіки» (1937) [1, т. 1, с. 257–463]. Класичними стали розроблені в нелінійній механіці методи усереднення та інтегральних багатовидів. У 1963 р. на заняттях Першої математичної школи в Каневі. М.М. Боголюбов прочитав дві лекції «Про квазіперіодичні розв'язки в задачах нелінійної механіки», якими фактично завершив роботу в цій галузі. У наступні роки асимптотичну теорію нелінійних коливань розвивали учень М.М. Боголюбова Ю.О. Митропольський і його наукова школа та гілка вже цієї школи — школа Самойленка.

Розроблені асимптотичні методи нелінійної механіки М.М. Боголю-

бов переніс у статистичну фізику, де вони дістали подальшого розвитку і привели до низки принципів і важливих результатів, що ознаменували новий етап у цій галузі знання. В роботі «Проблеми динамічної теорії в статистичній фізиці» (1946) він побудував досить загальну форму теорії збурень для розв'язання різних проблем статистичної фізики, узагальнив її на квантовомеханічні системи, розробив метод одержання кінетичних рівнянь на основі механіки сукупності частинок [1, т. 2, с. 99–196]. Зокрема, висунута та обґрунтована ним фундаментальна ідея про ієрархію часів релаксації в багаточастинковій системі, відіграє значну роль в статистичному описанні нерівноважних процесів у газах, рідинах і кристалах. Глибокий фізичний зміст цієї ідеї особливо яскраво виявився при вивченні різних стадій нерівноважного процесу. Ефективний метод ланцюжків рівнянь для функцій розподілу комплексів частинок, використаний на випадок нерівноважних процесів, дав можливість М.М. Боголюбову підійти з єдиної точки зору до теорії й методу побудови кінетичних рівнянь для систем взаємодіючих частинок і закласти основи сучасної теорії кінетичних явищ. М.М. Боголюбовим також розроблено (1947) метод вторинного квантування для визначення енергетичного спектра слабкозбуджених станів квантових систем.

В 1947–1948 рр., М.М. Боголюбов розглянув питання про наближене визначення енергетичних рівнів для слабко неідеального бозе-ейнштейнівського газу [1, т. 2, с. 210–286] і показав, що такий газ може перебувати у виродженому стані та бути

надплинним, чим зробив перший і важливий крок на шляху побудови мікроскопічної теорії надплинності [1, т. 2, с. 287–493]. Інакше кажучи, М.М. Боголюбовим було розроблено мікроскопічну теорію надплинності бозе-систем. Він також розглянув загальну схему неідеального фермі-газу зі слабкою взаємодією, показав, що у випадку переваги сил притягання в ньому виникає надплинність і побудував фізичну картину надплинного стану [1, т. 3, с. 11–16].

В подальшому розвиток ідей і методів теорії неідеального бозе-газу дозволив М.М. Боголюбову розробити (1957) слідом за Дж. Бардінім, Л. Купером і Дж. Шріффером послідовну мікроскопічну теорію надпровідності та встановити фундаментальний факт, що надпровідність можна розглядати як надплинність електронного газу [1, т. 3, с. 29–47].

«Ще до того, як у Москві стала відома докладна робота Бардіна, Купера, Шріффера,— писав М.М. Боголюбов,— наприкінці вересня 1957 р. мені вдалося показати, що метод, розроблений нами для побудови мікроскопічної теорії надплинності бозе-систем, може бути узагальнений і для послідовної побудови теорії надпровідності на основі початкової моделі Фрьоліха. Відповідні рівняння вдалося розв'язати, не вдаючись до якихось необґрунтованих припущень» [1, т. 3, с. 25].

Подальший розвиток ідеї надпровідності як надплинності фермі-систем привів М.М. Боголюбова до відкриття ефекту надплинності ядерної матерії та побудови надплинної моделі ядра.

В 1963 р. М.М. Боголюбов запровадив фундаментальне поняття квазисередніх, що дало йому можливість побудувати по суті нову теорію фазових переходів. У роботі «Квазісередні в задачах статистичної механіки» [1, т. 3, с. 174–243] він писав:

«Щоб скористатися якоюсь формою теорії збурень для вивчення вироджених станів статистичної рівноваги, слід насамперед зняти виродження, або, те саме, що розглядати не функції Гріна, побудовані зі звичайних середніх, які задовольняють всім правилам відбору, а функції Гріна, побудовані з квазісередніх, які не задовольняють деяким із цих правил» [1, т. 3, с. 197].

В 1968 р. М.М. Боголюбов запропонував новий варіаційний принцип, що є узагальненням методу Хартрі–Фока (метод Хартрі–Фока–Боголюбова).

Для розв'язання задач статистичної фізики М.М. Боголюбов широко залучав методи квантової теорії поля, тому що одним з перших до кінця зрозумів глибоку математичну й фізичну спорідненість нерелятивістської задачі багатьох тіл і квантової теорії поля. Тут ясно виявилось його вміння виділяти спільні елементи в самих, здавалося б, на перший погляд, різнорідних галузях фізики, що й уможливило плідне взаємне перенесення ідей та методів. Не дивно, що за роботами зі статистичної фізики з 1951 р. розпочався значний цикл глибоких досліджень з основ сучасної квантової теорії поля [1, т. 3, с. 282–485].

У роботах М.М. Боголюбова фізичні поняття квантової теорії поля дістали найбільш адекватний формалізм. До початку звернення М.М. Боголюбова до квантової теорії поля в ній існував один ефективний апарат – теорія збурень, що мала до того ж один істотний недолік – ультрафіолетові розбіжності, які усуваються шляхом перенормування маси та заряду. М.М. Боголюбов показав, що тлумачення розбіжностей як недоліку теорії виникає через перенесення у квантову теорію поля звичних понять макрофізики, фізичні ж образи, пов'язані з апаратом теорії

збурень, в області сильних взаємодій дуже далекі від фізичної дійсності. І природу ультрафіолетових розбіжностей слід шукати в основних уявленнях мікрофізики, що вимагає розробки нових методів описання сильних взаємодій. Він запропонував адекватне розв'язання проблеми із залученням апарата узагальнених функцій, що, в свою чергу, зажадало його істотного розвитку [1, т. 3, с. 303–339].

В 1955 р. М.М. Боголюбов і Д.В. Ширков розробили теорію матриці розсіяння [5]. Як писали вони, остання

«будувалася виходячи з гейзенбергових положень, які були, однак, у значній мірі звужені допущенням розкладання по сталому зв'язку, прийняттю концепції адіабатичності, а, головне, тим, що до них було долучено вимогу причинності, сформульовану у вигляді строгої умови мікроскопічної причинності або локальності» [1, т. 3, с. 350].

У результаті було дано (1955) нове формулювання квантової теорії поля (S -матриця в представленні взаємодії) [6], в основу якого покладено не традиційний гамільтонів формалізм, а гейзенбергова S -матриця розсіяння, що задовольняє вимогам коваріантності, унітарності та причинності. Умова причинності S -матриці, записана мовою варіаційних похідних, відома як умова мікропричинності Боголюбова.

М.М. Боголюбов разом з О.С. Парасюком розробив правила поведінки з узагальненими функціями й показав, що в певних випадках можна побудувати матрицю розсіяння, яка не містить розбіжностей. В результаті було з'ясовано математичний зміст перенормування. Подальший аналіз процедури перенормування привів (1955) М.М. Боголюбова та Д.В. Ширкова до ренор-

малізаційної групи й побудови її послідовної математичної теорії [7, 8].

Відомо, що проблема кількісного описання сильних взаємодій не може бути вирішена в рамках класичної квантової теорії поля, яка ґрунтується на лагранжевому формалізмі та теорії збурень. До середини 50-х років єдиним слабким натяком на апарат теорії сильних взаємодій були дисперсійні співвідношення Крамерса–Кроніґа. В 1956 р. М.М. Боголюбов дав строге доведення дисперсійних співвідношень, ввів нове поняття амплітуди розсіяння та встановив зв'язок між її дійсною уявною частинами [1, т. 3. с. 340–485].

«Доповідь М.М. Боголюбова на конференції в Сієтлі (1956) ознаменувало новий етап у розвитку як аксіоматичного методу, так і фізики сильних взаємодій», – зазначається в [9, с. 736]. У цій доповіді М.М. Боголюбов, установивши на основі свого принципу мікропричинності структуру амплітуди розсіяння, безпосередньо довів можливість аналітичного продовження амплітуди на комплексні значення енергії. Доведення, пов'язане з відкриттям нового принципу аналітичного продовження узагальнених функцій багатьох змінних, і доведена при цьому теорема про «вістря клина» стала основою нового напрямку в математиці. Роботи М.М. Боголюбова з обґрунтування дисперсійних співвідношень відкрили новий етап у теорії сильних взаємодій. Річ не тільки в тому, що було побудовано послідовний апарат, не пов'язаний з припущенням про слабкість взаємодії елементарних частинок, але й в тому, що коло ідей, введених у фізику при доведенні дисперсійних

співвідношень, стало основою нової мови теорії сильних взаємодій.

Фізики одержали нове поняття про амплітуду розсіяння як про єдину аналітичну функцію змінних розсіяння, і саме це поняття виявилось вирішальним для наступного розвитку теорії. Стало очевидним, що навіть коли не можна знайти амплітуду розсіяння, то можна відшукати її зв'язок з амплітудами інших процесів. Ідея про зв'язок різних каналів реакції з'явилася відправною точкою численних евристичних побудов амплітуди розсіяння.

У роботах М.М. Боголюбова та його учнів було накреслено різноманітні й широкі застосування аксіоматичного методу, такі як асимптотичні оцінки при високих енергіях, описання низки енергетичних областей із залученням умови унітарності, проблеми масштабної інваріантності та автоточності при високих енергіях. Система основних положень, використана для виведення дисперсійних співвідношень, в подальшому було розвинено М.М. Боголюбовим у самостійний загальний підхід до побудови релятивістської квантової теорії взаємодії частинок [10].

В галузі симетрії сильних взаємодій М.М. Боголюбов займався кварковими моделями. Незалежно від Й. Намбу й М. Хана він разом з А.Н.Тавхелідзе й Б.В. Струминським ввів нове квантове число – колір і побудував схему сильних взаємодій, засновану на трьох триплетах кварків із цілочисловими зарядами (1955) [11].

Величезна заслуга М.М. Боголюбова перед наукою полягає також у тому, що він виховав не одне покоління математиків і фізиків-теоре-

тиків, яку розвивають його ідеї та методи. Приділяючи багато уваги вихованню творчої молоді, створив низку наукових шкіл з математичної та теоретичної фізики в Києві, Москві й Дубні, під його ідейним керівництвом розвивалися також наукові колективи в Новосибірську, Серпухові, Кишиневі та інших містах.

Київську школу М.М. Боголюбова представляють академіки Ю.О. Митропольський, В.О. Кононенко, О.С. Парасюк, Д.Я. Петрина, Г.С. Писаренко, Й.З. Штокало, І.Р. Юхновський, члени-кореспонденти В.І. Фушич, В.П. Шелест, Г.М. Зінов'єв, доктори наук Л.Е. Єнковський, Ю.М. Малюта, Ю.Л. Ментковський, В.Г. Писаренко, Б.В. Струминський, А.М. Федорченко, С.Ф. Фещенко та ін.

Основні ідеї та фундаментальні результати М.М. Боголюбова в нелінійній механіці розвивалися та узагальнювалися його послідовниками й учнями Ю.О. Митропольським, В.О. Кононєнком, Г.С. Писарєнком, Й.З. Штокалом, С.Ф. Фещенко та ін., які склали ядро його школи в цій галузі в Україні [12].

Ю.О. Митропольський поширив асимптотичні методи нелінійної механіки на нелінійні коливальні системи з повільно змінювальними параметрами, розробивши теорію повільних процесів у цих системах, істотно розвинув і строго обґрунтував сформульований М.М. Боголюбовим одночастотний метод, а також метод усереднення [12]. За цикл робіт з теорії нелінійних диференціальних рівнянь у теорії нелінійних коливань Ю.О. Митропольського в 1965 р. удостоєно Ленінської премії.

Роботи В.О. Кононенка присвячено теорії автоколивальних систем і нелінійних систем зі змінними пара-

метрами, вивченню взаємодії коливальних систем із джерелом енергії, теорії коливань твердих тіл [13].

Г.С. Писаренко зробив істотний внесок у розвиток методів малого параметра Крилова–Боголюбова стосовно задач, присвячених коливанням слабконелінійних механічних систем з розподіленими параметрами, зокрема розробив теорію розсіювання енергії в циклічно деформованому матеріалі при коливаннях елементів механічних систем [14].

Використавши ідеї методу усереднення, Й.З. Штокало одержав ефективні критерії стійкості лінійних диференціальних рівнянь з квазіперіодичними коефіцієнтами.

В розвитку теоретичної школи М.М. Боголюбова в Києві чітко простежуються два періоди, пов'язані зі зміщенням акцентів у його науковій діяльності. Для першого періоду (40-і роки – приблизно до 1965 р.) характерним є прагнення до математично строгого розв'язання різних задач статистичної механіки, квантової теорії поля й теорії потенціального розсіювання, для другого (з 1966 р.) характерні дослідження найактуальніших питань фізики високих енергій. Діяльність у цій галузі, на думку М.М. Боголюбова, вимагає гарної наукової фантазії, широти наукових інтересів, уміння швидко й гостро реагувати на одержані експериментальні дані.

Київська школа Боголюбова зробила значний внесок у статистичну фізику, квантову теорію поля й фізику високих енергій. Фізичні дослідження О.С. Парасюка присвячено квантовій теорії поля. Він розвинув і обґрунтував теорію вираховувань нескінченностей та одержав повне вирішення проблеми регуля-

ризації розбіжних інтегралів у ре-нормованій квантовій теорії поля, вивів теорему Редже про аналітичні та асимптотичні властивості амплітуди розсіяння з класичних теорем степеневих рядів, запропонував нову методику вивчення топологічних властивостей фейнманівських діаграм і дав узагальнення методу аналітичної регуляризації (метод Боголюбова–Парасюка) [15].

Основні роботи І.Р. Юхновського стосуються статистичної фізики. Він розвинув метод колективних змінних і на його основі побудував мікроскопічну теорію розчинів електролітів, що враховує взаємодію між всіма частинками розчину. Знайшов вільну енергію й функцію розподілу іонів у просторово-неоднорідних системах. У квантовій статистичній фізиці розробив метод зміщень і колективних змінних і на його основі – кількісну теорію гелію-4. Розрахував статистичну суму тривимірної моделі Ізінга. Заклав основи мікроскопічної теорії фазових переходів [16–18].

Наукові результати В.П. Шелеста пов'язано з побудовою релятивістські інваріантних рівнянь для складених частинок, алгебри струмів у моделі квазінезалежних кварків і деяких модифікацій кваркових моделей. Він розвинув релятивістську кваркова модель для описання деяких аспектів структури адронів і процесів розсіяння, розробив статистичний підхід до вивчення дуальних резонансних моделей адронів, що дозволяє описати деякі властивості множинних процесів. Зокрема, в його роботах одержали розвиток дуальна, резонансна та статистична бутстрап-моделі [19].

Г.М. Зінов'єв дав статистичне описання процесів множинного на-

родження на основі конкретної динамічної моделі для амплітуди взаємодії, розвинув статистичний метод у дуальній резонансній моделі, в його роботах одержали розвиток статистична бутстрап-модель і гідродинамічна теорія множинного народження [19].

Галузь досліджень Д.Я. Петрини – квантова теорія поля та статистична фізика [20]. Задачі, які він розв'язав, в основному пов'язані з необхідністю математично строгого розгляду. Зокрема, він виділив клас модельних систем статистичної фізики, що допускають точне розв'язання в термодинамічній межі, розвивав також підхід до розв'язання рівнянь Боголюбова як еволюційних рівнянь у фундаментальних просторах. Разом з М.М. Боголюбовим він уперше побудував вбріальні розклади для вільної енергії та структурних функцій змішаних систем іонно-дипольних частинок.

Наукові праці В.І. Фушича стосуються математичної фізики та квантової теорії поля. Він описав нееквівалентні системи лінійних диференціальних рівнянь, інваріантні щодо груп Галілея та Пуанкаре, запропонував і розвинув новий метод дослідження симетричних властивостей рівнянь математичної фізики, що дозволив, зокрема, виявити невідомі раніше симетрії рівнянь Максвелла й Дірака та побудувати для них нові інтеграли руху, розробив ефективний метод розв'язання багатовимірних нелінійних хвильових рівнянь, побудував широкі класи точних розв'язків основних нелінійних рівнянь математичної фізики [21–24].

Роботи А.М. Федорченка присвячено теорії хвильових процесів у плазмі й плазмових середовищах,

фізичній акустиці та акустoeлектро-ніці. Він досліджував акустичні хвилі в обмежених діелектриках і п'єзодіелектриках, підсилення хвиль Релея й Лемба в п'єзонапівпровідниках, розробив теорію акустичного генератора й підсилювача. Одержав важливі результати в теорії некогерентного розсіяння електромагнітного випромінювання на акустичних і плазмових коливаннях та в теорії спектра шумів у конвективно-нестійких системах [25].

Основні результати Ю.М. Малюти стосуються теорії елементарних частинок. Він узагальнив кваркову модель адронів на вищі кутові моменти та одержав у рамках цієї моделі масові формули, різні зв'язки для формфакторів і перерізів розсіяння адронів. Побудував надплинну кваркову модель адронів і передбачив на її основі існування надщільних ядер типу надщільного дейтрона [26]. Провів класифікацію супералгебри на мові ферміон-бозонних операторів народження та знищення.

Дослідження В.Г. Писаренко присвячено теорії елементарних частинок, нелінійним теоріям поля, релятивістській астрофізиці. Він отримав нову сім'ю точних розв'язків рівнянь загальної теорії відносності [27].

Г.М. Зінов'єв дав статистичне описання процесів множинного народження на основі конкретної динамічної моделі для амплітуди взаємодії, розвинув статистичний метод у дуальній резонансній моделі, в його роботах одержали розвиток статистична бутстрап-модель і гідродинамічна теорія множинного народження [19].

Ю.Л. Ментковський одержав важливі результати в теорії великих квантових систем і теорії потенці-

ального розсіяння. Він уперше на строгій основі й з єдиної точки зору розглянув широке коло питань квантовомеханічного руху частинок у сумарному полі короткодіючих (ядерних) і кулонівських сил, зокрема, основні спектральні та спорідненні їм задачі (в тому числі дисперсійні співвідношення й теорію Редже), а також обернену задачу теорії розсіяння. Розвинув математичний апарат теорії руху нерелятивістської частинки в ядроно-кулонівському полі.

Основні досягнення Б.В. Струминського пов'язані зі створенням кваркових моделей адронів. Зокрема, як уже згадувалося, він один з авторів першої моделі адронів із цілочисловими кварками. В його роботах одержали розвиток також дуальна резонансна модель і різні питання дисперсійних правил сум [11].

Московсько-дубненську школу М.М. Боголюбова представляють академіки В.С. Владиміров, А.О. Логунов, А.Н. Тавхелідзе, Д.В. Ширков, В.Г. Кадашевський, член-кореспондент РАН М.М. Боголюбов (молодший), доктори наук М.М. Боголюбов, В.Л. Бонч-Бруєвич, Б.В. Медведєв, В.А. Мещеряков, М.К. Поліванов, В.Г. Соловійов, Л.Д. Соловійов, В.В. Толмачев, С.В. Тябліков та ін.

Таким чином, М.М. Боголюбовим створено велику теоретичну школу (Київ, Москва, Дубна), для якої характерні фундаментальність і широта охоплення актуальних проблем теоретичної й математичної фізики. При цьому ідейна ясність і глибина в постановці задач завжди поєднуються з математичною строгістю в їх розв'язанні. Саме висока математична культура — одна з відмітних рис даної школи. Це не виключає од-

накового ставлення як до розробки загальних, глобальних задач, так і до побудови та аналізу різних модельних підходів, що включають найхарактерніші риси явища.

І завершити цей короткий нарис показовою цитатою з публікації хотілося б до 100-річчя М.М. Боголюбова.

Завдяки своїм якостям ученого, вчителя й людини М.М. Боголюбов виховав не одне покоління математиків і фізиків-теоретиків, які гуртувалися навколо нього, розвивали його ідеї і методи. Приділяючи багато уваги вихованню творчої молоді, він створив низку наукових шкіл — з математичної і теоретичної фізики в Києві, Москві та Дубне Київська школа Боголюбова зробила значний

внесок у нелінійну механіку, статистичну фізику, квантову теорію поля й теорію елементарних частинок. Для наукової школи Боголюбова характерно фундаментальність і широта охоплення актуальних проблем теоретичної і математичної фізики. При цьому ідейна ясність і глибина у формулюванні задач завжди поєднувалися з математичною строгістю в їх розв'язанні. Саме висока математична культура — одна з характерних ознак боголюбівської наукової школи. Такий творчий доробок свідчить про незвичайність та унікальність цього геніального вченого, дозволяє говорити про нього як про феномен у математичній і теоретичній фізиці [28, с. 41].

1. *Боголюбов Н.Н.* Избранные труды. — К.: Наук. думка, 1969—1971. — Т. 1—3.

2. *Николай Николаевич Боголюбов* (Физик): К 80-летию со дня рождения // Успехи матем. наук. — 1989. — 44, вып. 5.

3. *Николай Николаевич Боголюбов*: К 50-летию со дня рождения // УФН. — 1959, вып. 1.

4. *Николай Николаевич Боголюбов*: К 70-летию со дня рождения // Укр. физ. журн. — 1979. — 24, 8. — С. 1073—1075.

5. *Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В.* Вопросы квантовой теории поля // УФН, 1955, 55, вып. 2. — С. 149—214.

6. *Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В.* Введение в теорию квантованных полей. — М.: Физматгиз, 1957.

7. *Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В.* О ренормализационной группе в квантовой электродинамике // Докл. АН СССР. — 1955. — 103, 2. — С. 203.

8. *Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В.* Применение ренормализационной группы к улучшению формул теории возмущений // Докл. АН СССР. — 1955, 103, №93.

9. *Амбарцумян В.А., Басов Н.Г., Логунов А.А.* и др. *Николай Николаевич Боголюбов*: К 70-летию со дня рождения // УФН, — 1979, 128, вып. 4.

10. *Боголюбов Н.Н., Логунов А.А., Тодоров И.Т.* Основы аксиоматического подхода в квантовой теории поля. — М.: Наука, 1969.

11. *Боголюбов Н.Н., Струминский Б.В., Тавхелидзе А.Н.* К вопросу о составных моделях элементарных частиц. — Дубна, 1965. — 12 с. — Препр. ОИЯИ.

12. *Боголюбов Н.Н., Мишропольский Ю.А.* Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний — М.: Наука, 1974.

13. *Гониев Р.О., Кононенко В.О.* Колебания твердых тел. — М.: Наука, 1976.

14. *Писаренко Г.С.* Рассеяния энергии при механических колебаниях. — К.: Изд-во АН УССР, 1962.

15. *Парасюк О.С.* Про математичний апарат теорії елементарних частинок. — К; Вид-во АН УРСР, 1962. 16. *Юхновский И.Р.* Фазовые переходы второго рода. Метод коллективных переменных. — Киев: Наук. думка, 1985.

17. *Юхновский И.Р., Головки М.Р.* Статистическая теория классических равновесных систем. — Киев: Наук. думка, 1980.

18. *Юхновский И.Р., Гурский З.А.* Квантовостатистическая теория неупорядоченных систем. — Киев: Наук. думка, 1991.

19. *Шелест В.П., Зиновьев Г.М., Миранский В.А.* Модели сильновозмущающихся элементарных частиц. — М.: Атомиздат, 1973—1976. — Т. 1—2.

20. *Петрина Д.Я., Герасименко В.И., Малышев П.В.* Математические основы классической статистической механики. — Киев: Наук. думка, 1985.

21. *Фуцич В.И., Никитин А.Г.* Симметрия уравнений Максвелла. — Киев: Наук. думка, 1983.

22. *Фуцич В.И., Штелень В.М., Серов Н.Н.* Симметричный анализ и точные решения нелинейных уравнений математической физики. — Киев: Наук. думка, 1986.

23. *Фуцич В.И., Никитин А.Г.* Симметрия уравнений квантовой механики. — М.: Наука, 1990.

24. *Фуцич В.И., Баранник Л.Ф., Баранник А.Ф.* Подгрупповой анализ групп Га-

лилея, Пуанкаре и редукция нелинейных уравнений. — К.: Наук. думка, 1991.

25. *Федорченко А.М., Коцаренко Н.Я.* Абсолютная конвективная неустойчивость в плазме и твердых телах. — М.: Наука, 1981.

26. *Малюта О.М.* Кварковая модель адронов. — Дубна, 1967. (Препр. ОИЯИ; P2-3149).

27. *Писаренко В.Г.* Проблемы релятивистской динамики многих тел в нелинейной теории поля. — К.: Наук. думка, 1974.

НАУКОВА ШКОЛА С.І. ПЕКАРА

Академік АН УРСР С.І. Пекар (1917–1985) увійшов у історію світової та української фізики як видатний теоретик, з ім'ям якого пов'язані значні досягнення в теорії твердого тіла, і як блискучий педагог, вихователь низки поколінь фізиків-теоретиків, засновник широко відомої в Україні та за її межами авторитетної наукової школи [1, 2]. Цьому сприяли його чудові якості вченого й людини. С.І. Пекара як дослідника вирізняли незвичайний талант, незалежний і неупереджений підхід до вирішення різних фізичних питань, оригінальний вибір актуальних тем для дослідження, що ґрунтувався на його глибокій інтуїції, прагнення до постановки фундаментальних задач і доведення одержаних результатів до порівняння з експериментом, тісний зв'язок із ним, наукова принциповість і сміливість, глибина і ясність робіт. Риси С.І. Пекара як дослідника образно описали його учні й колеги:

«С.І. Пекар був наділений яскравим та оригінальним талантом, що проявлявся і у виборі тем його основних робіт, і в підході, який він знаходив для вирішення виникаючих задач. Зв'язки їх з іншими роботами того часу спочатку були невидимими, уявлялися ніби ізольованими, такими, що незрозуміло, як виникли. Але проходило кілька років, і картина змінювалася. Тіс-

ний зв'язок із сучасністю ставав очевидним, явно виявлявся й вплив робіт Пекара на інших дослідників, і вже починало здаватися незрозумілим, чому необхідність в такій роботі не була ясна відразу. Соломон Ісакович мав рідкісний склад розуму, що дозволяв йому будувати свої роботи та оцінювати чужі, не порівнюючи їх з іншими роботами останнього часу, а виходячи з «перших принципів». Він щоразу логічно проходив весь хід міркувань — від «початків» до конкретної роботи. Це дозволяло йому, уникаючи дуже поширених помилок або забобонів, знаходити найпошлідовніший хід міркувань» [2, с. 10].

І далі:

«Важлива загальна риса, яка характеризує творчість Соломона Ісаковича — та, що, стежачи за розвитком сучасної фізики, він не прагнув наслідувати моді, а розробляв саме ті питання, де міг зробити новий нетривіальний і принциповий крок. Тому чимало його робіт створили нові напрями досліджень. Свої кращі роботи він зробив сам, ретельно виношуючи їх. Відповідальність, з якої він ставився до своїх робіт, була прикладом для його оточення. Соломон Ісакович поряд із теорією хвилювали й фізичний експеримент, і навіть чисто конструкторські задачі. Його риси дослідника дивним чином доповнювалися людськими, що створювало ту органічну єдність, яку прийнято визначати як надзвичайну цілісність людської вдачі. Це була глибоко порядна й принципова людина, цілеспрямована та оптимістична, надзвичайно працездатна і зосереджена, скромна, душевна, демократична. Мені як автору цієї статті не раз доводилося зустрічатися із Соломоном Ісаковичем з питань, безпосередньо не пов'язаних із наукою, і щоразу мене вра-

жали неповторна індивідуальність, сила інтелекту, висока інтелігентність, доброзичливість, духовність цієї людини» [3, с. 162].

Значення людських якостей С.І. Пекара описують знов його учні:

«Соломону Ісаковичу завжди були властиві надзвичайна цілісність, незалежність суджень, глибока принциповість, відсутність суєти, духовна чистота. Ці якості створювали особливу наукову й моральну атмосферу навколо нього, особливо у відділі теоретичної фізики. Він завжди уникав дрібних адміністративних конфліктів, але був непримиренний у питаннях принципів: при оцінці рівня та якості наукових праць, виборі наукової тематики, вирішенні долі молодих учених. Завдяки саме цим якостям С.І. Пекара відкрився шлях у науку для багатьох молодих теоретиків, визначився їх науковий стиль і моральне обличчя. Під час обговорення наукових проблем він був вимогливий і справедливий, прагнув розкрити слабкі місця обговорюваних робіт і відразу надати максимальну допомогу для подолання виникаючих труднощів. Особливо вимогливим Соломон Ісакович був до власних робіт, у яких ретельно продумував всі деталі. Будучи людиною контактною, легко й швидко встановлював прості відносини з малознайомими людьми, водночас був дуже доброзичливий і внутрішньо демократичний. Ці чудові людські якості Соломона Ісаковича повною мірою розкривалися перед тими, хто мав щастя близько знати його» [1, с. 13].

Оцінку С.І. Пекара як ученого, вчителя й людини дав також його колега по Інституту фізики напівпровідників НАН України акад. НАН України М.П. Лисиця.

«Соломон Ісакович Пекар у всіх стосунках особистість неабияка, Але насамперед він був відданий науці. В галузі фізики твердого тіла Соломон Ісакович став класиком, ще будучи молодим. Створивши теорію поляронів, пояснив цілий комплекс явищ, що протікають у твердих тілах з переважаючим іонним хімічним зв'язком. Ця теорія набула подальшого розвитку не тільки в його власних дослідженнях, а й у роботах його численних учнів, а також представників інших шкіл, вітчизняних і зарубижних. Без теорії поляронів неможливо уявити собі сучасну фізику твердого тіла. Полярон – не єдина квазічастинка,

народжена в уяві Соломона Ісаковича. Його світлоекситон, інакше поляритон, пронизує всю спектроскопію кристалів, що відображає їх енергетичну структуру. Будучи різностороннім фізиком-теоретиком, Соломон Ісакович зробив істотний внесок і в розвиток квантової електроніки, створивши теорію хімічних лазерів нового типу. Мені пощастило слухати лекції Соломона Ісаковича, які він протягом багатьох років читав у Київському університеті. Всі студенти без винятку дуже високо цінували педагогічний талант Соломона Ісаковича і його людяність на іспитах. Доброта, принциповість, твердість у відстоюванні власної наукової позиції, чесність, вміння раціонально використовувати кожну хвилину – характерні риси академіка С.І. Пекара».

Позицію С.І. Пекара в окремих життєвих епізодах, що розкривають його високі якості людини та вченого, описує також К.Б. Толпиго:

«Прикладом високої самокритичності С.І. Пекара може бути епізод, коли на початку 50-х років він почав розраховувати ефективну масу полярона з квантово-механічним розглядом його поступального руху. Розрахунок дав величину, вдвічі меншу за одержану в класичному розгляді. С.І. Пекар був переконаний, що тут якась помилка, й витратив понад рік на її пошуки. Було розроблено новий підхід, заснований на адіабатичному наближенні, що дав правильний результат, який збігся з класичним. Але залишалося відкритим питання, в чому причина розбіжності у двох підходах? Цікаво, що приблизно в цей самий час С.В. Тябліков незалежно, трохи іншими методами, виконав подібні розрахунки та одержав два різні результати. Він опублікував дві статті, не намагаючись їх зіставити. Але С.І. Пекар повністю розібрав парадокс. Виявилось, що в першому розрахунку не можна обмежуватися першим порядком теорії збурень. Врахування ж членів другого порядку повністю ліквідувало непорозуміння...

Про високу наукову й ділову чесність С.І. Пекара свідчить також інший епізод. В 1945 р. один із перших аспірантів С.І. (Є.Д. Майборода) почав роботу над дисертацією, тема якої (теорія центрів забарвлення) раптом перетнулася з докторською дисертацією Е.Й. Адировича, який, не знаючи про це, розповів С.І. про свою роботу, і С.І. відразу побачив помилку й зрозумів, як необхідно змінити підхід. Сказати про

це Адировичу — означає «підвести» власного аспіранта, який поки йшов попереду, дотримуючись вказівки свого керівника. Як бути? Тут, як кажуть, «совість змусила» С.І. і покритикувати роботу, і підказати правильний хід міркувань авторові. Так виникла відома в ті роки (1948–1950) модель подвійного шару Адировича, що дозволила просто описати взаємодію електрона F -центра з коливаннями ґратки кристала. Є.Д. Майборода, перебуваючи все-таки попереду, мав повну можливість активізувати свою роботу і раніше її завершити, проте, на жаль, не зумів це зробити. Щось подібне відбулося через кілька років і з М.О. Кривоглазом, коли той міг позбутися пріоритету в роботі з теорії безвипромінювальних переходів, через те, що С.І. «з чесності» послався на його результати раніше, ніж вони були опубліковані. Тоді конкурент М.О. Кривоглаза поспішив виправитися та опублікуватися»⁷.

Соломон Ісакович Пекар народився 16 березня 1917 р. у Києві. В 1933 р. вступив до Київського університету, де слухав лекції відомих закордонних фізиків-теоретиків Г. Бека і Н. Розена, які працювали тоді в Україні. Вже в студентські роки у С.І. Пекара з'явилося прагнення до самостійної наукової праці. В 1938 р. він виконав дослідження «Розподіл швидкостей електронів у плазмі розряду» [2, с. 12–23], про яке повідомив на сесії Відділення фізики АН СРСР, чим викликав дискусію. Воно вже свідчило про становлення С.І. Пекара як оригінального теоретика. Закінчивши того ж року університет, він почав працювати науковим співробітником в Інституті фізики АН УРСР, одночасно ставши аспірантом університету при кафедрі теоретичної фізики, керівником його був І.Є. Тамм — видатний радянський фізик, завідувач теоретичним відділом Фізичного інституту АН СРСР.

Необхідно зазначити, що в передвоєнні роки в Інституті фізики

АН УРСР інтенсивно велися експериментальні дослідження з фізики напівпровідників, очолювані спочатку О.Г. Гольдманом, а з 1939 р. — В.Є. Лашкарьовим, які зробили Київ одним із провідних центрів СРСР у цьому напрямі. Однак теоретичні розробки практично були відсутні, хоч питання випрямлення в світловому співтоваристві активно вивчалися (А. Вільсон, Я.І. Френкель, Л. Нордгейм, Н. Мотт, Б.І. Давидов, Д.І. Блохінцев та інші). Тому вибір теми дисертації не був випадковим, а відповідав завданням інституту. У руслі дисертаційної роботи С.І. Пекар в 1939–1941 рр. побудував загальну нелінійну монополярну теорію випрямлення на контакті «напівпровідник — метал» [2, с. 24–38]. Роботу було представлено на московському семінарі Ландау, де вона одержала високу оцінку. Деякі фізики в своїх історичних екскурсах наводять відомий афоризм Ландау, який він озвучив після обговорення роботи Пекара — «в Києві відбулося самозародження теоретичної фізики» [36, с. 80]. В результаті при захисті дисертації в травні 1941 р. С.І. Пекару за пропозицією В.Є. Лашкарьова, І.Є. Тамма та Я.І. Френкеля, присуджено відразу ступінь доктора фізико-математичних наук, що трапляється не часто.

В цей період у С.І. Пекара встановилися тісні наукові зв'язки з Я.І. Френкелем, І.Є. Таммом і Л.Д. Ландау, а потім із М.М. Боголюбовим, які в подальшому зміцнювалися, він завжди прагнув обговорити з ними проблеми, що його хвилювали, та одержані результати. Тому вплив на нього перших трьох був значним і сприяв його швидкому становленню як теоретика висо-

кого класу. С.І. Пекар належав до теоретичної школи І.Є. Тамма, однак другим своїм учителем вважав Л.Д. Ландау.

У роки війни з гітлерівською Німеччиною С.І. Пекар працював в Уфі, куди переїхав Інститут фізики АН УРСР, в галузі напівпровідникових приладів, де розкрилися його нові якості – інженера й конструктора. В 1941–1946 рр. і 1949–1960 рр. він завідував відділом теоретичної фізики Інституту фізики АН УРСР, а в 1944–1951 рр. і 1953–1966 рр. – також кафедрою теоретичної фізики в Київському університеті, де в 1948 р. створив спеціалізацію з теоретичної фізики. Курси лекцій, які читав С.І. Пекар, вирізнялися глибиною та ясністю, часто стаючи подіями для слухачів, на них виховано не одне покоління українських теоретиків. Це був найбільш плідний в науковому плані період у творчості С.І. Пекара. Саме в цей період він запровадив (1946) поняття поляронів і розробив (1946–1949) їх теорію, яка містила велику кількість нових ідей та уявлень і відкрила новий напрям у фізиці твердого тіла, вплинувши на багато її розділів. Тоді ж передбачено (1957) додаткові світлові хвилі в кристалах (світлоекситони) та істотно доповнено й узагальнено (1957–1960) кристалооптику.

Поряд із глибокими теоретичними роботами в теорії твердого тіла, очолюваними С.І. Пекарем, у цей самий час в Інституті фізики АН УРСР під керівництвом В.Є. Лашкарьова велися широкі комплексні експериментальні дослідження з фізики напівпровідників. Теоретиками та експериментаторами Інституту було зроблено значний внесок у становлення і розвиток фізики і техні-

ки напівпровідників. Тому в 1960 р. було вирішено на базі відділів теоретичної фізики та фізики напівпровідників Інституту фізики АН УРСР створити Інститут напівпровідників АН УРСР (нині Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України), в якому С.І. Пекар до самої своєї кончини 8 липня 1985 р. очолював теоретичний відділ. Одночасно він був професором (1961–1976) кафедри теоретичної фізики Київського університету. Варто зазначити, що при становленні нового інституту значну роль відіграли чудові якості С.І. Пекара, які зробили вплив на інститутську атмосферу взагалі. З ініціативи й під керівництвом С.І. Пекара протягом 30 років (1955–1985) проводилися Всесоюзні наради з теорії напівпровідників, що зробили величезний вплив на розвиток досліджень у цій галузі та на виховання молодих теоретиків. Становленню їх сприяли також семінари, що регулярно проводилися С.І. Пекарем.

Активна й плідна наукова, науково-організаційна й педагогічна діяльність С.І. Пекара, його особисті якості, науковий авторитет привели до того, що він постійно був оточений молодими творчими співробітниками, аспірантами, студентами й допоміг багатьом із них стати фізиками-теоретиками. До Соломона Ісаковича часто зверталися за науковими порадами, прагнули доповісти роботу на його семінарі. Для всіх, хто звертався до нього «по науці», Соломон Ісакович був уважним, доброзичливим і вдумливим критиком, завжди прагнув надати реальну допомогу слушною порадою. Його думка була неупередженою і незалежною. Своєю підтримкою він до-

поміг прийти в науку багатьом молодим теоретикам. Вони й склали його розгалужену теоретичну школу, представники якої працюють нині, крім Києва, в багатьох містах, зокрема в Кишиневі, Донецьку, Чорноголові. Формуватися вона почала наприкінці 40-х – початку 50-х років на базі теоретичного відділу Інституту фізики АН УРСР та кафедри Київського університету, в подальшому її успішний розвиток проходив в Інституті напівпровідників АН УРСР.

Про це коротко написав учень С.І. Пекара, його наступник у теоретичному відділі Інституту фізики напівпровідників НАН України В.О. Кочелап:

«Значення діяльності С.І. Пекара визначається не тільки його науковими результатами. Він був блискучим педагогом і багато уваги приділяв вихованню молодих учених. Цей бік його діяльності привів до створення першої школи фізиків-теоретиків у Києві. В 1944 р. С.І. Пекар відродив кафедру теоретичної фізики в Київському університеті, а в 1998 р. при цій кафедрі вперше було створено спеціалізацію з підготовки фізиків-теоретиків. Курси лекцій із теоретичної фізики, які читав Соломон Ісакович, справили значний вплив на кілька поколінь студентів фізичного факультету КДУ, залучивши їх до основ сучасної науки. Його лекції вирізнялися незвичайною ясністю й глибиною і часто ставали подією для слухачів» [36, с. 92].

Основний напрям С.І. Пекара та його школи – теорія неметалічних кристалів. Інтенсивні дослідження в ній він розпочав наприкінці 30-х років. В 1938 р. побудував кількісну теорію випрямлячів із запірними шарами, у 1940–1941 рр. – теорію

контакту напівпровідників з металом у випадку сильних струмів [2, с. 24–38]. У середині 40-х років С.І. Пекар приступив до вивчення проблеми сильної взаємодії електрона з кристалічною ґраткою. Відштовхуючись від ідеї Л.Д. Ландау про можливість захоплення електрона ґраткою кристала (його автолокалізації) в умовах досить сильної взаємодії в результаті деформації ґратки полем самого електрона (1933) і використовуючи для описання автолокалізації макроскопічний підхід, він запропонував нові методи розгляду електронів провідності й локалізованих електронів, які уможливили істотно поліпшити електронну теорію кристалів і з єдиної точки зору інтерпретувати широке коло явищ, які не мали задовільного пояснення в рамках зонної теорії. Побудована ним (1946) витончена модель процесу взаємодії електрона з ґраткою, що враховувала діелектричну поляризацію іонного кристала електричним полем електрона провідності, запровадила в розгляд стан кристала з поляризаційною потенціальною ямою, в якій локалізовано електрон, названі ним поляронами [4]. Потенціальна яма полярона разом із осцилюючим у ній електроном може переміщуватися по кристалу як своєрідна поляризаційна хвиля, інакше кажучи, полярон рухається в кристалі подібно до частинки із зарядом електрона та деякою ефективною інертною масою, відмінною від електронної. Полярон як нова квазічастинка міцно ввійшов у фізичну лексику. На основі концепції поляронів як основних носіїв струму в іонних кристалах С.І. Пекар побудував (1946–1950) теорію поляронів у границі сильного зв'язку, фунда-

ментом якої стало рівняння для визначення енергетичного спектра полярона (рівняння Пекара) і формула для ефективної маси полярона (формула Пекара – Ландау) [5]. Теорія поляронів істотно змінила уявлення про носіїв струму в іонних кристалах і стала новим напрямом у сучасній теорії твердого тіла.

У процесі створення поляронної теорії було розвинено низку підходів, що мали загальне значення для теорії твердого тіла, зокрема запропоновано метод ефективної маси електрона в кристалічній ґратці, адіабатичне наближення для електрона провідності, який взаємодіє з сильно зв'язаними електронами, досліджено особливості поляризації ґратки. Задача про полярон як одна з простих і реальних моделей сприяла розвитку загальних методів теорії поля. В розвиток поляронної теорії (1951) С.І. Пекар з І.М. Дикманом побудував теорію автолокалізації екситонів Ванье – Мотта [2, с. 156–167], а з М.Ф. Дейгеном – теорію автолокалізації екситонів у неполярних кристалах [2, с. 39–44], в якій незалежно від Дж. Бардіна й У. Шоклі (1950) запропоновано метод деформаційного потенціалу.

С.І. Пекарем і його учнями розвинено теорію поляронів і при довільній силі зв'язку, досліджено можливість утворення самоузгоджених електронних станів у гомеополарних кристалах (конденсонів), конденсонний ефект введено ними в теорію поляронів і локальних електронних центрів. Разом зі співробітниками й учнями С.І. Пекар поширив теорію поляронів на випадок проміжного зв'язку, а також на екситони й конденсони. Так, 1957 р. він разом із В.М. Буймістровим і М.О. Криво-

глазом розробив ефективні методи проміжного зв'язку [2, с. 192–220; 225–237; 6].

В 1953 р. С.І. Пекар і І.М. Дикман показали, що екситони в іонних кристалах подібно до електронів можуть перебувати в поляронних станах, і розвинули теорію поляризованих екситонів при сильному й проміжному зв'язках [2, с. 156–167]. В наступні роки (1968–1975) він та В.І. Шека узагальнили теорію поляронів на багатодолинні напівпровідники та анізотропні енергетичні зони [7, 8].

З дослідженнями в галузі теорії поляронів тісно межують роботи С.І. Пекара і його учнів з теорії домішкових центрів, що взаємодіють з кристалічною ґраткою. На основі методу ефективної маси С.І. Пекар з М.Ф. Дейгеном і К.Б. Толпиго розвинув (1947–1953) теорію домішкових електронних центрів. Він розглянув розсіяння поляронів оптичними коливаннями іонів кристала, а Ю.Е. Перлін розрахував розсіяння поляронів акустичними коливаннями іонів і відповідні рухливості (1951).

В 1949–1953 рр. С.І. Пекар і його учні виконали цикл досліджень із теорії домішкового поглинання світла, яким закладено основи теоретичної оптики кристалів з дефектами. Було побудовано загальну теорію форми спектрів домішкового поглинання й люмінесценції, показано визначальну роль електрон-фононої взаємодії у формуванні спектрів і дано їх повну адіабатичну теорію, визначено форму асиметричної кривої спектрального розподілу електрон-фононного поглинання світла (пекаріан). Пояснено стокове зміщення спектрів поглинання й ви-

пускання, визначено його зв'язок із напівшириною спектра [9]. В 1953 р. С.І. Пекар із М.О. Кривоглазом розробив загальну теорію форми смуг домішкового поглинання в кристалах з довільним законом дисперсії фононів, дослідив тонку структуру спектрів, передбачив наявність дуже вузької безфононної лінії в спектрі домішкового поглинання (оптичний аналог ефекту Мессбауера) [2, с. 168–191]. Вивчено також оптичні властивості ідеальних кристалів в області екситонного поглинання.

До проблеми сильного електрон-фононного зв'язку С.І. Пекар та його учні зверталися неодноразово. Зокрема, в 1979 р. він, Е.Й. Рашба і В.І. Шека розглянули в адіабатичному наближенні існування в іонних кристалах поляризуючого й неполяризуючого екситонів і розробили теорію автолокалізованого бар'єра для екситона Ванье – Мотта [30, с. 425–429].

Значний цикл досліджень С.І. Пекара і його школи стосується теорії екситонів і оптики кристалів. В 1957 р. він показав, що в кристалах в області екситонного поглинання світла повинна істотно змінитися класична кристалооптика, і передбачив додаткові електромагнітні хвилі [2, с. 238–252], одержав нові формули для коефіцієнтів відбиття світла від поверхні кристала, прозорості кристалічної пластинки [2, с. 253–265] та ін. Як писав він сам, «у результаті теоретичних досліджень було виявлено недостатність класичної теорії двозаломлення в спектральних областях екситонних резонансів, передбачено додаткові світлові хвилі в кристалах, для них обґрунтовано додаткові граничні умови на поверхні кристала,

виведено нові формули для відбиття й проходження світла. Одержані результати дозволили істотно доповнити та узагальнити кристалооптику» [10, с. 3].

Протягом 1957–1960 рр. С.І. Пекар вивчив явища й закономірності, що не вкладаються в рамки класичної теорії двозаломлення, розвинув нову теорію електромагнітних хвиль у кристалах, у яких виникають екситони, розглянув теорію дисперсії та екситонного поглинання світла, вивів основні закони нової кристалооптики на основі узагальнення залежності питомої поляризації від електричного поля [10]. Вихідним пунктом теорії було узагальнення класичної формули для поляризації з урахуванням того, що екситонні рівні в кристалі перетворюються в екситонні зони. Внаслідок цього діелектрична проникність виявляється функцією не тільки частоти світла (тимчасова дисперсія), а й хвильового вектора (просторова дисперсія), а оскільки хвильовий вектор містить множником показник заломлення, то підвищується степінь дисперсійного рівняння, яке пов'язує показник заломлення з частотою світла. Це й дає додаткові світлові хвилі. Спостережуване в області дисперсії світло є результатом певного «змішування» електромагнітного поля з екситонними збудженнями. Це дало підставу ввести новий термін «світлоекситон».

В 1960 р. С.І. Пекар ототожнив довгохвильові світлоекситони зі спостережуваними світловими хвилями і побудував макроскопічну теорію екситонів з урахуванням запізнення, звівши теорію екситонів до макроскопічної теорії світлових хвиль [2, с. 306–317]. У випадку нехтування запізненням одержують просто ек-

ситони. В цьому ж році С.І. Пекар і М.С. Бродин експериментально довели існування додаткових світлових хвиль (в антрацені) [11]. Варто зазначити, що С.І. Пекар розробляв також постановки різних експериментів, у яких повинні проявлятися додаткові хвилі, а в деяких брав безпосередню участь. Зокрема, за його ідеєю М.І. Страшнікова здійснила досить ефективний дослід, коли світло, що падало майже перпендикулярно до поверхні вузького клина, розщеплювалося на виході на два пучки внаслідок різних значень коефіцієнтів заломлення для «звичайної» й додаткової хвилі.

У наступні роки С.І. Пекар провів дослідження в нових для нього напрямках, у яких висунув низку оригінальних ідей. Він розглянув (1965) механізм електрон-фононної взаємодії, пов'язаний із залежністю діелектричної проникності кристала від деформації, показавши, що внаслідок цього при накладанні зовнішнього статичного електричного поля в п'єзо- і неп'єзоелектричних кристалах виникає додаткова електрон-фононна взаємодія. Вона враховується поряд із деформаційним потенціалом і п'єзоелектричним полем при розгляді звукових хвиль в присутності носіїв струму, що дрейфують у зовнішньому полі [2, с. 346–354]. На основі передбаченого механізму він побудував теорію підсилення ультразвуку в напівпровідниках.

Необхідно зазначити, що ще в 1956 р. К.Б. Толпиго й З.І. Урицький незалежно від Вайнрайха передбачили можливість генерації гіперзвуку в кристалі за рахунок електрон-фононної взаємодії, коли дрейфова швидкість носіїв струму (поляро-

нів) у зовнішньому полі перевищує швидкість звуку (акустоелектричний ефект, який лежить в основі акустоелектроніки) [12]. Експериментальне доведення підсилення гіперзвуку дали в 1961 р. Е. Хатсон, Дж. Макфі й Д. Уайт. У наступні роки ідея С.І. Пекара про додаткову електрон-фононну взаємодію нового типу дістала розвитку (1966–1978) у роботах, які він виконав разом із А.А. Демиденком, В.М. Пісковим і Б.Є. Цеквавою [2, с. 355–360].

В 1966–1969 рр. С.І. Пекар з В.Н. Мальцевим досліджував властивості газів із високою концентрацією електронно-збуджених атомів і молекул і показав (1966), що резонансна диполь-дипольна взаємодія між молекулами, що перебувають на різних енергетичних рівнях, обернено пропорційна кубу відстані між ними й може давати внесок у термодинамічні функції газу, значно більший, ніж звичайна ван-дер-ваальсова взаємодія. При цьому також вказано на можливість термодинамічної нестійкості й розпаду збудженого газу на дві фази з різним відносним вмістом збуджених атомів із наступною конденсацією однієї з фаз [2, с. 361–370; 405–409].

В 1969 р. С.І. Пекар вказав на можливість самостимульованого механізму випромінювання хімічно реагуючим газом, коли фотоперехід відбувається під час елементарного акту хімічної реакції. Це дає можливість здійснити перетворення енергії хімічних реакцій в енергію когерентного випромінювання з більшим квантовим виходом. Інакше кажучи, С.І. Пекар запропонував новий тип хімічного лазера на стимульованих електронних фото переходах [2, с. 384–386]. У наступні роки (1970–

1979) С.І. Пекар і В.О. Кочелап розробили теорію стимульованої радіаційної хімічної реакції в газах, показавши можливість її використання в лазерах [2, с. 395–404; 413–416; 13].

В 1975 р. С.І. Пекар одержав вираз для енергії залежного від часу електромагнітного поля в диспергуючому середовищі, що дозволило вперше послідовно провести квантування поля в ньому [14]. На основі цього 1977 р. знайдено нові формули для ймовірностей багатофотонних процесів у середовищі з дисперсією.

В результаті, завдяки лідерським якостям, визначним науковим результатам, одержаним особисто та очолюваним ним колективом теоретичного відділу у 50–70 роках, С.І. Пекарем сформовано велику та авторитетну теоретичну школу, яку дала не одне покоління теоретиків. Її представляють члени-кореспонденти АН УРСР М.Ф. Дейген, В.О. Кочелап, М.О. Кривоглаз, В.Й. Сугаков, К.Б. Толпиго, доктори наук Ю.Е. Перлін, І.І. Бойко, В.М. Буймістров, В.Л. Вінецький, З.С. Грибніків, І.М. Дикман, В.С. Машкевич, В.І. Мельников, В.В. Мітин, В.М. Піскової, В.Й. Піпа, Е.Й. Рашба, М.В. Стриха, Б.Є. Цеквава, В.І. Шека та інші [36].

Крім викладених вище, в школі одержано чимало результатів фундаментального значення в теорії екситонів, фізики напівпровідників, спектроскопії конденсованих середовищ, радіоспектроскопії, теорії неідеальних кристалів. Чимало учнів С.І. Пекара очолювали або очолюють теоретичні відділи, сектори й лабораторії в ряді академічних інститутах (Е.Й. Рашба, К.Б. Толпиго, М.О. Кривоглаз, М.Ф. Дейген, Ю.Е. Перлін, В.Й. Сугаков, П.Т. Том-

чук, І.М. Дикман, В.М. Буймістров та інші). В 1966–1991 рр. завідував сектором, відділом в Інституті теоретичної фізики ім. Л.Д. Ландау АН СРСР (Чорноголовка, Московська область) Е.Й. Рашба [38]. Він передбачив існування автолокалізаційного бар'єра для екситонів, вільних і автолокалізованих екситонів, континуальних автолокалізованих станів в одновимірних системах, а також велетенські сили осциляторів домішкових екситонів у молекулярних кристалах (ефект Рашби, 1957 р.). Е.Й. Рашба передбачив також комбінований резонанс – інтенсивне електродипольні збудження спінових переходів (1960) [15] і розвинув (1981–1984) його теорію для зонних і зв'язаних носіїв у напівпровідниках. Побудував динамічну теорію вібронних спектрів молекулярних кристалів (1966–1968), теорію зв'язаних станів фононів з електронними агрегатами в напівпровідниках (1971–1976). Передбачив електричний пінч-ефект у напівпровідниках (1964) та анізотропні розмірні ефекти в багатодолинних напівпровідниках і напівметалах (1965–1971). Запропонував механізми динамічного підсилення домішкової локалізації електронів низькочастотними фононами (1975), дефектоутворення й десорбції в ході автолокалізації (1979–1986), спонтанного порушення симетрії нелінійних структур внаслідок виродження електронного спектра (1981–1984). Побудував теорію швидкості автолокалізації й безвипромінювального захоплення носіїв струму та екситонів (1978–1986) [36, 38].

Дослідження К.Б. Толпиго присвячено динаміці ґратки, зонній теорії, теорії екситонів і домішкових

центрів, оптиці кристалів, кінетичним явищам у напівпровідниках. У 1950–1961 рр. він істотно розвинув динамічну теорію коливань ґраток іонних кристалів. У ній уперше в моделі деформованих іонів було розглянуто оптичні коливання з урахуванням запізнювання взаємодії й одержано змішані стани фононів та електромагнітного поля, названі згодом поляритонами [16]. В 1952 р. він дав систематичне описання основних термоелектричних і термогальванічних явищ у напівпровідниках [17]. У 1956 р. К.Б. Толпиго і Е.Й. Рашба вивели закон залежності струму від напруги при біполярному дрейфі носіїв і побудували (1954–1965) теорію випромінювання струму в p - n -переходах та у контактах «метал – напівпровідник» при значних струмах інжекції [18], а також одержали низку важливих результатів у феноменологічній теорії напівпровідникових приладів [19]. В 1966–1988 рр. К.Б. Толпиго завідував теоретичним відділом Донецького фізико-технічного інституту АН УРСР. Тут він узагальнив динамічну теорію кристалічної ґратки на кристали інертних газів (у розгляд ефекту також включено квадрупольну деформацію атомних оболонок), обґрунтував і розвинув квазімолекулярну модель валентних кристалів, у якій розглядаються основні, екситонні й провідні стани кристала. Передбачив існування деформуючих низькосиметричних екситонів у лужно-галоїдних кристалах [20].

І.М. Дикман побудував (1947) кількісну теорію зовнішнього фотоефекту й вторинної електронної емісії з напівпровідників і передбачив (1954) важливий розмірний ефект,

пов'язаний із квантуванням електронних орбіт у тонких пластинках [36].

З кінця 50-х років М.Ф. Дейген зі співробітниками проводив інтенсивні дослідження з радіоспектроскопії домішкових центрів у кристалах, був ініціатором створення, а в 1960–1977 рр. – керівником відділу радіоспектроскопії Інституту напівпровідників АН УРСР. Разом із В.Л. Вінецьким він розробив теорію агрегатних центрів забарвлення в кристалах [21]. Застосування теорії поляронів до метал-аміачних розчинів дозволило йому пояснити (1954) їх магнітні, оптичні та інші властивості [22]. Вперше було розвинено повну теорію спектрів подвійного електронно-ядерного резонансу, розглянуто його нові види (М.Ф. Дейген), запропоновано метод визначення структури енергетичних зон у кристалах за даними експериментального вимірювання подвійного електронно-ядерного резонансу (С.І. Пекар, М.Ф. Дейген, В.Г. Грачов, 1957–1967) [23]. Розроблено теорію параелектричного резонансу й запропоновано нові види акустичних параелектричних резонансів і новий механізм релаксації парамагнітних центрів за рахунок взаємодії спінів з плазмонами (М.Ф. Дейген, К.Д. Глинчук, 1970–1974 рр.) [24].

В 1963–1972 р. М.Ф. Дейгеном зі співробітниками проведено глибокі дослідження електропольових ефектів в електронному парамагнітному резонансі, які дали можливість одержати нові параметри, що характеризують дефектні кристали, і виявити новий механізм розширення ліній електронного парамагнітного резонансу в кристалах. В 1974–1976 рр. він виконав роботи з вивчення взаємодії спінів домішкових іонів з плаз-

мовими коливаннями густини зарядів у напівпровідниках, обмінного та електропольового розсіянь носіїв на парамагнітних центрах. До цього ж часу відноситься й початок його широких досліджень магнітного резонансу в напівпровідниках і сегнетоелектриках. У результаті М.Ф. Дейгеном було створено власну наукову школу.

В 1959–1976 рр. І.М. Дикман і П.М. Томчук розвинули теорію кінетики електронів провідності й дірок з урахуванням електрон-електронної та електрон-діркової кулонівської взаємодії, обчислили внесок гарячих носіїв струму в показники заломлення електромагнітних хвиль у напівпровіднику, показали можливість керування електромагнітними хвилями в середовищі за допомогою зовнішніх електричних і магнітних полів. Вони ж побудували (1966–1976) теорію явищ переносу й колективних процесів у нерівноважній плазмі напівпровідників зі складним законом дисперсії енергії носіїв струму [25].

В 1964–1975 рр. Е.Й. Рашба, І.І. Бойко й З.С. Грибніков передбачили низку нових лінійних і нелінійних ефектів, пов'язаних із анізотропним перерозподілом носіїв струму по перерізу напівпровідника та з виснаженням напівпровідника носіями під дією протікаючого струму [26]. В 1965–1967 рр. Е.Й. Рашба та І.І. Бойко розвинули теорію електричних і фотоелектричних явищ у напівпровідниках з анізотропною провідністю. В 1965 р. З.С. Грибніков із В.І. Мельниковим побудував теорію розмірних ефектів для гарячих електронів [27]. Передбачив 1979 спільно з ін. від'ємну диференціальну провідність та осциляції струму у на-

півпровідниках. Розробив теорію багатознакової анізотропії провідності в багатодолинних напівпровідниках, зокрема з В.В. Мітиним – 1971 теорію неоднорідних станів у сильному електричному полі. В 1985 р. ефект багатознакової анізотропії провідності в напівпровідниках (З.С. Грибніков, В.В. Мітин) визнано відкриттям. В 1970 р. з В.О. Кочеларом виявив незвичайну поведінку електронних напівпровідників у сильному електричному полі – їх охолодження. І.І. Бойко й В.Й. Піпа створили (1967–1977) теорію явищ, пов'язаних із проходженням через тверде тіло сильних струмів. Досліджено пінч-ефект в електронно-дірковій плазмі, що приводить до сильної нелінійності вольт-амперних характеристик, і зміну провідності, яка відбувається внаслідок власного магнітоопору [28]. В результаті було істотно розвинено теорію електронно-діркової плазми в напівпровідниках. В.Й. Піпа одержав важливі результати в теорії електронфонної взаємодії та оптиці напівпровідників; зокрема, започаткував тут новий напрям – концентраційно-деформаційну нестійкість кристалів [36].

В 1969–1970 рр. В.Л. Вінецький пояснив механізм провідності напівпровідника з урахуванням процесу утворення електрично активних дефектів (власне дефектної провідності та самокомпенсації провідності). Він увів (1970–1977) нові уявлення про механізми утворення радіаційних дефектів у напівпровідниках і діелектриках і побудував теорію їх нагромадження, знайшов умови радіаційної стійкості й підвищеної чутливості неметалічних кристалів до ядерних випромінювань [29]. В.Л. Вінецький розробив також те-

орію біполяронів (два електрони локалізовані в спільній поляризаційній ямі) та вивів умови їх існування. Такі квазічастинки могли бути ототожені з куперівськими парами з малою кореляційною довжиною в теорії надпровідності.

Важливий цикл робіт з оптики кристалів і теорії електронних станів у системах напівпровідникового типу виконав М.О. Кривоглаз, який у 1964–1988 рр. очолював відділ теорії неідеальних кристалів Інституту металофізики АН УРСР. Він побудував (1953–1970) теорію безвипромінювальних електронних переходів, теорію фононного й спінового розширення чисто електронних ліній у домішкових спектрах [30, 31]. Розвинув (1956–1977) рентгенографічні

методи дослідження недосконалостей кристалів, передбачив ефекти заглушення критичних флуктуацій далекодіючими силами (1963), появу квазіліній на рентгенограмі сильно спотворених кристалів (1968) [32], побудував теорію ефекту Мессбауера в неідеальних кристалах [33, 34], запропонував концепції флуктонів і рівноважних гетерогенних систем [35].

Таким чином, С.І. Пекаром та його науковою школою зроблено значний внесок у розвиток теоретичної фізики в Україні, а також у створення в Києві другого в Україні центру в галузі теорії твердого тіла. Президією НАН України засновано премією імені С.І. Пекара за видатні досягнення в цьому напрямі.

1. Соломон Исаакович Пекар. – К.: Наук. думка, 1988.

2. Пекар С.И. Избранные труды. – К.: Наук. думка, 1988.

3. Памяти Соломона Исааковича Пекара // УФН. 1986. **149**, вып. 1, с. 161–162.

4. Пекар С.И. Автолокализация электрона в диэлектрической инверсионно поляризуемой среде // ЖЭТФ, 1946. **16**, вып. 4, с. 335–340.

5. Пекар С.И. Исследования по электронной теории кристаллов. – М.; Л.: Гостехтеориздат, 1951.

6. Буймистров В.М., Пекар С.И. Теория поляронов при произвольной силе связи между электроном и оптическими колебаниями решетки. *Журнал техн. физики*. 1957. **27**. Вып. 11. С. 2667–2669.

7. Пекар С.И. Теория поляронов в многодолинных кристаллах. 1. *ЖЭТФ*. 1968. **55**, вып. 5. С. 1997–2002.

8. Пекар С.И., Шека В.И., Дмитренко Г.В. Теория поляронов в многодолинных кристаллах. 2. Там же, 1972. **63**, вып. 10. С. 1455.

9. Пекар С.И. Форма и температурная зависимость полос примесного поглощения света и люминесценции в твердых и жидких диэлектриках и полупроводниках // *Известия АН СССР. Серия физ.*, 1954. **18**, вып. 6, с. 712–713.

10. Пекар С.И. Кристаллооптика и добавочные световые волны. – К.: Наук. думка, 1982.

11. Бродин М.С., Пекар С.И. К экспериментальному доказательству существования добавочных аномальных световых волн в кристалле в области экситонного поглощения // *ЖЭТФ*, 1960, **38**, вып. 1, с. 74–81.

12. Толпыго К.Б., Урицкий З.С. К теории подвижности полярона // *ЖЭТФ*, 1956, **30**, вып. 5, с. 929–937.

13. Кочелап В.А., Пекар С.И. Теория спонтанной и стимулированной хемилюминесценции газов. К.: Наук. думка, 1986. 264 с.

14. Пекар С.И. Плотность энергии произвольного электромагнитного поля и диссипация в среде с дисперсией // *Физика твердого тела*, 1976, **18**, вып. 7, с. 1884–1887.

15. Рашба Э.И. Комбинированный резонанс в полупроводниках // *УФН*, 1964, **84**, вып. 4, с. 557–578.

16. Толпыго К.Б. Состояние теории поляризации идеальных ионных и валентных кристаллов // *УФН*, 1961, **74**, вып. 2, с. 269–288.

17. Толпыго К.Б. Об уравнениях переноса в теории полупроводников // *Труды Ин-та физики АН УССР*, 1952, вып. 3, с. 52–83.

18. Рашба Э.И., Толпыго К.Б. Прямая вольт-амперная характеристика плоскостного выпрямителя при значительных токах // ЖЭТФ, 1956, **26**, вып. 7, с. 1419–1427.
19. Толпыго К.Б. Неравновесные поверхностные процессы в полупроводниках и полупроводниковых приборах. — М.: Сов.радио, 1977.
20. Толпыго К.Б., Троицкая Е.П. Распространение динамической теории кристаллических решеток с деформированными атомами на кристаллы элементов нулевой группы // Физика твердого тела, 1971, **13**, вып. 4, с. 1136–1144.
21. Дейген М.Ф., Винецкий В.Л. Квантовые состояния и оптические переходы центра // ЖЭТФ, 1957, **32**, вып. 2.
22. Дейген М.Ф. Теория магнитных свойств металл-аммиачных растворов // ЖЭТФ, 1954, **26**, вып. 3, с. 293–299.
23. Грачев В.Г., Дейген М.Ф. Двойной электронно-ядерный резонанс примесных центров в кристаллах. УФН, 1977, **125**, вып. 4, с. 631–663.
24. Дейген М.Ф., Глинчук М.Д. Параэлектрический резонанс нецентральных ионов // УФН, 1974, **114**, вып. 2.
25. Дыкман И.М., Томчук П.М. Явления переноса и флуктуации в полупроводниках. — К.: Наук. думка, 1981.
26. Рашба З.И., Грибников З.С., Кравченко В.Я. Анизотропные размерные эффекты в полупроводниках и полуметаллах // УФН, 1976, **119**, вып. 1, с. 3–47.
27. Грибников З.С., Мельников В.И. Диффузия «горячих» электронов в n - n -гетеропереходах // Физика твердого тела, 1965, **7**. Вып. 7, с. 1997–2006.
28. Бойко И.И., Пипа В.И. Пинч-эффект в полупроводниках при сильном вырождении электронно-дырочной плазмы // Физика твердого тела, 1971, **13**, вып. 2, с. 579–585.
29. Винецкий В.Л., Холодарь Г.А. Традиционная физика полупроводников. К.: Наук. думка, 1979.
30. Кривоглаз М.А. Теория уширения спектральных линий и безызлучательных переходов в системах со слабой связью // ЖЭТФ, 1965, **48**, вып. 1, с. 310–326.
31. Кривоглаз М.А., Лезенсон Г.Ф. Теория примесного поглощения и испускания света в ферромагнитных и антиферромагнитных кристаллах // Физика твердого тела, 1967, **9**, вып. 2, с. 457–468.
32. Кривоглаз М.А. Теория рассеяния рентгеновских лучей и тепловых нейтронов реальными кристаллами. — М.: Наука, 1967.
33. Кривоглаз М.А. Дифракция рентгеновских лучей и нейтронов в неидеальных кристаллах. — К.: Наук. думка, 1983.
34. Кривоглаз М.А. Диффузионное рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов на флуктуационных неоднородностях в неидеальных кристаллах. — К.: Наук. думка, 1984.
35. Кривоглаз М.А. Флуктуационные состояния электронов // УФН, 1973, **111**, вып. 4, с. 617–654.
36. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України. — К.: Інтертех-друк, 2010.
37. Палій В.М., Храмов Ю.О. Національна академія наук України. Персональний склад. 1918–2018. — К.: Фенікс, 2018.
38. Зарубіжні вчені — вихідці з України в галузі фундаментальних і технічних наук. — К.: Фенікс, 2017.
28. Загородній А., Самойленко А., Храмов Ю. Життя віддане науці // Вісник НАН України, 2009, № 8, с. 35–41.
29. Соломон Исаакович Пекар / Сост. Е.И. Толпыго.— Киев: Наук. думка, 1988. — 38 с. — (Биобиблиография ученых Укр. ССР).
30. Пекар С.И. Избранные труды. — Киев: Наук. думка, 1988. — 511 с.
31. Памяти Соломона Исааковича Пекара // Успехи физ. наук. — 1986. — 149, вып. 1. — С. 161–162.
32. Пекар С.И. Автолокализация электрона в диэлектрической инверсионно поляризуемой среде // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1946. — 16, вып. 4. — С. 335–340.
33. Пекар С.И. Исследования по электронной теории кристаллов. — М.; Л.: Гостехтеориздат, 1951. — 256 с.
34. Буймистров В.М., Пекар С.И. Теория поляронов при произвольной силе связи между электроном и оптическими колебаниями решетки // Журн. техн. физики.— 1957. — 27, вып. 11. — С. 2667–2669.
35. Пекар С.И. Теория поляронов в многодолинных кристаллах // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1968. — 55, вып. 5. — С. 1997–2002.
36. Пекар С.И., Шека В.И., Дмитренко Г.В. Теория поляронов в многодолинных кристаллах. 2 // Там же — 1972 — 63, вып. 10. — С. 1455.
37. Пекар С.И. Форма и температурная зависимость полос примесного поглощения света и люминесценции в твердых и жидких диэлектриках и полупроводниках // Изв. АН СССР. Сер. физ. — 1954. — 18, 6. — С. 712–713.

38. Пекар С.И. Кристаллооптика и добавочные световые волны. — Киев: Наук. думка, 1982. — 296 с.

39. Бродин М.С., Пекар С.И. К экспериментальному доказательству существования добавочных аномальных световых волн в кристалле в области экситонного поглощения // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1960. — 38, вып. 1. — С. 74–81.

40. Толыго КБ., Урицкий З.С. К теории подвижности полярона // Там же. — 1956 — 30, вып. 5. — С. 929–937.

41. Кочелап В.А., Пекар С.И. Теория спонтанной и стимулированной хемилюминесценции газов. — Киев: Наук. думка, 1986. — 264 с.

42. Пекар С.И. Плотность энергии произвольного электромагнитного поля и дис-

сипация в среде с дисперсией // Физика твердого тела. — 1976. — 18, вып. 7. — С. 1884–1887.

43. Раиба Э.И. Комбинированный резонанс в полупроводниках // Успехи физ. наук. — 1964. — 84, вып. 4. — С. 557–578.

44. Толыго КБ. Состояние теории поляризации идеальных ионных и валентных кристаллов // Там же. — 1961. — 74, вып. 2. — С. 269–288.

45. Толыго КБ. Об уравнениях переноса в теории полупроводников // Тр. Ин-та физики АН УССР. — 1952. — Вып. 3. — С. 52–83.

46. Раиба Э.И., Толыго КБ. Прямая вольт-амперная характеристика плоскостного выпрямителя при значительных токах // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1956. — 26, вып. 7. — С. 1419–1427.

НАУКОВА ШКОЛА О.С. ДАВИДОВА

Відомого фізико-теоретика акад. НАН України Олександра Сергієвича Давидова широка наукова громадськість знає не тільки як ученого, що зробив значний внесок у теорію твердого тіла, теорію ядра й квантову біофізику, але і як талановитого вихователя творчої молоді, засновника теоретичної школи [1]. Один з яскравих представників школи І.Е.Тамма О.С. Давидов успадкував від свого великого вчителя ті безцінні наукові та моральні якості й прийоми, які зробили його науковим лідером неформального творчого колективу фізиків, творцем авторитетної теоретичної школи.

О.С. Давидову властиві яскравий талант, захопленість наукою, велика ерудиція, науковий ентузіазм, глибоке проникнення в суть досліджуваної проблеми й розуміння фізики явища, прагнення до ясності, конкретності й простоти в розглядуваних питаннях, тісний зв'язок з експериментаторами, принциповість, послідовність у відстоюванні своєї точки зору, критичність, надзвичайна

працездатність, висока педагогічна й лекторська майстерність, доброзичливість, вміння вислуховувати співрозмовника, простота в спілкуванні. Це аж ніяк не означає, що нами намальовано якийсь канонічний образ людини науки, позбавленого недоліків. Вони є в О.С. Давидова, але їх затьмарюють його науковий і моральний авторитет та душевні якості. Характерні риси О.С. Давидова як ученого, вчителя й людини розкриває його учень Е.Г. Петров:

«У відстоюванні своїх наукових ідей він не боїться залишитися наодинці, йде до кінця, не дивлячись на авторитети. Головний критерій — логіка, досвід, а не догми. Має високу дисципліну розуму, обмежує себе від невтримної фантазії ідей, вважаючи, що надлишок страсті може вбити творчість, водночас уява, що враховує реальність, сприяє цьому. Не форсує події, думаючи, що це може обернутися проти. Прагне до ясної постановки мети дослідження, раціональному використанню математичного апарата, намагаючись по можливості спрощувати, а не ускладнювати розрахунки. Прагне до простоти, доступності одержуваних результатів. Віддає перевагу праці на стику різних фізичних напрямів або навіть наук, переносячи методи дослідження з однієї галузі в іншу. Головне для нього — не

стільки одержання якихось цифр, формул, а реалізація ідеї. Має колосальну фізичну інтуїцію та ерудицію. Відрізняється вмінням робити ясні і ємкі наукові доповіді практично для будь-якого рівня аудиторії. Критерієм оцінки вченого вважає: цінувати треба не того, хто знає більше, а хто краще. Цей принцип використовує при відборі учнів і створенні наукового колективу. Як учитель цінує прагнення учнів до самостійності, сприяє цьому. Дуже демократичний в обговоренні наукових питань»*.

Відмітну рису О.С. Давидова як ученого виділяє академік В.Й. Гольданський:

«Мене завжди захоплювало його вміння бути на передньому краї розвитку нових напрямів науки, поєднуючи при цьому надзвичайну широту інтересів і справжню глибину розуміння суті»**.

Наукова школа О.С. Давидова почала формуватися в Києві на початку 50-х років. Тут він працював в 1945–1953 рр. в Інституті фізики АН УРСР (старшим науковим співробітником, заступником директора) і Київському університеті (доцентом, професором, завідувачем кафедри). У цей час у нього з'явилися і перші учні – В.М. Агранович, М.Д. Борисов, А.Ф. Лубченко, Е.Й. Рашба та ін. Їх дослідження, як і їхнього вчителя, зосередилися на теорії молекулярних кристалів. Інтерес до них було ініційовано А.Ф. Прихотько та І.В. Обреїмовим, багатий експериментальний матеріал яких з вивчення спектрів молекулярних кристалів вимагав теоретичного осмислення та обґрунтування. З цього моменту теоретичні та експериментальні дослідження в Інституті стали тісно пов'язаними між собою.

В 1948 р., спираючись на експериментальні дослідження спектрів поглинання світла молекулярними кри-

сталами при низьких температурах, проведені І.В. Обреїмовим, А.Ф. Прихотько та їх співробітниками, використовуючи уявлення Я.І. Френкеля про екситон (1931) як про перехідне від вузла до вузла в кристалі збудження молекули, О.С. Давидов відніс колективне поглинання світла молекулярним кристалом, відкрите в 1946–1948 рр. А.Ф. Прихотько [2], до екситонів Френкеля, що вільно поширюються резонансним чином від молекули до молекули та залучають в процес поглинання всі молекули кристала. В результаті завдяки А.Ф. Прихотько та О.С. Давидову екситон Френкеля, або молекулярний екситон, було ідентифіковано як квазічастинку, інакше кажучи, це було відкриття екситона. Виходячи з таких уявлень О.С. Давидов передбачив явище розщеплення невироджених молекулярних термів у кристалах («давидовське розщеплення»), пов'язане з можливістю переходу екситонів з однієї групи молекул в іншу в межах елементарної комірки, і побудував теорію поглинання світла молекулярними кристалами [3, 4].

«У кристалі кожний збуджений стан молекули перетворюється на низку квазінеперервних зон збуджених станів, – писав О.С. Давидов. – Кількість зон дорівнює кількості молекул в елементарній кристалічній комірці. Кількість підрівнів у кожній зоні дорівнює кількості елементарних комірок у кристалі, ці підрівні всередині кожної зони розрізняються значеннями хвильових векторів хвиль збудження (екситонів), що поширюються в кристалі... При взаємодії зі світлом збуджуються тільки екситони з хвильовими векторами, рівними хвильовому вектору світлової хвилі... Внаслідок появи кількох зон збуджених станів, що відповідають одному збудженому стану ізольованої молекули, відбувається зсув і розщеплення смуги поглинання кристала... Кількість розщеплених компонентів і їх поляризація визначається кількістю молекул в елементарній комірці та їх взаємною орієнтацією... Величина розщеплення залежить головним чином від резонансної

* Особисте повідомлення автору.

** З листа В.Й. Гольданського О.С. Давидову, повідомлено автору Е.Г. Петровим.

взаємодії молекул кристала. Вона найбільша для дипольних переходів (пропорційна силам осциляторів) і швидко зменшується зі зростанням мультипольності переходів...» [4, с. 166–167].

Ефект давидівського розщеплення був найбільш прямим доказом наявності колективних електронних збуджень, розподілених у значній області кристала. Його зареєстровано як наукове відкриття. Дослідження цього ефекту дає можливість вивчати збуджені стани молекул і структуру кристалів.

В подальшому поняття про екситон О.С. Давидов поширив на молекулярні кристали зі складною структурою, відзначив вирішальну роль екситонів у процесах поглинання й люмінесценції світла, в переносі енергії й фотопровідності в молекулярних кристалах, деяких органічних полімерах, а також у багатьох біологічних процесах (1948–1951). Розглянув можливість збудження в кристалі двох типів екситонів – вільних і локалізованих (1951) [4], появу останніх пов'язав з локальною деформацією кристалічної ґратки навколо електронного збудження. Дослідивши в 1952–1953 рр. домішкове поглинання світла молекулярними кристалами, О.С. Давидов побудував теорію, що дозволяла визначати форму ліній поглинання й люмінесценції домішкових електронних збуджень, залежність форми смуги поглинання від температури, вперше показав, що утворення електронних збуджень при поглинанні світла й зникнення при люмінесценції пов'язано, як правило, з багатофотонними процесами [5–7]. Таким чином, експериментальне відкриття А.Ф. Прихотько чисто кристалічного поглинання світла молекулярними кристалами і його інтерпрета-

ція О.С. Давидовим за допомогою концепції квазічастинок (екситонів), який порівняв це поглинання з вільними екситонами в кристалах, відіграли революціонізуючу роль в розвитку спектроскопії молекулярних кристалів. В 50–60-і роки теорія поглинання світла в молекулярних кристалах інтенсивно розвивалася О.С. Давидовим і його учнями – В.М. Аграновичем, М.Д. Борисовим, А.Ф. Лубченком, Е.Й. Рашбою та ін. [8–11].

В 1953–1956 рр. О.С. Давидов був начальником теоретичного відділу Фізико-енергетичного інституту в Обнінську і професором кафедри теоретичної фізики Московського університету, в 1956–1964 рр. – завідувачем кафедри квантової теорії університету й теоретичним сектором лабораторії атомного ядра Фізичного інституту АН СРСР. Викладацька діяльність завжди була органічно властива йому та була не менш важливою його гранню поряд з науковою й науково-організаційною діяльністю, вона не тільки багато давала йому самому, але й поповнювала групу його учнів. В обнінсько-московський період наукові дослідження О.С. Давидова поширилися на теорію ядра, однак він не залишив екситонну тематику, опублікувавши в ці роки сам і частково з своїми першими учнями В.М. Аграновичем, А.Ф. Лубченком та іншими низку робіт у цій галузі.

В теорії ядра О.С. Давидов одержав низку значних результатів, що істотно збагатили уявлення про форму ядер і види колективних рухів у них. І тут О.С. Давидова оточували учні – Г.Ф. Філіппов, А.А. Чабан, Н.С. Работнов, В.С. Ростовський, Р.А. Сардарян та ін. В 1958 р.

О.С. Давидов разом з Г.Ф. Філіпповим сформулював і розвинув основні положення моделі твердого неаксіального ротатора (модель Давидова – Філіппова), що дозволила з єдиної точки зору пояснити чимало законірностей у спектрах низьких збуджень великої групи несферичних ядер [19], в 1960 р. з А.А. Чабаном розробив модель колективних збуджень з врахуванням деформованості форми ядра при його обертанні, що на відміну від попередньої моделі не було засновано на адіабатичному наближенні [77], з Н.С. Работновим і А.А. Чабаном досліджував обертальну енергію й моменти інерції неаксіальних ядер [14, 15].

З учнями О.С. Давидов побудував також теорію електромагнітних переходів в атомних ядрах з врахуванням поздовжньої й поперечної деформацій поверхні ядер. Було показано, що викликано відцентровими силами розтягання ядер і значно збільшує ймовірність електричних квадрупольних переходів між обертальними станами з більшими спінами, знайдено досить загальні правила сум для ймовірностей таких переходів. Обчислено також середні значення електричних квадрупольних моментів у перших збуджених станах парно-парних ядер. Дослідження цих величин дозволило зробити важливі висновки про форму атомного ядра, зокрема виявилось, що багато ядер, які вважалися сферичними, насправді не є такими [16]. В результаті О.С. Давидовим було розвинено теорію колективних збуджених станів несферичних атомних ядер, що враховує порушення їх аксіальної симетрії (теорія неаксіальних ядер Давидова). Передбачення теорії щодо спектрів атомних ядер,

ймовірності електричних квадрупольних переходів між збудженими станами й середніх електричних квадрупольних моментів у різних станах дістали підтвердження в численних експериментах [76]. За роботи з теорії ядра О.С. Давидову 1969 р. присуджено Державну премію України.

В 1964 р. О.С. Давидов був обраний акад. АН УРСР й переїхав знову до Києва, де став завідувачем відділу теорії ядра Інституту фізики АН УРСР. Коли в 1966 р. у Києві створено Інститут теоретичної фізики АН України, він очолив у ньому аналогічний відділ (з 1971 р. відділ багаточастинкових систем), в 1973–1988 рр. був також директором інституту. У цьому інституті одержала подальше інтенсивне формування його теоретична школа, в якій поряд з характерними для неї напрямками – теорією екситонів і теорією ядра – з початку 70-х роках розвивався й новий – квантова біофізика, зокрема теорія солітонів у молекулярних системах.

Фундаментальні результати одержано учнями О.С. Давидова в теорії колективних збурень ядер. В 1973–1976 рр. Г.Ф. Філіппов, В.Н. Максименко, В.І. Овчаренко й А.І. Стещенко побудували мікроскопічну теорію легких ядер, завдяки якій вперше вдалося коректно поставити й вирішити задачу про власну форму легких ядер, виділити степені вільності, пов'язані з колективними й внутрішніми рухами, вивчити взаємодію моно- і квадрупольних коливань. Результати, одержані О.С. Давидовим і його учнями в теорії ядра, стимулювали чимало експериментальних досліджень.

В 60-і роки в працях О.С. Давидова і його учнів (А.Ф. Лубченко,

Е.Й. Рашби та ін.) одержала завершення теорія екситонів молекулярних кристалів [17] і теорія поглинання світла в них, зокрема теорія домішкового поглинання світла [18, 19]. Так, Е.І. Рашба передбачив ще в 1957 р. велетенські сили осциляторів домішкових екситонів у молекулярних кристалах і напівпровідниках (ефект Рашби), що дозволяє визначати межі екситонних зон [20, 21], разом із В.Л. Броуде розробив комплекс методів аналізу структури екситонних зон у молекулярних кристалах [22]. В 1966 р. він побудував динамічну теорію вібронних спектрів молекулярних кристалів з вузькими екситонними зонами [23]. А.Ф. Лубченко досліджував генезис спектрів поглинання й випромінювання світла домішковими центрами, передбачив з І.П. Дзюбом наявність безфонної лінії в цих спектрах, вивчив вплив на них ангармонізму, досліджував гарячу люмінесценцію домішкових молекул, розрахував форму спектрів поглинання світла екситонами та ін. [24]. А.М. Агранович дав найзагальніше формулювання теорії екситонів Френкеля, зокрема теорію їх колективних властивостей, побудував теорію поверхневих екситонів на межі з металом і передбачив низку електронних та екситонних перебудов, розвинув квантову теорію поляритонів і сформулював поляритонний механізм екситонної люмінесценції. В теорії переносу енергії електронного збудження в кристалах В.М. Агранович одержав рівняння, що включали також променисте перенесення, знайшов основні характеристики свічення й побудував теорію рухливості екситонів малого радіуса [25]. В 1966–1967 рр. А.С. Давидов і Є.Н. М'ясников обчислили

ширини й форми лінії екситонного поглинання з врахуванням сильної та слабкої взаємодії екситонів з фотонами [26, 27].

У результаті теоретичних досліджень О.С. Давидова та експериментальних А.Ф. Прихотько з їх учнями у фізиці твердого тіла було створено науковий напрям – фізику екситонних станів, експериментальні методи й теоретичні уявлення якої міцно увійшли в сучасну фізику, стимулювавши розвиток її різних галузей [28]. За цикл теоретичних та експериментальних робіт з екситонів у кристалах О.С. Давидову, А.Ф. Прихотько, В.Л. Броуде, Е.Й. Рашбі, М.С. Бродину та А.Ф. Лубченку разом з лєнінградськими фізиками Є.Ф. Гроссом, Б.С. Захарченею та О.О. Каплянським 1966 р. присуджено Ленінську премію. Успішний розвиток теорії екситонів у молекулярних кристалах та антиферомагнетиках дістала в Інституті теоретичної фізики АН УРСР. О.С. Давидов з своїми учнями використав (1972) апарат матриці густини для вирішення задач оптики твердого тіла, побудував теорію екситонів у магнітовпорядкованих кристалах, розрахував спектри елементарних збуджень неідеальних кристалів, розвинув (1967–1970) теорію екситонів у молекулярних кристалах з урахуванням взаємодії електронних станів з коливаннями ґратки [28].

Створено теорію форми смуг поглинання й люмінесценції та їх залежності від температури в чистих молекулярних кристалах (О.С. Давидов, Є.Н. М'ясников, 1975 р.) і кристалах, що містять домішкові молекули (О.С. Давидов, А.Ф. Лубченко, 1968 р.). Пояснено основні особливості електронно-коливальних

спектрів молекулярних кристалів (О.С. Давидов, А.А. Серіков, 1970 р.) [28] і спектрів поглинання твердого кисню (Ю.Б. Гайдидей, В.М. Локтев, 1973 р.) [29].

Побудовано (1974) теорію подвійних триплетних збуджень у молекулярних кристалах [30], розроблено (1973–1975) методику дослідження оптичних збуджень магнітних кристалів, на основі якої вивчено процеси екситонного, екситон-магнетонного та двоекситонного поглинання світла анти-феродіелектриками [29]. Розвинено (1976–1978) теорію міграції електронних збуджень в ідеальних і домішкових кристалах (Ю.Б. Гайдидей) [30]. Показано, що смуги двоекситонних переходів зазнають у кристалі специфічного розщеплення, не властивого смугам одночастинкових переходів, у тому числі екситонних (1973), побудовано (1975) теорію віброн-екситонних переходів в альфа-кисні, що дала тлумачення спектрам, які тривалий час не піддавалися інтерпретації (В.М. Локтев та ін.) [31]. Створено (1973) теорію екситонних станів в антиферомагнітно-впорядкованих кристалах і досліджено екситон-магнетонні оптичні спектри (Е.Г. Петров) [32].

І.П. Дзюб розробив кластерну теорію змішаних магнітних кристалів (1974) і теорію непружного розсіяння повільних нейтронів у домішкових кристалах, метод дослідження взаємодії домішок із кристалами. Побудовано теорію проходження крізь кристали світла з частотами, близькими до частот екситонних станів, що враховує процеси релаксації (О.С. Давидов, А.А. Серіков, А.А. Єремко, Є.Н. М'ясников) [31]. Показано, що в чистих кристалах

при температурі, нижчій за критичну, спостерігається істотне відхилення від звичайних законів взаємодії світла з кристалами (при зниженні температури до 2К інтегральне поглинання світла в ідеальних кристалах зменшується подекуди в 6–10 разів). Таким чином, школою О.С. Давидова зроблено значний внесок у теорію молекулярних кристалів [31, 33].

В 70–80-і роки в інституті О.С. Давидовим з учнями (Л.С. Брижик, А.А. Єремко, А.В. Золотарюк, Н.І. Кислуха, Т.М. Пестряков, А.І. Сергієнко, В.З. Єнольський) проводилися роботи з квантової біофізики, присвячені вивченню солітонів у молекулярних системах [34, 35]. Досліджено збуджені стани в квазіодновимірних періодичних структурах, описуваних нелінійними рівняннями, розв'язки їх у вигляді квазічастинок, у тому числі солітонів. Останні вивчено в молекулярних ланцюгах з гармонійною й нелінійною взаємодією між молекулами, досліджено динамічні властивості солітонів, умови їх утворення й руху під дією зовнішніх полів з врахуванням дисипації. Уявлення про солітони використано для пояснення механізму скорочення поперечно-смугастих м'язів [35]. Досліджуючи процеси переносу електронів від донорних молекул до акцепторних у низці біологічних явищ, О.С. Давидов показав, що з урахуванням електрон-фононої взаємодії рух електронів описується нелінійними рівняннями, з розв'язків яких випливає, що електрон зв'язується з локальною деформацією ланцюга, утворюючи електро-солітон, який може переміщатися з сталою швидкістю. Вивчаючи можливість автолокалізації електронів

та їх рух без втрати енергії вздовж м'яких одновимірних молекулярних ланцюгів, О.С. Давидов з Л.С. Брижик запровадив поняття бісолітона — зв'язаної пари електронів або дірок в синглетному спіновому стані за рахунок локальної деформації кристала і запропонував нелінійний механізм надпровідності квазіодновимірних органічних кристалів [36].

У результаті інтенсивна наукова діяльність О.С. Давидова, його робота з відбору й виховання молодих фізиків на лекціях, семінарах, при безпосередньому спілкуванні у відділі привели до створення ним сильної теоретичної школи. Метод відбору й підготовки учнів О.С. Давидовим описує Е.Г. Петров:

«В основному його учні підбиралися зі студентів, яким він читали лекції в Московському та Київському університетах. Виявляв працьовитих, допитливих, самостійних, але самокритичних, не брав верхоглядів. До учнів проявляв строгість і вимогливість, водночас усіяко надихав їх, вселяв віру. Вчив не захоплюватися формальними обчисленнями, символами. Сприяв тому, щоб

учні самі шукали собі тему дисертації. Тільки у випадку, якщо обрана тема не перспективна, пропонував свою. Використовував правило: керівнику не слід вникати в деталі, він повинен звертати увагу на суть, вичленити головне й тільки це обговорювати докладно з учнем. При формуванні колективу вчених ґрунтуватися не на особистих симпатіях співробітників, а на ідеї, що об'єднує всіх працівників»*.

Теоретичну школу О.С. Давидова представляють В.М. Агранович, М.Д. Борисов, Ю.Б. Гайдидей, І.П. Дзюб, А.А. Єремко, Н.І. Кислуха, В.М. Локтєв, А.Ф. Лубченко, Є.Н. М'ясников, Л.Н. Овандер, І.С. Осадько, Е.Г. Петров, Е.І. Рашба, А.А. Серіков (теорія твердого тіла), В.І. Овчаренко, Н.С. Работнов, В.С. Ростовський, Г.Ф. Філіппов, А.А. Чабан (теорія ядра), В.Я. Антонченко (теорія рідин) та ін. Ядро школи А.С. Давидова міститься в Києві, хоч ряд її представників працюють в інших містах країни, і забезпечує поряд з іншими теоретичними школами високий рівень теоретичних досліджень в Україні.

1. Александр Сергеевич Давыдов. — К.: Наук. думка, 1982.

2. Прихотько А.Ф. Электронные и колебательные уровни кристалла и молекулы нафталина // Изв. АН СССР. Сер. физ. — 1948 — 12, №5. — С. 499—503.

3. Давыдов А.С. Теория поглощения света молекулярными кристаллами // Там же. — С. 608—610.

4. Давыдов А.С. Теория поглощения света в молекулярных кристаллах // Там же. — 1952. — Вып. 3. — С. 36—51.

5. Давыдов А.С. Теория поглощения, дисперсии и рассеяния света растворами // ЖЭТФ. — 1953. — 24, вып. 2. — С. 197—209.

6. Давыдов А.С. Теория безызлучательных переходов в молекулах, находящихся в растворах // Там же. — Вып. 4.

7. Борисов М.Д., Давыдов А.С. Люминесценция молекулярных кристаллов, содержащих примесные молекулы // Изв. АН СССР. Сер. физ. — 1954. — 18, №6.

* Особисте повідомлення автору.

8. Агранович Н.М., Давыдов А.С. Спектры поглощения и люминесценции многоатомных молекул // Труды Киев. ун-та. — 1955. — 14, №7. — С. 15—25.

9. Давыдов А.С., Лубченко А.Ф. Спектральное распределение интенсивности излучения и поглощения света молекулярными кристаллами при образовании локализованных возбуждений // Укр. физ. журн. — 1956. — 1, №1. — С. 5—13.

10. Давыдов А.С., Рашба Э.И. Поглощение света в молекулярных кристаллах при слабом взаимодействии экситонов с фононами // Там же. — 1957. — 11, №3.

11. Давыдов А.С., Лубченко А.Ф. Электромагнитные волны в кристалле в области экситонного поглощения // ЖЭТФ. — 1958. — 35, вып. 6. — С. 1499—1507.

12. Давыдов А.С., Филиппов Г.Ф. Вращательные состояния неаксиальных ядер // Там же. — Вып. 2. — С. 440—447.

13. Davydov A.S., Chaban A.A. Rotational — vibration interaction in nonaxial atomic nuclei // Nucl. Phys. — 1960. — 20, N2. — P. 499—508.

14. *Давыдов А.С., Работное П.С., Чабан А.А.* Вращательная энергия и моменты инерции неаксиальных ядер // ЖЭТФ. – 1960. – **38**, вып. 4. – С. 1311–1315.
15. *Давыдов А.С.* Возбужденные состояния атомных ядер. – М.: Атомиздат, 1967.
16. *Филиппов Г.Ф., Овчаренко О.И., Смирнов Ю.Ф.* Микроскопическая теория коллективных возбуждений атомных ядер. – К.: Наук. думка, 1981.
17. *Давыдов А.С.* Теория молекулярных экситонов. – М.: Наука, 1968.
18. *Давыдов А.С.* Теория твердого тела. – М.: Наука, 1976.
19. *Раиба Э.И.* Теория сильного взаимодействия электронных возбуждений с колебаниями решетки в молекулярных кристаллах // Оптика и спектроскопия. – 1957. – **2**, вып. 1. – С. 75–98.
20. *Раиба Э.И.* Взаимодействие экситонов с молекулярной решеткой // Изв. АН СССР. Сер. физ. – 1957. – **21**, – С. 34–47.
21. *Раиба Э.И.* Теория примесного поглощения света в молекулярных кристаллах // Оптика и спектроскопия. – 1957. – **2**, вып. 5. – С. 568–577.
22. *Броуде В.Л., Раиба Э.И.* Экситонное поглощение в смешанных молекулярных кристаллах // Физика твердого тела. – 1961. – **3**, вып. 7. – С. 1941–1949.
23. *Раиба Э.И.* Теория электронно-колебательных спектров молекулярных кристаллов // ЖЭТФ, – 1966. – **50**, вып. 4. – С. 1066–1080.
24. *Лубченко А.Ф.* Квантовые переходы в примесных центрах твердых тел. – Киев: Наук. думка, 1978. – 294 с.
25. *Агранович В.М., Гинзбург В.Л.* Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. – М.: Наука, 1979.
26. *Давыдов А.С., Мясников Э.Н.* Поглощение и дисперсия света при образовании молекулярных экситонов // Докл. АН СССР. Сер. физ. – 1966. – **171**, №5. – С. 1069–1071.
27. *Давыдов А.С., Мясников Э.Н.* О вычислении энергии молекулярных экситонов // Там же. – 1967. – 173. – С. 1040.
28. *Экситоны* в молекулярных кристаллах. – К.: Наук. думка, 1973.
19. *Гайдидей Ю.В., Локтев В.М., Прихотько А.Ф., Шанский Л.И.* Экситонное и экситон-магнитное поглощение света в α -кислороде // ЖЭТФ. – 1975. – **68**, вып. 5. – С. 1706.
30. *Гайдидей Ю.В., Сериков А.А.* Неравновесная кинетика экситонов, взаимодействующих с колебаниями кристаллической решетки // Теорет. и мат. физика. – 1976. – **27**, №2. – С. 242–253.
31. *Современные проблемы спектроскопии молекулярных кристаллов.* – К.: Наук. думка, 1976.
32. *Петров Э.Г.* Теория магнитных экситонов. – Киев: Наук. думка, 1976. – 239 с.
33. *Современные проблемы физики твердого тела и ядерной физики.* – К.: Наук. думка, 1982.
34. *Давыдов А.С.* Биология и квантовая механика. – К.: Наук. думка, 1979.
35. *Давыдов А.С.* Солитоны в молекулярных системах. – К.: Наук. думка, 1984.
36. *Брижик Л.С., Давыдов А.С.* Нелинейная теория проводимости квазиодномерных молекулярных кристаллов // Физика низких температур. – 1984. – **10**, №4. – С. 358–366.

НАУКОВА ШКОЛА О.Г. СИТЕНКА

Видатний український фізик-теоретик, академік НАН України О.Г. Ситенко (1927–2002) збагатив науку не тільки вагомими результатами, але і створив ефективно працююче неформальне об'єднання теоретиків в теорії ядра і теорії плазми, оскільки був до того ж визначним педагогом, вихователем кадрів теоретиків [1–4, 16]. Тут доречно згадати висловлювання П.Л. Капіці:

«Історія науки показує, що великий вчений не обов'язково визначна людина, але великий вчитель не може не бути великою людиною» [5, с. 28].

Притягальна сила вченого-вчителя полягає в поєднанні його таланта, педагогічної майстерності та особистих якостей. Саме ці складові в повній мірі були притаманні О.Г. Ситенку.

Випускник Харківського університету та один з провідних пред-

ставників школи О.І. Ахієзера, він у 1961–1968 рр. завідував відділом теоретичної ядерної фізики Інституту фізики АН УРСР в Києві, з 1968 р. – відділом теорії ядра і ядерних реакцій та з 1988 р. був директором Інституту теоретичної фізики АН України. Успішно поєднував наукову роботу з педагогічною в Київському університеті (з 1963 р. – професор, завідувач кафедри теорії ядра та елементарних частинок), у якому прочитав низку курсів лекцій, що лягли в основу багатьох його підручників, і де яскраво виявився його щедрий талант учителя. Варто зазначити, що читання оригінальних курсів, робота над монографіями й підручниками – характерна риса О.І. Ахієзера й багатьох його учнів. Відмітні риси О.Г.Ситенка як ученого, вчителя та людини розкрили його друзі й колеги.

«Розповідаючи про Олексія Григоровича як про вченого, хочеться відзначити характерну рису його підходу до наукових проблем – здатність формулювати задачу так, щоб, з одного боку, коректність її постановки в математичному плані була безумовною, з іншого, – було просте розв'язання, що адекватно описує досліджуваний процес. Відмітна риса його наукового стилю – вміле поєднання несподіваної простоти підходу, заснованого на ясному розумінні суті досліджуваного явища, зі строгим і послідовним рішенням, що використовує обґрунтовані наближення, які диктуються розгляданим явищем. Доступність та ясність викладення одержаних результатів, властиві для видатних учених, повною мірою притаманні й О.Г.Ситенку. Виконані ним дослідження вирізняє високий науковий

рівень, заснований на його широкій ерудиції. Йому притаманна висока принциповість займаних ним наукових позицій. Водночас у наукових дискусіях О.Г. Ситенко завжди доброзичливо й терпляче полемізує з опонентами незалежно від того, початкуючі вони вчені або вже сформовані. Він завжди щедро ділиться своїми ідеями з молодими науковцями. Характеризуючи О.Г.Ситенка як керівника, засновника наукової школи, необхідно відзначити його простоту в спілкуванні, здатність згуртувати колектив, створити навколо себе атмосферу доброзичливості» [1, с. 4–5].

Успішний розвиток в Інституті теоретичної фізики АН УРСР в роботах О.Г. Ситенка одержала теорія статистичних та електромагнітних властивостей плазми. Він розробив імовірнісний підхід до теорії плазми, на основі якого досліджено хвилі, випромінювання, флуктуації й процеси переносу в обмежених системах заряджених частинок, що перебувають у стаціонарних нерівноважних станах. Встановлено узагальнене кінетичне рівняння для хвиль у плазмі, що враховує їх нелінійну взаємодію одна з одною і флуктуаційними полями, на основі якого досліджено різні процеси розсіяння, трансформації й випромінювання хвиль у плазмі, розроблено теорію електромагнітних флуктуацій у ній [6–9], розроблено перенормовану нелінійну електродинаміку плазми (О.Г.Ситенко, П.П. Сосенко, 1984–1986 рр.).

Чимало фундаментальних результатів О.Г. Ситенко з учнями одержав у теорії ядра, зокрема було вперше розглянуто непружне розсіяння швидких електронів ядрами, супро-

воджуване вибиванням нуклонів з ядер (О.Г. Ситенко, В.Н. Гур'єв, 1960 р.); сформульовано інтегральні рівняння для системи трьох нуклонів з врахуванням спінових та ізоспінових степеней вільності й запропоновано метод їх розв'язання (О.Г. Ситенко, В.Ф. Харченко, 1963 р.); побудовано нерелятивістську теорію тричастинкових систем з парною взаємодією (О.Г. Ситенко, В.Ф. Харченко, 1971 р.); у рамках дифракційного наближення побудовано теорію ядерних процесів за участю складених частинок (О.Г. Ситенко, 1974 р.) [2, 10–12].

Перші учні у О.Г. Ситенка почали з'явилися в ХФТІ, в рамках теоретичної школи О.І. Ахієзера, потім в Інституті фізики АН УРСР, однак остаточне формування наукової школи відбулося у 80-роках в Інституті теоретичної фізики АН УРСР.

Її представляють акад. НАН України А.Г. Загородній, члени-кореспонденти НАН України К.М. Степанов і Ю.О. Ситенко, та близько 20 докторів наук, які працюють у різних наукових центрах країни та за її межами (Г.Л. Висоцький, М.В. Євланов, Е.Е. Їсмаєв, Нгуен Ван Чонг, В.М. Ораєвський, В.Н. Павленко, А.Д. Полозов, П.П. Сосенко, В.К. Тартаковський, А.Д. Фурса, В.Ф. Харченко, І.П. Якименко та ін.).

Значний внесок у фізику плазми зробив також К.М. Степанов. Він провів дослідження спектрів і загасання хвиль, які лягли в основу теоретичного розгляду різних методів нагрівання плазми електромагнітними полями до термоядерних температур. У зв'язку з завданням високочастотного нагрівання плазми вивчалися процеси збудження, поширення, загасання й трансформації хвиль в неоднорідній плазмі в області високих і низьких частот (В.В. Долгополов, К.М. Степанов та ін.). Низку досліджень виконано з теорії стійкості плазми в магнітному полі. Сформульовано узагальнений енергетичний принцип для вивчення стійкості плазми (В.Ф. Алексин, В.І. Яшин, 1960 р.), розглянуто черенківське й циклотронне збудження різних типів повільних хвиль у плазмі потоком заряджених частинок (К.М. Степанов, А.Б. Киценко, 1961 р.), виявлено іонну циклотронну й конусну нестійкості плазми в адиабатичній пастці (К.М. Степанов) [12].

Плідно в теорії плазми працює А.Г. Загородній, наступник О.Г. Ситенка на посаді директора Інституту теоретичної фізики НАН України (з 2003 р.). Він побудував теорію просторово-обмежених плазмово-молекулярних систем, кінетичну теорію запорошеної плазми (2007) тощо [14–16].

1. *Алексей Григорович Ситенко.* – К.: Наук. думка, 1987.

2. Ситенко О.Г. Вибрані наукові праці. – К.: Ін-т теор. фізики НАН України, 2007.

3.

4.

5. Резерфорд – ученый и учитель. – М.: Наука, 1973.

6. Ситенко А.Г., Кочерга О.Д. Кинетическое уравнение для волн и рассеяние волн в неравновесной плазме // Укр. физ. журн., 1977, 22, №11, с. 1810–1821.

7. Ситенко А.Г. Флуктуации и нелиней-

ное взаимодействие волн в плазме. – К.: Наук. думка, 1977.

8. Ситенко А.Г. Теория рассеяния. – К.: Вища школа, 1975. – 2-е вид.

9. Ситенко О.Г., Мальнев В.М. Основы теории плазмы. – К.: Наук. думка, 1994.

10. Ситченко А.Г. Теория ядерных реакций. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

11. Ахизер А.И. Ситенко А.Г. Тартаковский В.К. Электродинамика ядер. – К.: Наук. думка, 1989.

12. Ситенко О.Г., Тартаковский В.К. Теория ядра. – К.: Либідь, 2000.

13. Ахиезер А.И., Ахиезер И.А., Половин Р.В., Ситенко А.Г. Степанов К.М. Электродинамика плазмы. – М.: Наука, 1974.

14. Климентович Ю.А., Вильхемссон Х., Якименко И.П., Загородний А.Г. Статистическая теория плазменно-молекулярных систем. – М.: Изд-во, МГУ, 1990.

15. Загородний А.Г., Черемных О.К. Введение в физику плазмы. – К.: Наук. думка, 2014.

16. Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. 1966–2016. – К.: Академперіодика, 2015.

НАУКОВА ШКОЛА В.Г. БАР'ЯХТАРА

Бар'яхтар Віктор Григорович – видатний фізик-теоретик і організатор науки, акад. НАН України (1978), віце-президент НАН України (1989–1993) та її перший віце-президент (1993–1998), Герой України (2010).

Він також був учнем О.І. Ахієзера – і збагатив науку не тільки фундаментальними результатами світового рівня, але й виховав значну кількість учнів, які склали його школу магнетизмі теорії твердого тіла [1, 4].

«Віктор Григорович Бар'яхтар – це ціла епоха в фізиці, – писав про нього Б.Є. Патон. – Теоретична фізика, ядерна фізика, фізика твердого тіла, фізика магнетизму, математична фізика. Перелік неповний, проте дуже яскравий і переконливий. В кожний з цих розділів Віктор Григорович зробив свій оригінальний внесок, підготував значну кількість монографій, підручників, велику кількість наукових статей. Віктор Григорович передусім теоретик, але його приваблює все, в тому числі, інженерна наука і техніка... Його глибоко цікавили різні сучасні проекти, в яких він вносить з великим ентузіазмом свої пропозиції й вирішення... Віктор Григорович підготував багато талановитих молодих спеціалістів..., завжди шанував і ставився з справжньою любов'ю до своїх учителів, намагаючись у всьому бути достойним їх» [4, с. 1–2].

Дамо стисло його хронологічну «життєву траєкторію», про що він сам писав, з подальшим наповненням її відповідною фізичною конкретикою.

Народився він 2.08.1930 р. у Маріуполі. В 1948–1951 рр. навчався в Ленінградському університеті на фізичному факультеті, в 1954 р. закінчив фізико-математичний факультет Харківського університету. Працював у Харківському фізико-технічному інституті у відділі теоретичної фізики О.І. Ахієзера, як він писав, «з того часу, фактично з 1954 по 1971 р., мене зв'язувало постійне творче співробітництво з великою Людиною і Вчителем Олександром Іллічем Ахієзером» [4, с. 11–12]. Тут у ХФТІ він зростав як учений в обстановці високих моральних правил і стосунків», як згадував, значну увагу О.І. Ахієзер приділяв моральному клімату та додержанню етичних норм. Тут В.Г. Бар'яхтар захистив кандидатську (1959) і докторську (1965) дисертації в галузі фізико-математичних наук.

Надалі він працював у Донецькому фізико-технічному інституті (завідувачем відділу магнетизму та надпровідності у 1972–1982 рр.), у 1982–1985 рр. Інституті теоретичної фізики АН УРСР в 1985–1989 рр. Директор Інституту металофізики АН УРСР, 1995–2015 рр. – Інституту магнетизму АН України. Водночас у ці роки проводив викладацьку

роботу у Харківському університеті (1959–1972), Донецькому (1972–1982), Київському (1982–1995), Київському політехнічному інституті (з 1995).

Наукові праці стосуються теоретичної фізики, фізики магнітних явищ, фізики твердого тіла, а також екологічних проблем наслідків Чорнобильської аварії на ЧАЕС.

Як вже зазначалося, ще наприкінці 50-х рр. В.Г. Бар'яхтаром разом з О.І. Ахієзером і С.В. Пелетминським одержано результати світового рівня в галузі магнетизму, зокрема, показано, що в околі магніто-акустичного резонансу, де збігаються частоти незбурених спектрів магнітонних і фононних коливань та їх хвильові вектори, відбувається суттєва модифікація фононних і магнітонних гілок спектра. Подальший розвиток цих досліджень стимулював авторів розвинути відповідну феноменологічну теорію з використанням понять тензора деформації та густини намагніченості. Ця теорія значно узагальнила і розвинула відому на той час феноменологічну теорію магнетизму магнітовпорядкованих кристалів Ландау – Ліфшица. Основи цієї теорії було викладено в монографії О.І. Ахієзера, В.Г. Бар'яхтара та С.В. Пелетминського «Спінові хвилі», яка й дотепер є класичною в галузі теорії магнітних явищ. З цього часу В.Г. Бар'яхтар розпочав і відлік власних досліджень в галузі магнетизму.

Значний цикл досліджень присвячено розробці теорії доменної структури у феро- та антиферомагнетиках (В.Г. Бар'яхтар та ін.). Фундаментальні результати одержав В.Г. Бар'яхтар зі співробітниками ще в Донецькому фізико-технічному ін-

ституті АН УРСР. Він дослідив основні стани гелікоїдальних магнітних структур [68], розвинув теорію спін-переорієнтаційних переходів в ортоферитах і рідкісноземельних феритах-гранатах у магнітному полі, метамагнітних фазових переходів [69], фазових переходів в антиферомагнетиках у магнітних полях, теорію утворення зародків при магнітних фазових переходах 1-го роду [70]. Було виконано дослідження з динаміки циліндричних магнітних доменів, принципове значення мали також роботи з передбачення виникнення циліндричних доменів в околі фазових переходів (1972–1977) [71].

Зокрема, в роботах з вивчення магнітопружних процесів він разом Д.А. Яблонським показав, що виникнення магнітопружної щілини пов'язано зі спонтанним порушенням симетрії. Зі своїми учнями І.М. Вітебським, Ю.Г. Пашкевичем, В.Л. Соболевим і В.В. Тарасенком Віктор Григорович створив теорію зв'язаних магнітопружних коливань в околі магнітних спінорієнтаційних фазових переходів, зокрема, було показано, що для певних випадків завдяки зв'язку між магнітними і пружними коливаннями можливо «розм'якшення» модулів пружності й виникнення в спектрі коливань магнітопружної щілини.

В результаті В.Г. Бар'яхтаром зі співробітниками та учнями сформульовано новий погляд на доменні структури, як на неоднорідний стан поляризованих середовищ зі співіснуючими фазами, що дозволив з єдиних засад описувати властивості феромагнетиків, сегнетоелектриків, антиферомагнетиків і надпровідників з доменною структурою в околі фазових переходів 1-го роду.

У 80-х рр. В.Г. Бар'яхтар сформулював узагальнений підхід до побудови релаксаційних членів у рівнянні Ландау–Ліфшиця для руху намагніченості у феромагнетиках з урахуванням обмінних спін-спінових, спін-граткових взаємодій. На основі цього підходу було побудовано обмінний релаксаційний додток (додток В.Г. Бар'яхтара). Це дозволило пояснити причину істотної різниці одержаних різними способами експериментальних даних із релаксації намагніченості у тонких феромагнітних плівках із доменною структурою, зокрема методами феромагнітного резонансу і рухливості магнітних доменних границь.

У дослідженнях статичних і динамічних явищ просторово неоднорідних феро-, фері- та антиферомагнетиків одержано результати, які вже стали класичними, передбачено та вивчено так званий проміжний стан антиферомагнетиків в околі фазових перетворень 1-го роду – термодинамічно стійкої діменної структури. Цим дослідженням був присвячений значний цикл праць В.Г. Бар'яхтара з О.О. Галкіним, А.Є. Боровиком, Г.О. Поповим, Є.П. Стефановським, В.Ф. Клепиковим та ін. [].

Це ж стосується і дослідження тонких магнітних плівок із перпендикулярною анізотропією, виконаних В.Г. Бар'яхтаром разом з Ю.І. Горобцем. У таких плівках можуть існувати циліндричні магнітні домени (ЦМД), які багато в чому подібні до двовимірних взаємодіючих між собою частинок і характеризуються наявністю ефективної маси. Вони мають можливість рухатися вздовж магнітної плівки, їх можна створювати і знищувати в необхідних місцях плівки. Ці особливості

ЦМД використовуються для запису та зчитування даних в інформаційних системах і в сучасній оптоелектроніці для керування світловими променями.

Піонерськими є дослідження В.Г. Бар'яхтара з Б.О. Івановим по впровадженню поняття солітона у фізику магнетизму, з вивчення властивостей магнітних солітонів та їх кінетики. Серед найважливіших результатів тут – побудова теорії черенківського випромінювання звуку рухомими доменними границями на достатньо великих швидкостях руху [].

Ще на початку 70-х рр. В.Г. Бар'яхтар спільно з В.П. Семиноженком виконав цикл робіт з теорії процесів релаксації в надпровідниках. Вперше було побудовано систему зв'язаних кінетичних рівнянь для електронів і фононів і показано, що основними процесами встановлення рівноваги у системі боголюбівських квазічастинок при низьких температурах є їх розсіяння фононами, а також, що теплова рівновага у системі фононів установлюється значно швидше, ніж у системі боголюбівських квазічастинок. Ці кінетичні рівняння стали основою теорії генерації фононів у процесах злиття двох квазічастинок у фонон.

В результаті В.Г. Бар'яхтаром зі співробітниками та учнями сформульовано новий погляд на доменні структури, як на неоднорідний стан поляризованих середовищ: зі співіснуючими фазами, що дозволив з єдиних засад описувати властивості феромагнетиків, сегнетоелектриків, антиферомагнетиків і надпровідників з доменною структурою в околі фазових переходів 1-го роду.

В результаті В.Г. Бар'яхтаром зі співробітниками та учнями сфор-

мульовано новий погляд на доменні структури, як на неоднорідний стан поляризованих середовищ: зі співіснуючими фазами, що дозволив з єдиних засад описувати властивості феромагнетиків, сегнетоелектриків, антиферомагнетиків і надпровідників з доменною структурою в околі фазових переходів 1-го роду.

Значну роль у діяльності В.Г. Бар'яхтара займають праці по подоланню екологічних наслідків Чорнобильської катастрофи, а також наслідків глобальних атомних катастроф і мінімізація їх впливу на навколишнє середовище та населення, він з перших днів аварії був заступником голови оперативної групи Президії АН УРСР зі з'ясування масштабів аварії та розробки відповідних пропозицій.

Наукова діяльність В.Г. Бар'яхтара завжди була тісно пов'язана з викладацькою та організаційною, з підготовкою й вихованням кадрів фізиків-теоретиків на лекціях і семінарах, у лабораторіях і відділах інститутів. Ця діяльність переслідувала одну мету — підібрати й підготувати для успішної роботи в теоретичній фізиці талановиту молодь. І на цьому шляху він домогся значних успіхів. Відбір обдарованих студентів в університетах (Харківському, Донецькому і Київському університетах) та Київському політехнічному інституті і залучення їх до наукової роботи (ХФТІ, ДонФТІ, інститути теоретичної фізики, металофізики й магнетизму НАН України), зокрема до участі в семінарах, якими він керував, сприяли встановленню тісних творчих зв'язків між учителем і учнями, формуванню з вчорашніх студентів фізиків-дослідників.

«Будучи фахівцем в галузі магнетизму, В.Г. Бар'яхтар має дивну здатність залучати до фізики талановиту молодь. Секрет "магнетизму" його особистості полягає в рідкісному поєднанні якостей видатного вченого і талановитого педагога. Високі наукові результати, особистий науковий і моральний авторитет, величезна працездатність, доброзичливість, скромність, доступність, простота в спілкуванні, вимогливість до себе та інших завойовують симпатії творчої, молоді, яка поповнює ряди його учнів» [60, с. 13].

Швидкому зростанню кваліфікації учнів В.Г. Бар'яхтара сприяють: особливий стиль його роботи з ними, що частково перейшов від О.І. Ахієзера — «спільної бригадної роботи»; семінари, які підтримують обстановку творчості в колективі, високої наукової вимогливості і демократичності, здача кандидатських іспитів на основі курсу теоретичної фізики Ландау — Ліфшица в традиціях ХФТІ, а також іспитів з теоремінімуму; оцінка ролі особистих результатів учнів — від поставки задачі й проведення всіх розрахунків до відточування остаточних формувань та оформлення тексту.

Школа В.Г. Бар'яхтара в галузі магнетизму й теорії твердого тіла остаточно сформувалася в Києві у 80-х роках і в подальшому розвивалася та поповнювалася новими теоретиками налічуючи понад 30 докторів фіз.-мат. наук. Її представляють академік НАН України В.П. Семиноженко, члени-кореспонденти НАН України В.М. Варюхін, Б.О. Іванов, доктори наук І.В. Бар'яхтар, А.Є. Боровик, І.М. Вітебський, В.В. Ганн, А.М. Гришин, Е.В. Зароченцев, В.Н. Криворучко, І.Л. Любчинський, Ю.Г. Пашкевич, В.А. Попов, М.А. Савченко, В.Л. Соколов, Е.П. Стефановський, В.В. Тарасенко, В.Т. Телепа, Г.К. Чепурних, Д.А. Яблонський та ін.

В.Г. Бар'яхтар засновник і перший Президент Українського фізич-

ного товариства (1991), був також академіком-секретарем Відділення фізики та астрономії (1982–1989), Головою Комісії ядерної політики при президенті України, сприяв створенню низки нових фізичних інститутів, один з організаторів і декан фізико-математичного фа-

культету Київського політехнічного Інституту. Має чимало державних і академічних нагород. Але неформальною його відзнакою є створена ним авторитетна й продуктивна наукова школа, витоки якої сягаються до його вчителя і друга О.І. Ахієзера.

КИЇВСЬКА НАУКОВА МЕТАЛОЗНАВЧА ШКОЛА

Формування й розвиток київської школи з фізики металів і металознавства тісно пов'язано з іменами академіка Г.В. Курдюмова та академіків НАН України В.Н. Гріднева, В.І. Трефілова й В.В. Немошкаленка, створенням у Києві Лабораторії, а потім Інституту металофізики АН УРСР, в яких вона виникла та дістала бурхливого розвитку.

Георгій В'ячеславович Курдюмов (1902–1996) був визнаним главою радянських металознавців, свого роду живою історією металофізики в СРСР, у тому числі Україні. Його роботи присвячено вивченню механізму й кінетики фазових перетворень у металах і сплавах, фізиці міцності й пластичності. Зокрема, він виконав фундаментальні дослідження процесів загартування й відпуску сталі, кристалічної структури мартенситу, побудував теорію мартенситних перетворень у металах і сплавах, створив уявлення про кристалоструктурні зміни у твердих тілах, механізм фазових переходів, перерозподіл атомів у кристалічній ґратці, природу зміцнення й знеміцнення [1].

Г.В. Курдюмова вирізняло високе експериментальне мистецтво, ясність фізичного мислення, здатність до широких наукових узагальнень, поєднання глибокого наукового під-

ходу з вирішенням актуальних практичних задач. Все це, а також наукова принциповість, об'єктивність, послідовність у відстоюванні своєї точки зору й виняткові особисті якості, зокрема простота, доступність, щедрість та організаторський талант, сприяли створенню його високого авторитету як ученого й керівника творчого колективу.

«В особистості Г.В. Курдюмова та в усій його роботі органічно поєднуються риси вченого, людини й громадянина, – відзначають його друзі й колеги. – Своєю привабливістю він залучає до себе людей, а поєднання високого розуму, принциповості й доброзичливості викликає глибоку повагу» [1, с. 730].

Доповнює творчий портрет Г.В. Курдюмова його учень Л.Г. Хандрос:

«Його насамперед вирізняє найвища інтелігентність і всебічна освіченість. Сильний інтелект і талант ученого гармонійно сполучаються в ньому з невід'ємними рисами його характеру: сердечністю, добротою, доброзичливістю до людей, постійним прагненням допомогти їм у подоланні труднощів, поблажливостю до чужих помилок поряд із глибокою принциповістю. З винятковою увагою він завжди ставився до своїх учнів і співробітників, піклуючись не тільки про становлення їх як фізиків, але й про умови, в яких вони працюють...»*.

Вихованець та яскравий представник школи А.Ф. Йоффе, він був одним з організаторів Дніпропетровського фізико-технічного інституту

(1932), в якому керував лабораторією до його перетворення 1944 р. в Інститут металознавства й фізики металів у складі Центрального науково-дослідного інституту чорної металургії ім. І.П. Бардіна (Москва). Водночас у 1934–1941 рр. Г.В. Курдюмов – професор і завідувач кафедри металофізики (першої в країні) Дніпропетровського університету. В 1945 р. з його ініціативи створено Лабораторію металофізики АН УРСР, директором якої він був до 1949 р., в 1955 р. вона була перетворена в Інститут металофізики АН УРСР (нині – Інститут металофізики НАН України імені Г.В. Курдюмова), з яким у Г.В. Курдюмова встановилися тісні наукові зв'язки [2].

Під його керівництвом у Дніпропетровському фізико-технічному інституті розгорнуто широкі дослідження фазових перетворень у твердому стані, їх механізму й кінетики. Було докладно вивчено бездифузійні перетворення в евтектоїдних сплавах (Г.В. Курдюмов, І.В. Ісаїчев, Е.З. Камінський, Т.І. Стелецька, В.Н. Гріднев та ін.). В результаті проведених робіт відкрито різні перетворення мартенситного типу, які, як встановлено, є основними фазовими переходами у твердому стані. З'ясовано кристалічну структуру мартенситних фаз і визначено основні закономірності мартенситних перетворень. Одним з найважливіших результатів було також встановлення оборотності цих перетворень (В.Н. Гріднев, Е.З. Камінський, Т.І. Стелецька). Аналіз одержаних результатів дозволив Г.В. Курдюмову переглянути раніше існуючі погляди на мартен-

ситні перетворення й запропонувати їх нову теорію [3].

Було розроблено методику рентгенографічного кількісного визначення залишкових напруг (Г.В. Курдюмов, М.П. Желдак). Проведена в цей період Г.В. Курдюмовим робота зі створення нових методів рентгенівського аналізу відіграла значну роль в оснащенні лабораторій металургійних і машинобудівних заводів країни.

В 30-і роки в Дніпропетровську почала формуватися наукова школа Г.В. Курдюмова, розвиток якої в подальшому тривав у Києві в Лабораторії металофізики АН УРСР [3], а потім у Москві, в Інституті металознавства й фізики металів, який Г.В. Курдюмов очолював в 1944–1978 рр., та Інституті фізики твердого тіла АН СРСР, директором-організатором якого він був

У Лабораторії металофізики АН УРСР Г.В. Курдюмов передбачив (1948) і з Л.Г. Хандросом виявив (1949) термопружну рівновагу при фазових перетвореннях мартенситного типу (ефект Курдюмова). Було показано, що мартенситні перетворення протікають шляхом утворення й росту кристалів нової фази. Ці дослідження експериментально довели запропоновану раніше Г.В. Курдюмовим теорію мартенситних перетворень, виходячи з якої він передбачив низку нових явищ [4, 5]. Разом з Л.І. Лисаком він одержав експериментальні дані щодо впливу легуючих елементів і пластичної деформації на різні стадії розпаду мартенситу [6]. В ході рентгеноструктурних досліджень Г.В. Курдюмова і його співробітників було визначено не тільки кристалічну ґратку мартенситу, але й багато особливостей його тонкої будови.

*Тут і далі приватне повідомлення автору.

Важливим напрямком наукової діяльності Г.В. Курдюмова є також дослідження процесів відпуски загартованої сталі. До його робіт у цій галузі основні уявлення про процеси відпуски базувалися на спостереженнях змін властивостей сталі, хоч логіка підказувала, що вони пов'язані з її кристалічною структурою. На основі паралельних досліджень кристалічної структури та її властивостей виникли нові уявлення про процеси відпуски, встановлено загальну картину змін структури на різних стадіях відпуски. Велике значення для побудови загальної теорії процесів відпуски мали також роботи Г.В. Курдюмова та його співробітників з вивчення стану вуглецю у відпущеній сталі, структури карбідної фази й процесів карбідоутворення [7]. Дослідження процесів зміцнення й знеміцнення сплавів при нагріванні, виконані Г.В. Курдюмовим з учнями й співробітниками, дали можливість встановити визначальну роль сил міжатомної взаємодії в збереженні зміцненого стану до високих температур (явище жароміцності).

Ідеї Г.В. Курдюмова дістали в Києві подальшого розвитку в роботах його учнів, які склали українську гілку його великої наукової школи [8]. Її представляють академіки НАН України В.Н. Гріднев, В.І. Трефілов і В.В. Немошкаленко, члени-кореспонденти НАН України М.П. Арбузов і А.Г. Лесник, доктори наук Г.Я. Козирський, Л.Н. Лариков, В.А. Лободюк, Л.І. Лисак, Б.І. Ніколін, Л.Я. Тихонов, Б.В. Хаченко, Л.Г. Хандрос, К.В. Чуїстов та ін.* Список школи складено самим Г.В. Курдюмовим. Вона стала складовою, ядром Київської мета-

лознавчої школи, три представники якої – В.Н. Гріднев, В.І. Трефілов і В.В. Немошкаленко – стали засновниками своїх наукових шкіл.

В Інституті В.Н. Грідневим разом з В.І. Трефіловим, Ю.Я. Мешковим і С.П. Ошкадъоровим проведено докладні теоретичні та експериментальні дослідження механізму й кінетики утворення аустеніту у вуглецевих сталях, показано провідну роль дифузійного переміщення атомів вуглецю в процесах швидкісної аустенізації сталі. В результаті систематичних досліджень фазових і структурних перетворень у сталях і сплавах розроблено фізичні основи й створено теорію швидкісної електротермічної обробки сталей і сплавів. На її основі запропоновано принципово нові високоефективні технологічні схеми термозміцнення. Особливість нових методів швидкісної електротермічної обробки полягає в тому, що зі збільшенням швидкості нагрівання при відпусці зростає не тільки міцність, але й пластичність відпущеної сталі [9, 10].

З 1964 р. широкого розвитку дістали дослідження природи високоміцного стану сталі й сталевого холодновідтягнутого дроту. Вивчено можливість підвищення запасу пластичності, попередження крихкого руйнування високоміцного дроту й зниження його холодноламкості, розроблено нові методи одержання дроту з рівнем міцності $350\text{--}370 \text{ кг/мм}^2$ (В. Н. Гріднев, Ю.Я. Мешков) [11].

В 60-ті роки в Інституті вивчалися фізичні основи жароміцності металів з ОЦК граткою, розроблено фізичні основи природи крихкого руйнування хрому, молібдену, вольфраму, досліджено вплив електронної структури й характеру міжатомних зв'яз-

ків у них на рухливість дислокацій, з'ясовано роль домішок і легуючих елементів у формуванні дислокаційної структури деформованих металів, розроблено технологічні режими обробки тугоплавких металів і сплавів на їх основі, що дозволяють уникнути виникнення крихкості у виробках із цих сплавів у процесі їх обробки та експлуатації (В.І. Трефілов) [12]. Розвинено теорію крихкого руйнування металів з ОЦК ґраткою й методи підвищення їх пластичності. Запропоновано технологію одержання пластичних смуг і дроту з малолегованого хрому та одержано пластичні сплави на його основі (В.Н. Гріднев, В.І. Трефілов, 1963 р.).

Досліджено структурні зміни в металах при повзучості. Показано, що для кожної температури випробування металу на повзучість існують своя субструктура та оптимальний ступінь попередньої деформації, які забезпечують найефективніше підвищення жароміцності. Вивчено процеси полігонізації й рекристалізації при повзучості, їх значення в зміцненні й знеміцненні, залежність швидкості й температури повзучості від нерівномірності розподілу деформацій у металі. Дослідження впливу легуючих елементів на структурні зміни й механізм повзучості металів показали, що легування приводить до зменшення швидкості сталої повзучості та початкової деформації й збільшення довговічності в порівнянні з чистими металами. За характером зміни субструктури вперше встановлено, що температура переходу від низькотемпературного механізму повзучості до високотемпературного визначається енергією дефектів упаковки (Г.Я. Козирський, 1959–1971 рр.).

Проведено широкі дослідження кінетики й механізму фазових перетворень і впливу на ці перетворення різних факторів. При вивченні дії прикладених напруг на ріст кристалів мартенситу встановлено, що термопружні кристали є також механопружними. Виявлено нові явища, властиві сплавам з термопружним мартенситом, – оборотність пластичної деформації («ефект пам'яті» форми), надпружність, підвищена демпфуюча здатність. Це дало можливість створити нові сплави з унікальним комплексом фізичних властивостей (Л.Г. Хандрос) [8].

Розкрито природу надпружності в сплавах з термопружним мартенситом. Виявлено існування нових фаз, що утворюються в полі зовнішніх напруг, та явище орієнтаційної залежності утворення мартенситних фаз (Л.Г. Хандрос, В.В. Мартинов). Відкрито й вивчено (1963) явище переорієнтації (передвійникування) мартенситних кристалів у процесі перетворення та при прикладанні зовнішніх напруг.

З 1968 р. проводилися дослідження впливу імпульсних напруг на структуру й властивості металів і сплавів, з'ясовано природу ефекту зсуву інтервалу температур мартенситних перетворень при проходженні ударних хвиль (Л.Г. Хандрос). М.П. Арбузов установив закономірності утворення карбідних фаз при відпусці сталі, з'ясував їх структурні стани й сформулював уявлення про механізм утворення проміжного карбідного заліза [13].

Значну увагу Г.В. Курдюмов приділяв вивченню зв'язку дефектів кристалічної будови зі зміцненням і знеміцненням металів і сплавів, розпаду пересичених твердих розчинів.

Ці питання одержали подальший розвиток у дослідженнях Л.Н. Ларинова й К.В. Чуїстова. З 1962 р. під керівництвом Л.Н. Ларинова проводилися дослідження механізму й кінетики дифузійних процесів [14]. Вивчено вплив типу кристалічної ґратки й енергії дефектів упаковки на розвиток процесів знеміцнення в металах. Установлено, що на знеміцнення металів з ОЦК ґраткою істотно впливають процеси полігонізації, тоді як метали з ГЦК ґраткою знеміцнюються в результаті розвитку рекристалізації. Виявлено новий тип повернення, пов'язаний зі зміною орієнтації кристалічної ґратки. При дослідженні механізму й кінетики дифузійних процесів у твердій фазі при зварюванні вперше (1973) виявлено вплив аномального масопереносу при імпульсному навантаженні, на основі якого розроблено і впроваджено принципово новий спосіб зварювання різнорідних металів і сплавів, а також високоефективний метод механіко-хіміко-термічної обробки. Встановлено основні закономірності утворення модульованих структур у старіючих сплавах, а також механізм, кінетику, морфологію формування цих структур, їх термічну стійкість, вплив на різні фізичні властивості сплавів (К.В. Чуїстов) [15].

У марганцевих сталях виявлено й вивчено мартенситну фазу ϵ -нового типу, що має багаточарову, політипну структуру (Л.І. Лисак, Б.І. Ніколін, 1965 р.). Установлено, що в утворенні політипного мартенситу істотну роль відіграють дефекти упаковки. Відкрито нові мартенситні фази в сталі, що дозволило запропонувати оригінальний механізм мартенситних перетворень (Л.І. Ли-

сак та ін.) [16]. Встановлено вплив вуглецю й легуючих елементів на механізм і кінетику розпаду α -мартенситу. Виявлено нову, трифазну, стадію розпаду та в алюмінієвій сталі карбідну фазу з ГЦК ґраткою (Л.І. Лисак, А.Г. Драчинська). Ці та інші експериментальні дані стали основою для розробки механізму карбідоутворення при відпуску загартованої сталі (Л.І. Лисак).

Комплексне використання розвинутих В.В. Немошкаленком спектральних методів — рентгенівського фотоелектронного, рентгенівського емісійного, гамма-рентгенівського в поєднанні з широким застосуванням сучасних методів обчислювальної фізики дозволило йому з співробітниками та учнями істотно розвинути уявлення про зонну структуру перехідних металів і сплавів на їх основі [17–19], зокрема одержано дані про структуру енергетичних зон, перенесення заряду, про електронні конфігурації атомів у кристалах і характер хімічного зв'язку, вперше виявлено відновлювальні форми титану й кремнію в місячному реголіті.

Під керівництвом А.Г. Лесника проведено цикл теоретичних та експериментальних досліджень з фізики магнітних явищ у тонких плівках і створення нових магнітних матеріалів. Зокрема, він побудував магнітостатичну теорію наведеної анізотропії [20].

Перераховані напрями не вичерпують питань, якими займалися учні Г.В. Курдюмова в Україні [2, 8].

Природним і органічним продовженням школи Г.В. Курдюмова в Києві став колектив дослідників, очолюваний В.Н. Грідневим (1908–1988) — одним з перших учнів Георгія В'ячеславовича [21]. Цей колектив сфор-

мувався в Інституті металлофізики АН УРСР, в якому В.Н. Гріднев був у 1955–1985 р. директором і багато зробив для його розвитку, створення нових наукових і технічних напрямів, підготовки науково-технічних кадрів, оснащення сучасним устаткуванням, установлення зв'язків з науковими й виробничими організаціями й промисловістю. Під його керівництвом Інститут перетворився на великий центр в галузі фізики металів і фізики твердого тіла. Він також став основою для формування В.Н. Грідневим власної наукової школи.

«Характерним у науковій роботі В.Н. Гріднева є вміння підібрати, організувати й спрямувати колектив наукових співробітників, – відзначає його учень О.М. Івасишин. – Під його керівництвом підготовлено 28 кандидатів наук, дев'ять його учнів стали докторами наук і розвивають тепер нові напрями наукового пошуку. Школу В.Н. Гріднева пройшли академік В.І. Трефілов, члени-кореспонденти НАН України В.Т. Черепін, С.П. Ошкадъоров і Ю.Я. Мешков професор А.В. Білоцький» [21, с. 23].

Цьому, безумовно, сприяли його моральні якості людини та авторитет ученого. Ємку й влучну характеристику В.Н. Гріднева дає інший його учень С.П. Ошкадъоров:

«Як ученого В.Н. Гріднева характеризує безумовна відданість науці, самоповага, здатність відстоювати свої погляди, прагнення працювати в колективі, в якому над усе цінується талант і порядність. При захисті своїх позицій вміння переконувати, бути спокійним і тактовним, доводити свою перевагу тільки в знаннях і вихованні, бути м'яким, делікатним, добрим, коли необхідно – твердим і непохитним... Він критично ставився до успіхів і вважав, що зарозумілість породжує заздрість та озлобленість... Ніколи не плямував свою честь інтригою, хитрістю або обманом, які сучасні діячі перефарбовують під уміння бути політиком. Ніколи не порушив дане кому-небудь обіцянку, дотримувався слова, не порушував етичних норм і правил. Вмів бути

старшим за званням і посадою і водночас добрим радником»*.

Він же наводить і основний персональний склад школи Гріднева, в яку, на його думку, входять В.І. Трефілов, В.Т. Черепін, А.В. Белоцький, М.А. Васил'єв, В.Г. Гаврилук, О.М. Івасишин, Ю.Я. Мешков, С.П. Ошкадъоров, Ю.Н. Петров.

У школі здійснено систематичні та оригінальні дослідження фазових перетворень у сталях і сплавах при високих швидкостях нагрівання, фазових і структурних перетворень у титанових сплавах при підвищених швидкостях нагрівання й охолодження, холодноламкості перехідних металів, а також фізичної природи крихкого руйнування хрому й факторів, що впливають на температуру цього руйнування, розробки з створення матеріалів тощо. Результати, одержані В.Н. Грідневим і його учнями при створенні фізичних основ швидкісної електротермічної обробки, викладено в серії монографій [9–11], а результати, пов'язані з вивченням сплавів на основі титану, в монографії [22]. За створення й впровадження нових технологічних процесів термообробки конструкційних матеріалів В.Н. Грідневу і групі його учнів і співробітників в 1974 р. і 1981 р. присуджено Державні премії УРСР, а в 1986 р. він був разом з іншими удостоєний Державної премії СРСР за створення наукових основ, розробку й промислове впровадження технологічних процесів термоміцнення сталей і сплавів.

В Інституті металлофізики УРСР почала формуватися й наукова школа В.І. Трефілова (1930–2001), який працював тут у 1955–1973 рр., що одержала інтенсивний розвиток вже в

* Приватне повідомлення автору.

Інституті проблем матеріалознавства НАН України, де він з березня 1973 р. був директором. Роботи В.І. Трефілова присвячено фізиці міцності й пластичності металів і сплавів, фазових перетворень в них, порошковій металургії, фізико-хімії й технології керамічних, композиційних і аморфних матеріалів [23]. Їх вирізняє глибока теоретична проробка проблем у поєднанні з всебічними експериментальними дослідженнями.

Його дослідження з співробітниками з фазових перетворень у металах і сплавах дали можливість однозначно описувати утворення аустеніту в залізі й вуглецевих сталях при швидкісному нагріванні, привели до відкриття в них нової проміжної ϵ -фази та уточненню фізичної природи точки Чернова. У дослідженнях з електровідпуску сталей В.І. Трефілов заклав фізичні основи цього процесу на базі вперше одержаних у ті роки рентгеноструктурних, магнітних, оптичних та електронно-мікроскопічних даних. У фізиці міцності й пластичності на дислокаційному рівні було розвинуто уявлення про механізм пластичної деформації й руйнування металів, сплавів і сполук, зокрема, створено дислокаційну теорію холодноламкості тугоплавких металів, розвинено наукові основи керування комплексом механічних властивостей тугоплавких металів, а також синтезовано нові матеріали. Запропоновано принцип створення високоміцних сплавів, що мають низьку температуру холодоламкості, високу жароміцність і високу температуру рекристалізації, вперше показано, що принцип евтектичної кристалізації може бути використано для синтезу жароміцних сплавів на основі тугоплавких металів [9, 12].

Дослідження впливу легуючих елементів на електронну структуру й механізм деформації завершилися побудовою теорії переходу від пластичної деформації до деформації двійникування, що дозволило сформулювати принципи легування сплавів хрому, молібдену й вольфраму для поліпшення низькотемпературної пластичності [24].

Роботи В.І. Трефілова та його учнів дали можливість зрозуміти закономірності формування механічних властивостей і поведінки реальних сплавів у технологічних процесах. Так, теоретичні дослідження механізму деформації й руйнування металів з ОЦК граткою дозволили закласти основи технології виробництва й обробки низки тугоплавких металів, зокрема хрому, молібдену, вольфраму й ніобію, а також одержати вироби з хрому, що зберігають пластичність до температур -100°C . В галузі порошкової металургії й композиційних матеріалів В.І. Трефілов з співробітниками розробив нові методи одержання дисперсних порошків алмазів та алмазоподібних модифікацій нітриду бору, новий спосіб синтезу алмазів вибухом, одержав високочисті порошкові композиції на основі хрому й берилію, в'язку кераміку, низку керамічних і композиційних матеріалів тощо [25].

Наукова школа В.І. Трефілова дістала широкого визнання. Характерною її особливістю є завершення теоретичних розробок обов'язковим впровадженням створюваних нових композицій, сплавів і технологій у господарство. Вона помітно розширила спектр досліджень Київської металознавчої школи, сформованої його вчителями — Г.В. Курдюмовим і В.Н. Грідневим [26].

З 70-х років в Інституті почала формуватися і спектроскопічна школа В.В. Немошкаленка (1933–2002).

Закінчивши 1956 р. Київський політехнічний інститут, він почав працювати в Інституті металофізики АН УРСР (з 1966 р. – зав. відділу, 1973–90 – заст. директора, з 1990 р. – директор), відволікаючись на короткий час на організаційну роботу в Науково-організаційному відділі Президії АН УРСР.

Наукові дослідження стосуються рентгенівської емісійної спектроскопії, фотоелектронної та гама-резонансній спектроскопії обчислювальної фізики, фізики твердого тіла, матеріалознавства, високотемпературної надпровідності. Дослідив тонку структуру металів і сплавів, що уможливило створення нових конструкційних матеріалів, зокрема високотемпературні надпровідники та унікальні аморфні матеріали. В 1982 р. спільно з ін. відкрив у місячному реголіті, доставленому на Землю АМС «Луна-16», «Луна-20» і «Луна-24», неокислювані форми кремнію, титану та заліза. Значний цикл праць В.В. Немошкаленка присвячено топології поверхні Фермі перехідних металів і електронно-фононній взаємодії в них.

«Своїм інтелектом і феноменальним діапазоном дослідника він охоплював як звичайні кристалічні матеріали, так і нетради-

ційні – аморфні, нано- і квазі кристалічні структури, – писав А.П. Шпак про свого вчителя. – ...Він залучав до своїх досліджень талановиту молодь і досвідчених метрів... Майже 30 років життя В.В. Немошкаленко присвятив викладацькій праці, даруючи свої багаті знання студентській молоді... Плоди його праці, які залишив він Україні, її народу, нині з почуттям сердечної вдячності ми називаємо Володимира Володимировича Немошкаленко» [, с. 9].

Він підготував 76 кандидатів наук і 12 докторів, серед яких акад. НАН України А.П. Шпак який започаткував власну наукову школу в галузі нонотехнологій і наноматеріалів і став до того ж першим віце-президентом НАН України [] та член-кореспондент НАН України В.М. Антонов. Завершимо коротку характеристику В.В. Немошкаленка як ученого і вчителя висловлюванням А.П. Шпака:

«Важко досягнути істинні масштаби особистості великого вченого В.В. Немошкаленка, людини високих моральних якостей, потужного інтелекту, широкій душі, громадянина України. Однак уже сьогодні з упевненістю можна сказати, що ім'я його назавжди увійшло яскравою сторінкою до історії Національної академії наук України, української та без перебільшення і світової науки». []

У результаті зусиллями названих чотирьох фізиків, їх учнів і співробітників Київ перетворився на великий науковий і технологічний центр досліджень в галузі фізики металів і металознавства.

1. *Георгий Вячеславович Курдюмов: К восьмидесятилетию со дня рождения // УФН, 1982, 136, вып. 4, с. 729–730.*

2. *Институт металофізики АН УРСР. – К.: Наук. думка, 1985.*

3. *Рентгенография в применении к исследованию металлов. – М.; Л.: ОНТИ, 1936.*

4. *Курдюмов Г.В. Бездиффузионные мартенситные превращения в сплавах // Журн. техн. физики, 1948, 18, вып. 8, с. 999–1025.*

5. *Курдюмов Г.В., Хандрос Л.Г. О термодинамическом равновесии при мартенситных превращениях // Докл. АН СССР, 1949, 2, с. 211–214.*

6. *Курдюмов Г.В., Лысак Л.И. Применение монокристаллов для изучения структуры отпущенного мартенсита // Журн. техн. физики, 1946, 16, вып. 11.*

7. *Курдюмов Г.В. Явление закалки и отпуска стали. – М.: Металлургиздат, 1960.*

8. *Металлы. Электроны. Решетка. – К.: Наук. думка, 1975.*

9. Гриднев В.Н., Мешков Ю.Я., Ошкадеров С.П., Трефилов В.И. Физические основы электротермического упрочения стали. — К.: Наук. думка, 1973.

10. Гриднев В.Н., Мешков Ю.Я., Ошкадеров С.П., Черненко Н.Ф. Технологические основы электротермической обработки стали. — К.: Наук. думка, 1977.

11. Гриднев В.Н., Гаврилюк В.Г., Мешков Ю.Я. Прочность и пластичность холоднодеформированной стали. — К.: Наук. думка, 1974.

12. Трефилов В.И., Мильман Ю.В., Фирстов С.А. Физические основы прочности тугоплавких материалов. — К.: Наук. думка, 1975.

13. Арбузов М.П. Рентгенографическое исследование карбидной фазы в сталях // Вопр. физики металлов и металловедения, 1952, вып. 3, с. 3–27.

14. Ларииков Л.Н., Гейченко В.В., Фильченко В.М. Диффузионные процессы в упорядоченных сплавах. — К.: Наук. думка, 1975.

15. Чуистов К.В. Модулированные структуры в стареющих сплавах. — К.: Наук. думка, 1975.

16. Лысак Л.И., Николин Б.И. Физиче-

ские основы термической обработки стали. — К.: Техника, 1975.

17. Немошкаленко В.В. Рентгеновская эмиссионная спектроскопия металлов и сплавов. — К.: Наук. думка, 1972.

18. Немошкаленко В.В., Алешин В.Г. Электронная спектроскопия кристаллов. — К.: Наук. думка, 1976.

19. Немошкаленко В.В., Антонов В.Н. Методы вычислительной физики в теории твердого тела. Зонная теория металлов. — К.: Наук. думка, 1985.

20. Лесник А.Г. Наведенная магнитная анизотропия. — К.: Наук. думка, 1976.

21. Виталий Никифорович Гриднев. — К.: Наук. думка, 1988.

22. Гриднев В.Н., Ивасишин О.М., Ошкадеров С.П. Физические основы скоростного термоупрочнения титановых сплавов. — К.: Наук. думка, 1986.

23. Віктор Іванович

24. Трефилов В.И., Моисеев В.Ф. Дисперсные частицы в тугоплавких металлах. — К.: Наук. думка, 1978.

25. Трофимов

26. Г.Л. Звонкова

27. Немошкаленко

НАУКОВА ШКОЛА В.Є. ЛАШКАРЬОВА

З ім'ям відомого фізика акад. АН УРСР Вадима Євгеновича Лашкарьова (1903–1974) пов'язано становлення й розвиток фізики й техніки напівпровідників в Україні [1–3]. Народився він 7 жовтня 1903 р. у Києві. Після закінчення 1924 р. Київського інституту народної освіти (університету) був аспірантом і викладачем Київської науково-дослідної кафедри фізики при КПІ (1924–1927). Вже в ті роки В.Є. Лашкарьов проявив себе талановитим експериментатором. Його дослідження стосувалися фізики рентгенофізики та рентгеноструктурного аналізу. В 1925 р. він з В.П. Лінником розробив оригінальний метод визначення коефіцієнта заломлення рентгєнівських променів.

На запрошення А.Ф. Йоффе в 1930–1935 рр. В.Є. Лашкарьов керу-

вав лабораторією в Ленінградському фізико-технічному інституті та працював в галузі дифракції електронів. У цей період він виконав піонерські дослідження розподілу електронної густини в кристалах, узагальнені в монографії «Дифракція електронів». В 1935 р. за роботи з дифракції електронів В.Є. Лашкарьову без захисту дисертації присуджено вчений ступінь доктора фізико-математичних наук.

Після вбивства С.М. Кірова в 1934 р. в країні почалися масові репресії, зокрема проти інтелігенції, які торкнулися й В.Є. Лашкарьова. Його було заарештовано і після тримісячного перебування у в'язниці вислано до Архангельська, де він завідував кафедрою фізики Архангельського медичного інституту та займався питаннями біофізики.

З 1939 р. наукова діяльність В.Є. Лашкарьова пов'язується з фізикою напівпровідників. В 1939–1960 р. він очолював відділ напівпровідників в Інституті фізики АН УРСР, одночасно завідував кафедрами фізики (1944–1952) і напівпровідників (1952–1957) в Київському університеті. Причому кафедра напівпровідників, створена В.Є. Лашкарьовим, була першою в СРСР.

Талант В.Є. Лашкарьова в поєднанні з його широкою науковою ерудицією дозволили йому досить швидко опанувати нову галузь фізики та одержати важливі результати. Уже в 1940 р. офіційно було відзначено високий науковий рівень робіт з напівпровідників його відділу. В цей період він виконав дослідження структури заперного шару в закису міді й внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках, Зокрема розробив (1941) новий метод визначення знаку носіїв струму поблизу заперного шару (метод термозонда), який успішно застосував до дослідження його структури і фізичних процесів у ньому [4]. У цих дослідженнях в закису міді, як вважають деякі українські фізики було виявлено в неявному вигляді $p-n$ -перехід [5] (вперше $p-n$ -перехід відкрив у 1939 р. Р. Оль в кремнії в рамках матеріалознавчих робіт, пов'язаних з удосконаленням кристалічних детекторів, використовуваних у радарі, звичайно вони були засекречені) [6, с. 265, 7].

Велике значення для розуміння електронних процесів у напівпровідниках мали роботи В.Є. Лашкарьова, в яких розглядалися фотоелектрорушійні сили. Для всіх робіт В.Є. Лашкарьова – блискучого фізика-експериментатора, характерним є також високий теоретичний рівень.

У зв'язку з цим О.І. Лейпунський писав:

«Маючи широкий теоретичний світогляд, В.Є. Лашкарьов надає нову, глибшу осмисленість старим експериментам і ставить фундаментальні нові, здійснює плідний контакт між експериментаторами й теоретиками, запліднюючи теоретичну думку, глибокими даними експерименту та насичуючи теоретичною ідейністю експериментальні дослідження» [1, с. 69].

Після війни В.Є. Лашкарьов з учнями й співробітниками створив і вивчав фотоелементи з антизаперним шаром, що дозволило вперше спостерігати (1946) біполярну дифузію нерівноважних носіїв струму. Серія післявоєнних робіт В.Є. Лашкарьова і його учнів (1949–1952) по суті заклала основи вчення про фотоелектрорушійні сили в напівпровідниках [8]. Вперше побудовано (1948) загальну теорію фотоерс і біополлярної дифузії в напівпровідниках, розвинено уявлення про роль основних і неосновних носіїв в цьому процесі та керування біполярною дифузією носіїв струм електричним полем, пояснено вплив властивостей контакта на величину й знак фотоерс, побудовано теорію конденсаторної (безконтактної) фотоерс. Відкрито інфрачервону люмінесценцію в закису міді [8, 9], надлінійну фотопровідність у CaS , фотоактивацію виходу фотоструму, створено теорію фотоелементів, що містять шар зі слабкою провідністю, виявлено В.Є. Лашкарьовим і В.А. Романовим (1956) об'ємну фотоерс у германії [10], що стала ефективним методом дослідження однорідності напівпровідникових матеріалів.

В 1948 р. В.Є. Лашкарьов і В.І. Ляшенко розпочали піонерські дослідження поверхневих явищ у напівпровідниках. Вивчено поверхневу провідність і контактну різницю по-

тенціальів напівпровідників у зв'язку з адсорбцією на їхній поверхні газів виведено формулу, що пов'язує роботу виходу з напівпровідника з загином зон біля поверхні з величиною поверхневого заряду, що зумовлює зміну поздовжньої провідності. Таким чином, експериментально можна було легко визначити величину загибу зон, а також концентрацію носіїв струму, закріплених на поверхні, та час їх життя в умовах нестационарного освітлення або змінного зовнішнього поля, прикладеного до однієї з обкладинок конденсатора, коли інша є напівпровідником. Ці роботи створили основу наступних широких досліджень поверхневих явищ, виконаних В.І. Ляшенком, О.В. Снітком і їх співробітниками. Зокрема, В.І. Ляшенком здійснено численні роботи з каталізу хімічних реакцій на поверхні напівпровідників, проведено (1950–1960) кількісні дослідження електрофізичних властивостей поверхонь германію й кремнію та визначено параметри поверхневих рівнів [11].

З 1950 р. в Інституті значного розвитку дістали дослідження германію. Було визначено коефіцієнти дифузії й розчинності низки електрично активних домішок у германії, з'ясовано умови й причини виникнення дефектів структури кристалів, обчислено перерізи захоплення носіїв обох знаків низкою домішок, вивчено особливості об'ємно-градієнтних явищ у германії, зумовлених різними неоднорідностями (В.Є. Лашкар'юв, Є.Г. Миселюк, П.І. Баранський та ін.) [12].

Всебічно вивчено та удосконалено створені ще до війни сірчисто-срібні фотоелементи (Є.Г. Миселюк та ін.) [13]. Г.А. Федорус розробив фотоо-

пори на основі сульфиду й селеніду кадмію та створив (1954) перші в країні монокристалічні фоторезистори [21].

В результаті в післявоєнні роки почала формуватися наукова школа В.Є. Лашкар'юва. Цьому сприяли його талант, широка ерудиція, чудове знання фізики, швидка орієнтація в її нових напрямках, здатність перетворювати досягнення науки в практичні результати, вміння об'єднати великі групи співробітників та учнів, виховувати й спрямовувати їх діяльність до обраної мети.

«Основним у формуванні школи В.Є. Лашкар'юва був його талант вченого-фізика, – зазначає його син та учень Г.В. Лашкар'юв. – Любов і великі здатності до фізичної теорії та експерименту, глибока інтуїція, непримиренність до нечистої науки в науці людям, незалежність суджень, принциповість викликали повагу його учнів і вчених, що знали його. Завдяки цим якостям навколо В.Є. Лашкар'юва гуртувалися здібні, віддані фізиці люди. Характерним був період роботи В.Є. Лашкар'юва в післявоєнні роки, коли Інститут фізики містився на вул. Рєпіна, 3, а з відділу був вхід безпосередньо в його квартиру. Це сприяло постійному спілкуванню В.Є. Лашкар'юва з співробітниками. Виникла його ідея перевірялася, а результати експерименту оброблялися й забезпечувалися необхідною теорією. До півночі не згасало світло в лабораторіях, а В.Є. Лашкар'юв після того, як співробітники пішли додому ще до 4–5 годин ранку обмірковував подальший хід досліджень. Глибоке знання літератури та історії, а також любов до музики робили В.Є. Лашкар'юва одним з освічених людей свого часу, а його особистість ще більш привабливою. Він користувався визнанням у багатьох видатних учених різних спеціальностей, серед близьких його друзів були В.П. Філатов, І.В. Курчатов, А.І. Аліханов, А.І. Аліханьян, Б.М. Вул, А.Ф. Йоффе та ін.»*

Інший учень В.Є. Лашкар'юва Е.А. Сальков відзначає такі його риси:

* Тут і далі приватні повідомлення автору.

«Близкучий, незрівняний лектор, інтелігентний, непретензійний, без рисовки, завжди говорив правду, не терпів неправди, тримався так, щоб, дотримувати (або змушуючи дотримувати) дистанцію, однак допускав делікатний демократизм, у бесідах зі співробітниками, аспірантами й студентами, як правило, вислухував їх до кінця, не перебиваючи, потім починав з'ясовувати межі компетентності співрозмовника»*.

В якийсь мірі наведені вище характеристики доповнює В.Г. Литовченко.

«В.Є. Лашкар'єв був ученим широкого світогляду, який тонко відчував проблеми сучасної фізики, — писав він. — Перший етап його наукової діяльності завершився значним циклом робіт з оптики рентгєнівських променів і дифракції повільних електронів. В подальшому В.Є. Лашкар'єв проводив фундаментальні дослідження з електронних характеристик напівпровідникових структур — вентилів, контактів металів-напівпровідників, фотоелементів... Третью та основною галуззю наукової діяльності В.Є. Лашкар'єва була фотоелектроніка напівпровідників. Тут з результатів світового класу можна відзначити виявлення (1946) біополлярної електронно-діркової дифузії, розвиток теорії фотоелектричних явищ у напівпровідниках у лінійних і нелінійних умовах. Характерним для наукової діяльності В.Є. є глибоке проникнення у фізичну сутність процесів, образність інтерпретації, широке використання моделей та аналогій. Винятково високий рівень наукових дискусій, які проводив Лашкар'єв, залучав до нього численних здібних учнів. Як завідувач кафедри фізики напівпровідників Київського університету, він створив один з перших загальноосвітніх курсів лекцій з напівпровідників і підготував великий загін спеціалістів у галузі напівпровідників високого рівня. На цій основі він створив велику наукову школу з фізики напівпровідників. Значно вплинув В.Є. також на багатьох учених суміжних напрямів»*.

Наприкінці хотілося б навести абзац з некролога, що був підготовлений його найближчими учнями для журналу «Успехи физических наук», але в процесі редагування зазнав значних змін, частину матеріалу було вилучено. У первинному

оригіналі його автори — С.І. Пекар, Е.Й. Рашба, О.В. Снітко, К.Б. Толпиго й М.К. Шейкман писали:

«На всіх, кому пощастило близько знати цю незвичайну людину, він зробив найсильніший вплив самим фактом свого існування, можливо більший навіть за ідейний вплив і безпосередню допомогу в роботі. Нам, які звикли оцінювати незвичайних людей по тому, що вони зробили й чого досягли в обраній сфері діяльності, подекуди здається, що винятково здібна людина зробила менше, ніж могла би зробити, виходячи з своїх особистих даних. Однак, крім таких офіційних результатів, як кількість висунутих ідей, якість опублікованих робіт, кількість учнів, займані посади, отримані вчені ступені, звання й премії, не менш, а більше важливим є ідейний, моральний вплив на навколишніх. Покійний В.Є. Лашкар'єв був для багатьох еталоном наукової й громадської чесності, принциповості, відданості науці та всім своїм обов'язкам. На нього мимоволі рівнялися, в якомусь сенсі намагалися наслідувати, хоч би зовні, розмірковували, як би тут вчинив Вадим Євгєнович... — і т.ін. Доля не була прихильна до Вадима Євгєновича, шедро наділивши його талантами й тонкою духовною організацією, тим самим зробила його дуже вразливим як при стиканні з об'єктивними труднощами, так і особливо з негідними людьми. Не будучи анітрошки підозрілим, він неодноразово ставав жертвою своєї зайвої довірливості й готовності приймати людей кращими, ніж вони є насправді. Це було однієї з причин, чому життя його склалося трагічно, і йому не вдалося зробити всього, на що він був здатний»*.

Школу В.Є. Лашкар'єва представляють академік АН УРСР О.В. Снітко, члени-кореспонденти НАН України В.Г. Литовченко і М.К. Шейкман, доктори наук В.І. Ляшенко, Є.Г. Миселюк, П.П. Баранський, А.В. Любченко, В.А. Романов, Е.А. Сальков, В.І. Стриха, Г.А. Федорус, Г.В. Лашкар'єв, професор Ю.І. Карханін, Г.А. Холодарь та ін. В якийсь мірі вважає себе учнем В.Є. Лашкар'єва також К.Б. Толпиго, який виконав чимало робіт під його керівництвом, сприйнявши чимало його ідей.

Високий рівень проведених досліджень в школі, наявність висококваліфікованих кадрів привели до створення 1960 р. в Академії наук УРСР Інституту напівпровідників, який він очолив. Необхідно зазначити, що Г.В. Лашкар'юв особисто доклав чималих зусиль для його організації, написавши низку доповідних записок у вищі органи влади, про що вже йшлося раніше.

«Наукова діяльність В.Є. Лашкар'юва й вихованої ним наукової школи, – пише президент Академії наук України академік Б.Є. Патон, – створили наукову базу, на основі якої в 1960 р. організовано Інститут напівпровідників АН УРСР» [1, с. 162].

Директором цього інституту В.Є. Лашкар'юв був в 1960–1970 р. та водночас з 1960 р. до своєї кончини 1 грудня 1974 р. завідувачем відділом. Він був також головним редактором «Українського фізичного журналу», заснованого 1956 р. з його ініціативи.

Під керівництвом і за участю В.Є. Лашкар'юва в 1948–1970 р. в школі виконано фундаментальні й багатогранні дослідження фотоелектричних явищ у напівпровідниках, у тому числі електронних процесів у сполуках $A^{II}B^{VI}$, що мають важливе наукове й прикладне значення [14]. Проведено значний комплекс досліджень нерівноважних процесів у сульфідах, селенідах і сульфоселенідах кадмію, що включав вивчення фотоелектричних властивостей (механізмів генерації, рекомбінації, прилипання носіїв струму та екситонів, розсіяння носіїв струму та їхніх проходжень через контакти), взаємодії з потоками іонізуючих частинок і рентгенівських променів, фотолюмінесценції, природи й властивостей різних локальних центрів (М.К. Шейнкман, Е.А. Сальков, Є.Г. Миселюк, Г.А. Федорус, І.Р. Потапенко та ін.). В результаті було виміряно параме-

три ефективних центрів рекомбінації й прилипання в кристалах $A^{II}B^{VI}$, встановлено схему рекомбінаційних переходів, з'ясовано механізми захоплення носіїв на центри, визначено фізико-хімічну природу основних типів локальних центрів, основні механізми безвипромінювальної рекомбінації за участю зв'язаних на центрах носіїв, механізми фотоактивного розпаду екситонів, нові ефекти електрон-фононої та екситон-фононої взаємодії в низькотемпературній фотопровідності й люмінесценції. Розроблено нові кінетичні методи, що дозволили визначити рекомбінаційні параметри кристалів $A^{II}B^{VI}$ (В.Є. Лашкар'юв, Е.А. Сальков, М.К. Шейнкман), та методику дослідження фотопровідності в умовах сильного постійного підсвічування й малого змінного сигналу, що уможливила вирішення принципового питання про роздільне визначення квантового виходу й часу рекомбінації, а також їх залежність від інтенсивності підсвічування [15]. Одержані результати лягли в основу фізики нерівноважних процесів у напівпровідниках типу $A^{II}B^{VI}$ і стали істотним внеском у фотоелектроніку широкозонних напівпровідників. На базі узагальнення даних на германії, кремнії, сполуках $A^{II}B^{VI}$, $A^{III}B^V$ було побудовано досить загальну картину протікання нерівноважних процесів у напівпровідниках при впливі світла, швидких електронів і рентгенівського випромінювання (В.Є. Лашкар'юв, М.К. Шейнкман) [15].

Дослідження, розпочаті В.Є. Лашкар'ювим, успішно продовжуються в роботах його учнів. Велике значення мали комплексні дослідження електрофізичних, гальваноманітних, p - n -зоелектричних, термоелектричних і

термомагнітних властивостей технічно важливих напівпровідників, що перебувають у звичайних та екстремальних умовах, які проведено П.І. Баранським зі співробітниками [16]. Вони заклали експериментальну основу теорії анізотропного розсіяння й дали можливість одержати цінну наукову інформацію про механізми розсіяння, деформаційні потенціали, анізотропію термоерс захоплення, температуру Дебая та інші фундаментальні характеристики технічно важливих напівпровідників.

М.К. Шейнкман і Е.А. Сальков розробили високоефективні методи комплексного дослідження фотоелектричних, оптичних, люмінесцентних і флуктуаційних явищ у складних напівпровідникових сполуках, одержали дані, що дозволили створити загальну картину протікання нерівноважних процесів у широкозонних напівпровідниках. Г.А. Федорус вивчав фотоерс і фотопровідність напівпровідників, розробляв фотоелементи й фотоопори на їх основі. На базі сполук $A^{IV}B^{VI}$ створено низку нових напівпровідникових приладів – фоторезисторів моно- і полікристалічного типу, детекторів електронних потоків, рентгенівського й гамма-випромінювання, датчиків, фотоперетворювачів та ін. (Г.А. Федорус, М.К. Шейнкман). В.А. Романов досліджував ефекти, що виникають при освітленні або проходженні струму через напівпровідники з природною (або штучною) анізотропією. Побудовано теорію флуктуаційних процесів в однорідних і неоднорідних напівпровідниках, що дозволила створювати напівпровідникові прилади з поліпшеними параметрами (Н.Б. Лук'янчикова, М.К. Шейнкман).

Виконано докладні дослідження германію, кремнію та інших напівпровідників, використовуваних у напівпровідникових приладах. Вивчено ступінь іонізації домішок, їх вплив на концентрацію, рухливість, час життя носіїв струму, статичні й перехідні характеристики приладів (Є.Г. Миселюк, П.І. Баранський та ін.). В.І. Ляшенко з співробітниками вивчав енергетичний спектр поверхневих електронів у площині контакта напівпровідників, виявив нові ефекти, пов'язані з прилипанням носіїв струму на поверхні, дослідив багатофазні системи «діелектрик – напівпровідник», «метал–діелектрик–напівпровідник» та ін. [17, 18]. Зокрема, В.І. Ляшенко, О.В. Снітко й В.Г. Литовченко відкрили (1962) і дослідили вплив неосновних носіїв струму на поверхневі властивості напівпровідників, істотний для кінетики електронних процесів поблизу поверхні. Розроблено тришарову модель межі двох середовищ, виявлено явище поверхневої випромінювальної рекомбінації (В.Г. Литовченко) [19].

В 1962–1971 рр. О.В. Снітко з співробітниками виконав значний цикл експериментальних і теоретичних робіт з вивчення природи поверхневих електронних центрів. У результаті визначено основні характеристики поверхневих електронних станів, встановлено кількісну залежність різних поверхневих електронних явищ від фізико-хімічного стану поверхні, виявлено нові електронні явища на поверхні: ефекти нерівноважного запирання струму, охолодження гарячих електронів на поверхні напівпровідників, взаємодії поверхневих домішок тощо. В подальшому він із співробітниками

провів фундаментальне дослідження мікромеханізму електронних явищ на поверхні напівпровідників, установив електронну модель атомарно-чистої поверхні й визначено її параметри [20].

Виконані В.Е. Лашкарьовим і під його керівництвом роботи з вивчення фотоелектричних явищ у напівпровідниках, дослідження механізму виникнення й закономірностей фотоерс, лінійної й нелінійної фотопровідності, поверхневих, електрофізичних та інших властивостей напівпровідників були істотним внеском у формування сучасних уявлень про фізику електронних процесів у напівпровідниках і механізми дії напівпровідникових приладів, а створені ним школа й науковий колектив (Інститут напівпровідників АН УРСР) стали провідними в галузі фотоелектроніки напівпровідників [21].

«Безумовно, перенесені моральні страждання наклали свій відбиток на долю В.Е. Лашкарьова, – відзначає його син Г.В. Лашкарьов. – Аж до 1958 р. він не мав

можливості виїздити за кордон, звинувачувався в космополітизмі в зв'язку з посиленнями в своїх працях на видатні роботи зарубіжних учених, хоч одночасно посилався й на кращі вітчизняні роботи. Колишній секретар ЦК КПРС Ф.Р. Козлов звинуватив В.Е. Лашкарьова в націоналізмі, оскільки той наполегливо звертав його увагу на недостатню підтримку фізики в Україні фінансами й приладами. Все це привело до певного душевного надломлю В.Е. Лашкарьова, і він, безумовно, зробив у своєму житті менше, ніж міг, якби його доля склалася інакше»*.

Проте і після смерті В.Е. Лашкарьова командна робота в Інституті у вигляді діяльності окремих наукових шкіл тривала. Поряд з авторитетною й надзвичайно ефективною теоретичною школою С.І. Пекара, яка функціонувала в Інституті від моменту його створення, невдовзі сформувалися наукові школи О.В. Снітка з фізики поверхні, який до того ж в 1970–1990 рр. був директором Інституту [22], С.В. Свечнікова в галузі оптоелектроніки [21], М.П. Лисиці – квантової електроніки та спектроскопії [21].

1. *Вадим* Евгеньевич Лашкарев. Личное дело. – Арх. НАН Украины, ф. 1, оп. 2, ед. хр. 574.

2. *Вадим* Евгеньевич Лашкарев // УФН, 1975, **117**, с. 377–378.

3. *Институт* полупроводников. – К.: Наук. думка, 1985.

4. *Лашкарев* В.Е. Исследования запирающих слоев методом термозонда // Изв. АН СССР. Сер. физ., 1941, **5**, с. 442.

5. *Лашкарев* В.Е., *Косоногова* О.М. Влияние примесей на вешильный фотоэффект и закисы меди // Там же, с. 478.

6. *Храмов* Ю.О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій і відкриттів. – К.: Фенікс, 2015.

7. *Торрей* А., *Уитмер* К. Кристаллические детекторы. – М.: Сов. радио, 1950; Pearson G., Brattain // Proceeding of the Institute of Radio Engineers, 1955, **43**, р. 1794 (наводиться докладно історія досліджень напівпровідників).

8. *Лашкарев* В.Е. Фотоэлектродвижущие

силы в полупроводниках // Изв. АН СССР. Сер. физ., 1952, **16**, с. 18.

9. *Лашкарев* В.Е., *Косоногова* О.М. Инфракрасная люминесценция в закисы меди // Докл. АН СССР, 1946, №2, с. 125–126.

10. *Лашкарев* В.Е., *Романов* В.А. Объемная фотоэкс в полупроводниках // Радиотехника и радиоэлектроника, 1956, **2**, с. 1144.

11. *Ляшенко* В.И., *Ляшенко* Л.В., *Литовченко* В.Г. и др. Электронные явления на поверхности полупроводников. – К.: Наук. думка, 1968.

12. *Мислюк* Е.Г., *Томашевская* Р.Л., *Иванова* Г.К. Германиевый плоскостной двойной диод с диффузионными р–п-переходами // Автоматика и приборостроение, 1960, вып. 2.

13. *Мислюк* Е.Г. Сернисто-серебряные фотоэлементы ФЭСС-У. – К., 1955.

14. *Лашкарев* В.Е. Полупроводниковые соединения типа $A^{IV}B^{VI}$ // Физика твердого тела, 1967, **1**, вып. 11, с. 1653.

15. *Лашкарев В.Е., Любченко А.В., Шейнман М.К.* Неравновесные процессы в фотопроводниках. К.: Наук. думка, 1981.
16. *Баранский П.И., Буда И.С., Даховский И.В.* и др. Электрические и гальваномагнитные явления в анизотропных полупроводниках. — К.: Наук. думка, 1977.
17. *Стриха В.И.* Теоретические основы работы контакта металл-полупроводник. — К.: Наук. думка, 1974.
18. *Литовченко В.Г., Горбань А.П.* Основы физики микроэлектронных систем металл — диэлектрик — полупроводник. — К.: Наук. думка, 1978.
19. *Литовченко В.Г.* Основы физики полупроводников слоистых систем. — К.: Наук. думка, 1980.
20. *Снитко О.В., Савченко А.В., Примаченко В.Е.* Проблемы физики поверхности полупроводников. — К.: Наук. думка, 1981.
21. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкорьова НАН України. 1960–2010. — К.: Інтертехнодрук, 2010.
22. Школа Снітка.
23. Національна академія наук України. Хронологія. 1918–2018. — К.: Фенікс, 2018.
24. *Палій В.М., Храмов Ю.О.* Національна академія наук України. Персональний склад. 1918–2018. — К.: Фенікс, 2018.

ПІСЛЯМОВА

Перегорнута остання сторінка книги «Історична фізика України». Чи вдалася вона автору? Тут своє слово, безумовно, повинен сказати читач, яке буде з вдячністю прийнято, а його думки, побажання та зауваження враховано в подальшій авторській роботі.

В монографії по-новому висвітлено історію фізики України – акцент зроблено на ключових подіях і фактах, які викладено стисло, як в енциклопедіях, у рамках розробленої періодизаційної схеми її розвитку. Причому кожному розділу передують короткий огляд суспільно-політичної обстановки у визначений проміжок часу, а також стану одержаних фундаментальних результатів світової фізики. Останні показують, в яких умовах працювали українські фізики та як одержані ними результати співвідносяться з тематикою світової фізики та її здобутками. На перший погляд, ці матеріали, можливо, «переобтяжують» книгу, проте, наприклад, наведені тексти, що стосуються розвитку світової фізики, конче необхідні, оскільки тоді зникає просте декларативне викладення досягнень української фізики, а реконструюється її справжній розвиток у тісному зв'язку зі світовим та бібліографічними посиланнями й архівними даними. При цьому більш доказовими виглядають і її пріоритети в Україні, що збільшує коефіцієнт довіри до тексту, який охоплює період XVII–XX ст. і включає стан нагромадження фізичних знань (передісторію) та період розвитку власне фізики як науки.

Монографія містить чимало нових і переосмислених фізичних фактів,

розкрито «білі плями», повернуто в науковий обіг низку забутих і маловідомих персоналій тощо, тобто все зроблено так, щоб історія української фізики була без «вирваних» сторінок, об'єктивною та адекватною.

Необхідно також зазначити, що викладена тут історія фізики України – це не тільки історія академічної фізики, зосередженої в інститутах Академії наук фізичного профілю. В розвиток української фізики зробили внесок також вчені вишів, значною мірою інтегровані в неї. Загалом між академічною фізикою і вузівською завжди існував тісний зв'язок, який, безумовно, був корисний і вузівській фізиці... Крім того, фізичні дослідження проводилися в низці галузевих інститутів з оборонної тематики.

Останній великий розділ книги деякою мірою доповнює викладену історію фізики, розглядаючи її через призму розвитку провідних наукових фізичних шкіл, висвітлюючи їх формування, розвиток, внесок у фізичну науку, даючи творчі портрети засновників, їхні персональні склади. Це має поживати загальний текст книги, гуманізувати його. Однак при цьому варто пам'ятати, що історія цих фізичних шкіл – це не вся історія української фізики, оскільки «за бортом» лишилися вчені, які з різних причин не створили шкіл, проте зробили значний внесок у фізику.

Сподіваюсь, що використаний комплексний підхід при написанні історичної фізики України буде схвально сприйнятий науковою та освітянською громадськістю.

Українська фізика пройшла непростий, подекуди дуже складний

шлях розвитку, на якому були не тільки успіхи і «перемоги», а й поразки, невдачі та розчарування, чимало фізиків стали жертвами репресивної машини тоталітарної системи. Але фізика і фізики все витримали. Нині вони переживають також нелегкі часи через хронічне недофінансування, відсутність належної, сучасної експериментальної бази, відтік за кордон «мізків», негативне психосоматичне напруження в науковій спільноті та взагалі в країні.

Як подолати цей кризовий стан? Інакше назвати ситуацію в науці України неможна. Необхідно поєднати економічну ефективність і соціальну орієнтацію в економічному розвитку. Вкладання коштів в охорону здоров'я, освіту й науку веде до економічного піднесення країни і зростання її конкурентоспроможності. А останнє неможливе без роботи потужних науково-дослідних колективів, які ще існують у системі Національної Академії наук України. Саме людина з її знаннями, досвідом, ідейно-ціннісними мотиваціями відіграє вирішальну роль в процесі економічного та будь-якого іншого суспільного життя. Отже, найбільше надбання кожної нації — її соціальний капітал, який включає природжені здібності людини, рівень її освіти, професійну кваліфікацію, стан здоров'я тощо.

Але при всіх негативних тенденціях останніх років стан справ у за-

значених сферах виглядає не зовсім безнадійним. У суспільстві, зокрема в НАН України та інших науково-дослідних інститутах і вищих навчальних закладах, зберігається певний запас нагромадженого за попередні десятиліття науково-освітньо-культурного потенціалу та орієнтація багатьох людей на цінності професійної відповідальності й освіченості. Масова комп'ютеризація продемонструвала можливість поєднання наявних у нашому суспільстві знань та професійних навичок з останніми інформаційними досягненнями. Потужним підґрунтям можливого піднесення країни є наш людський капітал в його традиційній, укоріненій в глибинах ментальності формі, з ціннісною орієнтацією на працю заради самореалізації та здобуття поваги й авторитету.

Відтак основні зусилля влади мають бути спрямовані передусім на підтримку та розвиток науково-освітньо-культурно-медичної сфери. Необхідно відновити якість життя людини з орієнтацією не на «навздогін» розвинутим країнам Заходу з послідовним проходженням тих фаз, які ті долали впродовж багатьох десятиліть, а на адаптацію сучасних технологічних і соціальних здобутків до властивостей і вже наявних якостей нашої людини, що стане необхідною передумовою подолання сучасної системної кризи в Україні.