

## **З ІСТОРІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ФІЗИКИ В УКРАЇНІ**

**М. В. ГОЛОВКО**

Будь-яка, навіть найдетальніше розроблена фізична теорія, залишається тільки гіпотезою до того часу, коли її положення вдасться підтвердити експериментально. Тому саме розвиток експериментальної фізики характеризує загальний рівень розвитку наукового пізнання. Відкриття фізиків-експериментаторів, іноді незначні, на перший погляд, або зроблені в процесі дослідження зовсім інших проблем, започатковували нові напрями фізичної науки, часом кардинально змінювали традиційні уявлення про навколишній світ. Результатом наполегливої праці багатьох дослідників стали важливі фізичні відкриття, які дали змогу людині опанувати потужну силу електричної, а згодом атомної енергії; зробити звичними в побуті радіо- та телеприлади; поповнити знання про будову мікросвіту; здійснити політ до навколосемного простору та багато ін.

Фізик-експериментатор завжди був на вістрі науки, шукав і помилявся, але не втрачав надії. Тисячі дослідів передували тому моменту, коли вчений міг радісно вигукнути Архімедове “еврика”, отримавши новий результат. Фарадей, Рентген, Пуллой і сотні інших дослідників на практиці підтверджували істинність фізичних уявлень або спростовували їх, додаючи штрихів до світоглядної картини.

Важливою особливістю експериментальної фізики була і залишається необхідність відповідного обладнання. Зауважимо, що багато відкриттів було зроблено за допомогою обладнання, виготовленого самими вченими. Від оснащення фізичних лабораторій багато в чому залежала ефективність досліджень. Досягнення фізиків-експериментаторів є рушієм науково-технічного прогресу, дають нові імпульси розвитку не тільки фізиці, а й узагалі всій світовій науці.

За останні 200 років людство накопичило чимало відкриттів. Яке ж місце належить українській експериментальній науці в системі формування загальнолюдських знань про навколишній світ? Це питання є цікавим як для істориків вітчизняної науки, так і для фізиків, особливо науковців-початківців. Адже дослідження будь-якої проблеми розпочинається з ретельного вивчення

досвіду попередників, історичних закономірностей розвитку фізичної науки, напрямів, за якими велися пошуки та їхні результати.

Як зазначалося вище, експериментальна фізика неможлива без обладнання. Лабораторіям експериментальної фізики, що з'являлися в Україні, передували фізичні кабінети, в яких проводились досліди, робилися вимірювання. Одним із перших фізичних кабінетів обладнав у 1783 році при бібліотеці Києво-Могилянської академії Іван Якимович Фальковський (1762-1823), який народився в селі Білоцерківцеві Пирятинського повіту на Полтавщині, навчався в Будимському університеті. В кабінеті було зібрано чудове для того часу обладнання, а саме: земні та астрономічні глобуси, сфери Коперника, повітряні насоси, електрична машина, астролябія, барометр [1].

Першим науковим осередком експериментальної фізики в Україні стала Київська фізична школа Авенаріуса, що сформувалася в другій половині XIX ст. М. П. Авенаріус (1835-1895), який очолював кафедру фізики Київського університету з 1863 по 1890 рік, разом зі своїми учнями досліджував критичний стан речовини. В 1866 році М. Авенаріус захистив докторську дисертацію "Про електричні різниці металів при різних температурах". У експериментальній частині дисертації, яку він готував під керівництвом Магнуса, показав, що термоелектрорушійна сила кола, складеного з різних металів, виражається рівнянням:

$$E = (t_2 - t_1)b + c(t_1 + t_2),$$

де  $t_1$ ,  $t_2$  - температура спаїв,  $b$  і  $c$  - сталі для пар металів.

Коли Авенаріус прийшов до університету, у фізикабінеті було 580 приладів, але більшість з них були шкільними. У 1875 році М. П. Авенаріус вперше ввів лабораторні заняття з фізики, для яких сам розробив спеціальний курс "Вступ до практичних занять з фізики". На думку Столетова, Авенаріус разом із учнями В. І. Зайончевським, О. І. Надєждіним, О. Е. Страусом розробили дослідну частину вчення Ван-дер-Вальса, Клаузіуса, Максвела про критичний стан тіла. В 1885 році О. Надєждін визначив критичну температуру води. О. Е. Страус визначив критичну температуру суміші двох рідин. Б. Павлевський займався питаннями зв'язку критичної температури та температури кипіння. В. І. Зайончевський отримав критичні температури та тиски багатьох рідин [2].

Наприкінці XIX ст. значних успіхів досяг професор Харківського та Новоросійського університетів Микола Дмитрович Пильчиков (1857-1908), який народився в Полтаві, закінчив Харківський університет у 1881 році.

М. Пильчиков – автор близько 50-ти фізичних праць. Йому вдалося в 1896 році знайти спосіб створення потужного пучка рентгенівських променів, розмістивши на шляху катодного пучка у фокусі ввігнуто катоду крукової трубки тверде тіло. Як один з визнаних фахівців у галузі електромагнетизму, М. Д. Пильчиков у 1899 та 1900 роках зробив доповіді з метеорології, фізики та електрики в Парижі. В 1898 році видатний югославський вчений в галузі електро-радіотехніки М. Тесла провів досліди з радіокерованими пристроями і увійшов до історії науки як винахідник радіо-телемеханічної системи. Весною 1898 року (в березні місяці) М. Д. Пильчиков на публічній лекції продемонстрував досліди, в яких за допомогою “...електронних хвиль, що йшли крізь стіни зали, в якій стояли прилади”, були запалені вогні моделі маяка, викликано постріл невеликої гармати, підірвано міну в штучному басейні, приведено в рух модель залізничного семафора. Про поставлені досліди М. Пильчиков подав доповідну записку військовому міністру, проте публікацій у наукових виданнях не було. М. Д. Пильчиков розпочав проводити експерименти на військовому кораблі. В 1903 році під його керівництвом на маяку було обладнано радіостанцію. Дослідження М. Д. Пильчикова з електромагнітних коливань та його ідеї про створення для флоту приладів, здатних приймати сигнали лише своїх частот, були, по суті, прообразом сучасних систем телеуправління [3].

Не можемо не згадати професора експериментальної та технічної фізики Івана Пулюя (1845-1918). І. Пулюй народився в містечку Гримайлові на Тернопільщині. Після закінчення в 1872 році філософського факультету Віденського університету прибув до університету Страсбурга (тут працювали фізики А. Кундт та В. Рентген), де вивчав електротехніку. І. Пулюй був професором експериментальної та технічної фізики у Німецькій вищій технічній школі в Празі. Він був особисто знайомий з А. Ейнштейном, який працював у Празі в 1912 році.

І. Пулюй одним із перших дослідив неонове (холодне) світло. Важливими були його винаходи з удосконалення телефонних станцій, апаратів та розподільчого трансформатора. І. Пулюй був технічним директором електротехнічного бюро у Відні та головним експертом з питань електротехніки в Чехії, Моравії. Ще на початку 80-х років XIX ст. він провів серію експериментів із газорозрядними трубками. І. Пулюй виготовляв газорозрядні трубки власної конструкції. Так, у 1881 році на виставці в Парижі вакуумна лампа Пулюя була удостоєна срібної медалі. Результати великої та напруженої роботи вчений висвітлив у своїх наукових працях під назвою “Промениста електродна

матерія” (1880-1882). Тут він наводить опис та схему “рентгенівської” трубки: скляна трубка, всередині якої міститься під кутом слюдяна пластинка, покрита сірчаним кальцієм. Під пластинкою розміщується алюмінієвий диск, розміру перерізу трубки, що відіграє роль катоду. Над слюдяною пластинкою розташовано невеликий анод. І. Пулюй використовував цю трубку як флуоресцентну лампу, проте ця трубка була досить сильним джерелом Х-променів. Вона давала досить інтенсивний та приблизно паралельний пучок Х-променів. Зазначимо, що цю трубку І. Пулюй сконструював у 1882 році, а В. Рентген опублікував результати своїх досліджень у 1896 році. До відкриття Рентгена трубки Пулюя широко застосовувалися фізиками. У лютому та березні 1896 року з'являються статті І. Пулюя у “Повідомленнях імператорської Академії наук” (Відень): “Про походження рентгенівських променів та їх фотографічну дію” та “Додаток до праці “Про походження рентгенівських променів та їх фотографічну дію” з фотографіями“. Через півтора місяця після першого повідомлення В. Рентгена І. Пулюй подає важливі та глибокі експериментальні результати, пояснює природу та механізм виникнення Х-променів.

І. Пулюй виявив, що Х-промені викликають іонізацію газів; дослідив просторовий розподіл інтенсивності Х-променів; дав пояснення природи Х-променів; за допомогою власних газорозрядних трубок І. Пулюй виконав чудові знімки (першим зробив знімок скелета), які публікувалися для ілюстрації використання рентгенівського випромінювання в медицині [4].

Вагомий внесок для розвитку експериментальної фізики зробили вчені Харківського університету І. П. Осипов, В. Ф. Тимофєєв, Ф. М. Флавицький, Д. П. Турбаба, які працювали під керівництвом М. М. Бекетова (1827-1911). Зусиллями М. М. Бекетова та його послідовників при Харківському університеті було засновано перший у Європі фізико-хімічний відділ. У Харкові було досліджено питання утворення хімічних сполук, термохімію розчинів, встановлено залежність між тиском та тепловим ефектом.

Як бачимо, кінець ХІХ ст. став періодом активного розвитку експериментальних досліджень, якими займалися українські вчені. Щоправда, до 20-х років ХХ століття науковими проблемами займалися викладачі університетських кафедр фізики. Бракувало фізичних приладів та обладнання. Хоча було досягнуто важливих результатів, проте робота вчених не була систематичною і не мала чіткого плану. Лише зі створенням науково-дослідних кафедр та інститутів фізична наука в Україні набуває інтенсивного розвитку.

У 1921 році розпочала свою роботу Лабораторія експериментальних дослідів з натуральної філософії при Українській Академії наук, яку очолював Д. О. Граве. В лабораторії вивчалися сили, що діють в міжпланетному просторі, сучасні погляди на природу атомів.

У 1922-1923 рр. створюються науково-дослідні кафедри: Київська науково-дослідна кафедра під керівництвом О. Г. Гольдмана; Харківська науково-дослідна кафедра фізики під керівництвом Д. А. Рожанського.

Над експериментальними дослідженнями з електронної теорії та фізики вибухів працював А. Е. Малиновський у Дніпропетровську. Фотоефект досліджував О. Г. Гольдман у Києві, який з очолюваною ним групою вивчав фотогальванічний ефект Бекереля, вентильний фотоефект, випрямлення струму на контакті металу та напівпровідника. Властивості рентгенівського проміння вивчав С. Д. Герцрікен, а В. П. Лінник та В. Є. Лашкар'єв застосували в рентгенофізиці метод порожнистого внутрішнього відбивання. У галузі катодного випромінювання працював Н. І. Моргуліс. Д. А. Рожанський, Д. С. Штейнберг, Ю. Б. Кобзар'єв, А. О. Слуцькін у Харкові розв'язували задачі радіофізики. В 1924 році А. О. Слуцькін та Д. С. Штейнберг розробили нові методи генерування коротких радіохвиль і, незалежно від А. Жарка, побудували магнетронний генератор коливальних надвисокої частоти - головну складову радіолокаційного обладнання. А. О. Слуцькін виявив можливість заміни позитивної сітки лампи зовнішнім магнітним полем і отримав найкоротші хвилі, генеровані лампою. У 1924 році він разом із Д. С. Штейнбергом добули хвилі довжиною до 50 см, а в 1925 році – до 7,3 см [5].

Першим науково-дослідним фізичним інститутом в УРСР був науково-дослідний інститут в Одесі, відкритий у 1926 році. Тут в 20-х роках плідно працювала група науковців під керівництвом Є. А. Крилова, яка вивчала явище внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках. У результаті проведених досліджень вдалося встановити, що між фотоелектричною та фотохімічною дією існує тісний зв'язок.

В 1929 році на базі науково-дослідної кафедри фізики був створений Інститут фізики АН УРСР, науковці якого зробили вагомий внесок у розвиток вітчизняної фізики (електрофізика, фотоефект, емісія, фізика рентгенівських променів з рентгенографією). В Інституті фізики під керівництвом О. Г. Гольдмана розпочалося ґрунтовне вивчення властивостей напівпровідників. Важливим результатом багатолітніх досліджень Інституту було з'ясування фізичної природи ефективної емісії електронів. М. Д. Моргуліс

і його співробітники експериментально та теоретично довели, що ефективність катодів пов'язана з їх напівпровідниковою природою.

Із 1939 року у новоствореному відділі напівпровідників основна увага зосереджується на вивченні фізичних процесів в електронних напівпровідниках і на з'ясуванні фізичної природи зовнішнього фотоелектричного ефекту. В теоретичних і експериментальних працях академіка В. Є. Лашкарьова було показано, що при виникненні фотоелектрорушійних сил при кристал-фотоелектричному ефекті вирішальну роль відіграють умови на контакті напівпровідників з металом.

Групою вчених Інституту фізики В. К. Бернацьким, Д. С. Гейхманом, О. М. Косоноговою, О. Г. Миселюк було створено сірчанасрібний елемент, який мав набагато більшу електрорушійну силу, ніж всі відомі раніше фотоелементи.

На початку 1940-х років під керівництвом П. Г. Борзяка досліджувалися сучасні фотокатооди, що призвело до уточнення уявлень про їх природу та розуміння механізмів поглинання світла в напівпровідниках, фотоелектронної емісії. У 1940 році В. Є. Лашкарьов та О. М. Косоногова експериментально вивчили вплив домішок на вентильний фотоелектричний ефект, а в 1941 році В. Є. Лашкарьов відкрив р-п перехід, що стало поворотним етапом у фізиці напівпровідників.

У кінці 1928 року в Харкові організовується Український науково-дослідний фізико-технічний інститут (УФТІ). Оснащення інституту було завершено в 1930 році. Першим директором Українського фізико-технічного інституту став І. В. Обреїмов. В Інституті створюються такі наукові лабораторії:

1. Лабораторія по вивченню атомного ядра. Співробітники лабораторії розробили в 1933 році метод отримання надвисоких напруг за допомогою електростатичних генераторів. У 1934 році був розраховано та спроектовано великий електростатичний генератор напругою порядку 6-7 мільйонів вольт (діаметр кондуктора 10 метрів, загальна висота генератора - 17 метрів). На апаратурі лабораторії проведено дослідження атомного ядра. На установці з генератором Ван-Граафа на 1300 КВ вивчалася взаємодія швидких протонів. За допомогою камери Вільсона на 2 атмосфери вивчалася природа космічної радіації, дезінтеграція ядер  $Li_6$  бомбардуванням ядрами  $Li_6$ , отримання потужних джерел нейтронів, вивчалася їх взаємодія з ядрами і викликані ними ядерні реакції.

2. Лабораторія низьких температур. Крім лабораторії низьких температур УФТІ такі лабораторії існували того часу лише в Лондоні, Берліні, Торонто і Кембриджі. В лабораторії розроблено методи вимірювань при низьких

температурах. Досліджувалися явища надпровідності, магнетизму, теплоємності. Вченими проведено термометрію низьких температур та визначення констант газів, газових сумішей та рідких газів. Разом з іншими науковцями Інституту Л. В. Шубников добув рідкий водень (1931 р.), а в 1932 році Л. В. Шубников, Ю. М. Рябінін, В. Г. Хоткевич добули рідкий гелій.

Кріогенна лабораторія під керівництвом Л. В. Шубникова стала першою в СРСР. Вчені лабораторії у 1934 році виявили нульову магнітну індукцію напівпровідників; в 1936 р. вони дослідили напівпровідники другого роду та експериментально підтвердили припущення про те, що струм руйнує надпровідний стан; у 1937 році виявили наявність проміжного стану надпровідників, передбачений Л. Д. Ландау. Розроблене науковцями кріогенне обладнання дало можливість групі І. В. Обреїмова виконати нові дослідження властивостей молекулярних кристалів.

3. Лабораторія надпровідності та магнітних явищ. У лабораторії вперше вивчено магнітні властивості надпровідника та поведінку надпровідника в магнітному полі; процеси в сплавах та металах. У лабораторії побудовано нову гелієву машину. У 1934 році спроектовано дослідну станцію глибокого охолодження. Розроблено методи розрахунку зріджувачів, отримано константи зріджених та охолоджених газів.

4. Лабораторія електромагнітних коливань. Тут одержали дециметрові хвилі великих потужностей. Це дало змогу вивчити електричні спектри. За допомогою ДЦ-хвиль було вивчено закони розповсюдження та поглинання електромагнітних хвиль у простому та йонізованому середовищі. Проводилися досліді на магнетронному генераторі з розрізаними анодами. Сконструйовано декілька типів генераторів.

5. Лабораторія кристалів. У лабораторії вивчалися пластичні деформації, внутрішні дифузії у ґратках, структурні перетворення та переходи, а також поглинання світла та флюоресценція. Відкрито новий вид дифузії в кристалічних ґратках – внутрішня дифузія, яка має місце в сплавах. Це явище вивчалось на золотомідних сплавах. Отримані дані дали змогу побудувати теорію пружної післядії у сплавах, що встановлювало зв'язок цього явища з внутрішньою дифузією. Дослідниками лабораторії вивчено жовту, червону та відкрито оранжеву модифікацію ртуті. І. В. Обреїмов та Р. Й. Гарбер відкрили новий вид пластичної деформації – пружне двійникування. І. В. Обреїмов відшукав новий метод вирощування кристалів. Великого значення набули роботи з йонними перетворювачами під керівництвом К. Д. Синельникова.

Розроблено та побудовано тиротронну схему для керування механізмом змінною кількістю обертів і реверсією, що замінив складну схему Леонарда. У жовтні 1932 року фізики УФТІ К. Д. Синельников, О. І. Лейпунський, А. К. Вальтер, Г. Д. Латишев здійснили другу в світі штучну ядерну реакцію по розщепленню ядер літію. В 1937 році А. К. Вальтер та К. Д. Синельников вивчили механізми гальмування швидких електронів і експериментально підтвердили теорію взаємодії електронів з речовиною. Л. В. Шубников у 1936 році відкрив ядерний парамагнетизм у твердому тілі. У 1939 році Л. С. Кан працював над проблемою створення високих тисків при наднизьких температурах.

В УФТІ проводилися щорічні наукові конференції, присвячені ядерній фізиці, надпровідності, низьким температурам. Про важливість наукових результатів, отриманих співробітниками Фізико-технічного інституту, говорить той факт, що у роботі конференції з атомного ядра і теорії позитрону, яка відбулася в 1934 році, взяв участь всесвітньо відомий фізик-ядерник Нільс Бор.

У 1933 році на базі Дніпропетровського філіалу УФТІ, який існував з 1931 року, створено ДФТІ (Дніпропетровський фізико-технічний інститут). В ДФТІ проводилися роботи з вивчення процесів горіння та вибухів; вивчення механізму фазових перетворень та процесів кристалізації металів та сплавів, дослідження в галузі фізики високих тисків (до 40 000 атмосфер). Можливість запалення гримучого газу рентгенівськими фотоелектронами вивчав Скрипников. Він довів хибність тверджень багатьох фізиків про те, що фотоелектрони з холодної платинової поверхні можуть підпалювати газ. Перенесення йонів вибуховою хвилею досліджував Ткаченко. Було виявлено механізм розповсюдження вибуху і доведено, що вибухова хвиля викидає попереду фронту активні центри (йони), які сприяють подальшому розповсюдженню вибуху. Вплив високочастотного електричного поля на швидкість горіння газів вивчали Росихін та Тимковський, які вирішили принципове питання про причини впливу електричного поля на процеси горіння і довели, що тут має місце не тепловий ефект, як вважав Габер (Берлін), а процес усунення з полум'я йонів, як активних центрів. Під керівництвом Єгорова проводилися дослідження полум'я в електричному полі при знижених тисках, що дало можливість глибше проникнути в механізм впливу електричного поля на горіння газових сумішей.

У 1934 році було розроблено методику вивчення рідких металів у середині вузького інтервалу температур, зміну структури ртуті та сплавів HgTl



в залежності від температури. Встановлено оборотність перетворень метастабільних фаз у тих випадках, коли дифузні процеси не встигають проходити; діаграми сплавів CuAl, CuZn. Відкрито нову проміжну фазу гама 1, встановлено природу її утворення й оборотності перетворень у розумінні поверненим кристало-геометричного орієнтування фаз.

Рентгенометалографічною групою ДФТІ вивчено вплив третього елемента на діаграми станів подвійних сплавів на межі розчинності та процеси розпаду потрійних твердих розчинів. Розвинуто методи рентгенографічного аналізу для прецизійних вимірювань параметрів, вивчено зміни ґратки, зумовлені залишковими напруженнями. В. І. Данилов та І. В. Радченко використали рентгенографію для вивчення структури рідких металів та рентгеноструктурного аналізу рідин. В металографічній лабораторії В. М. Свечникова розроблено фізико-хімічний метод аналізу металевих систем. В. М. Свечников та В. Н. Гріднєв вивчали фазові перетворення, а В. І. Трефілов виконав важливі дослідження структури металів електронно-спектроскопічним методом. Науковці інституту вивчили механізми намагнічування, знайшли метод дослідження вмісту природного відновника в кварцитах. Це дало змогу свідомо керувати процесом термообробки і мало велике промислове значення.

Ми докладніше зупинилися на питаннях розвитку вітчизняної експериментальної фізики 1930-х рр., оскільки в цей період розвиток фізики як науки відбувався стрімкими темпами. Саме тоді були закладені міцні підвалини фізичної науки, які на декілька десятиліть уперед окреслили її розвиток. Історія вітчизняної науки містить ще багато питань, які потребують ґрунтовного дослідження, але навіть з такого невеликого екскурсу можемо впевнитися, що вітчизняна фізика має глибокі корені та традиції і значним доробком збагатила світову науку.

### Література

1. Хижняк З. И. Киево-Могилянская академія. – К.: Вища школа, 1988. – 268 с.
2. Гольдман А. Г. Михаил Петрович Авенариус и Киевская школа экспериментальной физики // УФЖ. – 1951. – № 44. – В. 4.
3. Плачинда В. П. Микола Дмитрович Пильчиков. – К., 1983.
4. Аксиоми для нащадків: Українські імена у світовій науці. Зб. нарисів / Упоряд. О. К. Романчук. – Львів: Меморіал, 1992. – 544 с.
5. Кордун Г. Г. Історія фізики. – К.: Вища школа, 1993. – 280 с.