

І.В. КОРСУН

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
(Вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027; e-mail: korsun_igor@mail.ua)

УДК 539.1

**ВНЕСОК УКРАЇНСЬКИХ ВЧЕНИХ
У РОЗВИТОК КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ**

Проаналізовано внесок українських вчених у розвиток квантової фізики та проведено його класифікацію згідно з відповідними розділами. Доведено важливість даних досліджень у становленні цієї області фізики. Висвітлено пріоритетність низки робіт, які виконані українськими вченими, у світовій науці. Звернено увагу не лише на наукову діяльність фізиків, а й на їх педагогічну та просвітницьку роботу. Показано актуальність досліджень, які виконуються українськими вченими на даний час.

Ключові слова: квантова фізика, українські вчені, наукова діяльність, педагогічна робота, просвітницька робота.

Україна була і є країною із високим рівнем розвитку науки. Доказом цього є визнання здобутків українських вчених на міжнародному рівні. Важливо, щоб про ці здобутки знали не лише обмежене число науковців, а й молодь. А тому даний матеріал потребує включення до вузівських курсів фізики. Внесок українських вчених у розвиток фізики висвітлюється у багатьох навчальних посібниках [1–9] та науково-методичних статтях [10–13]. Але незважаючи на це, дане питання залишається і надалі актуальним, оскільки здобутки українських вчених є значними і потребують подальшого дослідження.

Розділ квантової фізики вибраний через те, що велика кількість досліджень проводиться сьогодні у даному напрямку. Зрозуміло, що у даній роботі ми не зможемо висвітлити усі здобутки українських фізиків у дану галузь науки і внесок багатьох вчених залишиться поза увагою. Метою роботи є доведення того факту, що саме завдяки роботам українських вчених квантова фізика отримала свій значний розвиток у світі та розвивається сьогодні.

Теплове випромінювання

Володимир Олександрович Міхельсон (1860 р., Тульчин – 1929 р., Москва) – фізик, геофізик, метеоролог.

Першим застосував методи статистичної фізики для визначення функції розподілу енергії у спе-

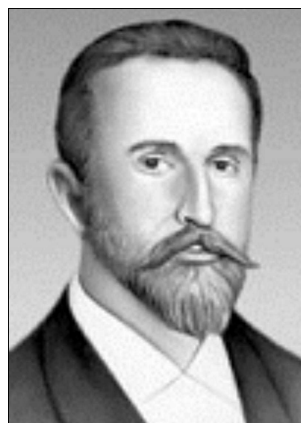
кті випромінювання абсолютно чорного тіла [14]. Праця Міхельсона “Опыт теоретического объяснения распределения энергии в спектре твёрдого тела” (СПб., Париж и Лондон, 1887 р.) була першою спробою розв’язку задачі про вигляд функції Кірхгофа та вказала шлях, який привів В. Віна до більш точного наближення та М. Планка до остаточного вирішення питання.

В. Міхельсон отримав рівняння для функції Кірхгофа у вигляді:

$$\epsilon_{\lambda,T} = C_1 T^{3/2} \lambda^{-6} e^{-C_2/(T\lambda^2)}, \quad (1)$$

де C_1 і C_2 – константи.

Криві, обчислені за цим рівнянням, передавали у загальних рисах хід експериментальних кривих (теоретичні криві Міхельсона мали крутіший спад).



В.О. МІХЕЛЬСОН

© І.В. КОРСУН, 2017

ISSN 0372-400X. Укр. фіз. журн. 2017. Т. 62, № 1

Вираз для λ_{\max} можна отримати з рівняння Міхельсона (1), взявши похідну $\frac{d\varepsilon_{\lambda,T}}{d\lambda}$ і прирівнявши її до нуля:

$$\lambda_{\max}^2 T = \text{const.} \quad (2)$$

Таким чином, Міхельсон досить близько підійшов до закону зміщення Віна:

$$\lambda_{\max} T = \text{const.} \quad (3)$$

У 1896 р. В. Він, виходячи з робіт Міхельсона, отримав вираз для функції Кірхгофа, який точніше описував експеримент, ніж формула Міхельсона (1). Формула Віна має вигляд:

$$\varepsilon_{\lambda,T} = C_1 \lambda^{-5} e^{-C_2/(\lambda T)}. \quad (4)$$

Формула (4) не виконувалась при великих значеннях виразу λT (великі довжини хвиль і високі абсолютні температури).

Тому М. Планк ускладнює формулу Віна (4):

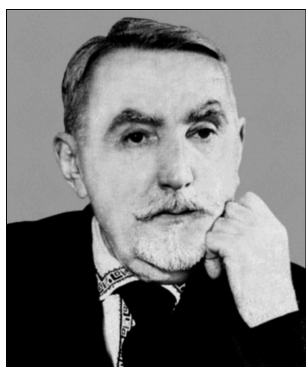
$$\varepsilon_{\lambda,T} = C_1 \lambda^{-5} \frac{1}{e^{C_2/(\lambda T)} - 1}. \quad (5)$$

Формула Планка (5) відповідала усім експериментальним даним.

Пізніше Міхельсон повертався до теорії теплового випромінювання у працях “Нариси з спектрального аналізу” (Варшава, 1901 р.), “Обзор новейших исследований по термодинамике лучистой энергии” (СПб., 1902 р.).

Квантова оптика

Єлмідіфор Анемподистович Кирилов (1883 р., с. Шипка, Молдова – 1964 р., Одеса) – засновник одеської наукової школи в області наукової фотографії, першовідкривач від’ємного фотоелектру.



Є.А. КИРИЛОВ

У 1924 р. Є. Кирилов розпочав систематичне дослідження явищ, які відіграють важливу роль у технології виготовлення фотоматеріалів [15]. За важливе значення цих досліджень вченого було призначено директором Науково-дослідного інституту фізики (був директором близько 40 років). Інститут став провідним центром фізики галогенідів срібла. Визнанням успіху одеських фізиків стало проведення в Одесі першого Всесоюзного з’їзду фізиків (1930 р.) та першої Всесоюзної конференції з фізики напівпровідників (1934 р.).

У 1930 р. відкрив явище від’ємного фотоелектру (фотоелектр, створений за допомогою світла однієї частоти, “знешкоджується” за допомогою світла іншої частоти). Дослідив дане явище, показавши, що воно пов’язане із процесом утворення прихованого фотографічного зображення. Таким чином, було встановлено зв’язок між фотоелектричними та фотохімічними процесами.

З 1921 р. Є. Кирилов керував кафедрою експериментальної фізики у Одеському державному університеті (Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова). Більше 50 років свого творчого життя вчений віддав роботі в університеті. Впродовж 1944–1950 рр. Кирилов керував кафедрою фізики в Одеському медичному університеті (Одеський національний медичний університет). Як завідувач кафедри, він приділяв велику увагу змісту програми навчання студентів, методиці викладання. Вчений ретельно готувався до лекцій (приходив за годину до початку, перевіряв обладнання), створював навчальні лабораторії, слідкував за їх наповненістю [16].

Остан Олександрович Стасів (1903 р., с. Борщовичі, Львівщина – 1985 р., Альфельд, Німеччина) – український фізик, директор Інституту кристалофізики у Берліні, один із засновників міжнародного журналу “Physica Status Solidi”.

Протягом 1937–1945 рр. О. Стасів працював керівником лабораторії дрезденської фірми “Zeiss Ikon”. У той час виникла проблема збільшення чутливості фотографічних плівок. Саме над вирішенням цієї проблеми працював український фізик. Найбільше визнання отримала теорія утворення прихованого фотографічного зображення (ПФЗ), висунута Н. Моттом і Р. Герні у 1938 р. Ряд моментів у теорії Мотта–Герні (структура центрів захоплення, типи носіїв та механізми їх локалізації і можливі способи збільшення чутливості фотома-

теріалів) залишалися нез'ясованими. Дані дослідження були здійснені О. Стасівим та Дж. Тельтовим [17].

Важливе значення мав цикл досліджень, розпочатих у 1939 р. У цих роботах [18–20] було закладено основи для вироблення концепції будови центрів прихованого фотографічного зображення та механізмів його утворення. Вчені вказали на двояку роль домішок, утворення комплексних (колоїдних) дефектів, роль явищ фотолізу, роль носіїв діркового типу при утворенні центрів ПФЗ у сенсibiliзованих сіркою фотоемulsіях. Таким чином, модель Стасіва–Тельтова суттєво розвинула і деталізувала схему Мотта–Герні, що мало значення для вдосконалення технології фото-матеріалів.

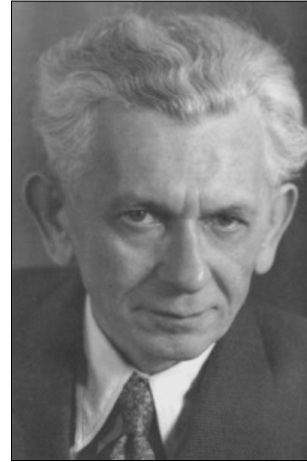
Вадим Євгенович Лашкар'ов (1903 р., Київ – 1974 р., Київ) – український вчений, академік Академії наук УРСР, засновник першої наукової школи фізики напівпровідників.

Після закінчення Київського інституту народної освіти (1924 р.), навчався там у аспірантурі (1924–1927 р.), одночасно працюючи викладачем [21]. На той час його дослідження стосувалися Х-випромінювання та розробки відповідного обладнання [22]. У 1925 р. разом з В.П. Лінником розробив оригінальний метод визначення коефіцієнта заломлення Х-випромінювання [23].

Працюючи у Ленінградському фізико-технічному інституті (1930–1935 рр.), досліджував явище дифракції повільних і швидких електронів (керував лабораторією дифракції електронів). За результатами досліджень Є. Лашкар'ов опублікував монографію “Дифракція електронів” (1933 р.). Науковцю було присуджено вчений ступінь доктора фізико-математичних наук без захисту дисертації.

З 1939 р. Лашкар'ов керував відділом напівпровідників Інституту фізики АН УРСР. Експериментально відкрив p - n -перехід у закисі міді (1941 р.). У 1948 р. побудував загальну теорію виникнення фотоелектрорушійної сили у напівпровідниках [24], відкрив об'ємну фото-ерс.

Велику увагу вчений приділяв підготовці наукових кадрів. З 1944 р. керував кафедрою фізики у Київському державному університеті, заснувавши там спеціалізацію “Фізика напівпровідників”, а потім першу у СРСР кафедру напівпровідників, якою керував до 1956 р. Засновник і головний ре-



О.О. СТАСІВ



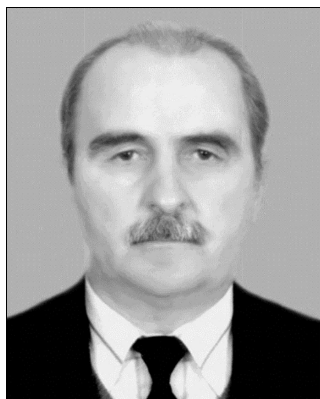
В.Є. ЛАШКАР'ОВ

дактор “Українського фізичного журналу” (1956–1970 рр.).

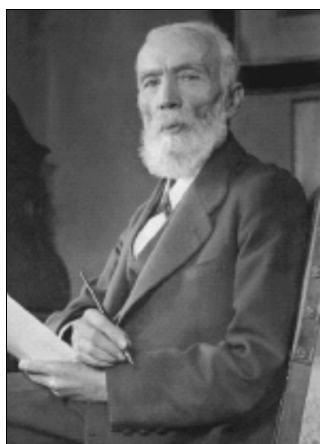
Лауреат Державної премії УРСР (1981 р., по смертно), його ім'я присвоєно Інституту фізики напівпровідників НАН України (з 2002 р.).

Анатолій Петрович Горбань (1938 р., Київ – 2009 р., Київ) – український фізик, головний конструктор фотобатарей для живлення перших українських космічних апаратів.

У 1996 р. Національним космічним агентством України (НКАУ) А.П. Горбань був призначений Головним конструктором фотоелектричних батарей для космічних апаратів типу “Мікросупутник” [25]. Того ж року в ІФН НАНУ був створений науково-дослідний відділ “Фізико-технічних основ напівпровідникової фотоенергетики”, який уві-



А.П. ГОРБАНЬ



І.П. ПУЛЮЙ



М.Д. ПИЛЬЧИКОВ

йшов до складу відділення “Фізики поверхні та мікроелектроніки”. Цей відділ очолив А.П. Горбань.

Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки у 2007 р., автор більше 200 наукових праць, а також однієї монографії та більш ніж 20 авторських свідоцтв і патентів на винаходи [26].

Атомна фізика

Іван Павлович Пулюй (1845 р., Гримайлів, Тернопільська обл. – 1918 р., Прага) – український фізик, електротехнік, винахідник.

“Лампа Пулюя” – прообраз сучасних рентгенівських апаратів. У технічному музеї Праги зберігається діюча “лампа Пулюя” [27]. За допомогою цього пристрою І. Пулюй вперше у світовій практиці зробив рентгенівський знімок. Прилад Пулюя на світовій електротехнічній виставці у Парижі (1881 р.) був нагороджений срібною медаллю. Дослідження В. Рентгена (лауреат Нобелівської премії з фізики за відкриття Х-випромінювання, 1901 рік) стосуються 1895 р. Рентген не вказав, якою трубкою він користувався, коли виявив невідоме випромінювання. Відразу ж після повідомлення Рентгена про своє відкриття у 1896 р. з’являються праці Пулюя, у яких він одним із перших у науці Х-випромінювання називає рентгенівським [28].

Микола Дмитрович Пильчиков (1857 р., Полтава – 1908 р., Харків) – український фізик, винахідник, професор Харківського та Одеського університетів, Харківського технологічного інституту.

Працюючи у Одеському університеті (1894–1902 рр.), М. Пильчиков удосконалив “лампу Пулюя”, застосувавши у ній увігнутий антикатод. У науці даний прилад отримав назву “фокус-трубка Пильчикова”. Вчений активно займався просвітницькою роботою, читав публічні лекції. Відомо, що К. Рентген надіслав вдячного листа Пильчикову [29].

У 1899–1900 рр. вчений уперше в Україні здійснив експериментальні дослідження з радіоактивності [30, 31]. М. Пильчиков вивчав природу Х-випромінювання та вплив на них фізичних чинників, досліджував природну радіоактивність солей радію і торію, показавши їх іонізаційні, флюоресцентні та фотографічні властивості [32].

Автор близько 100 праць, понад 25 оригінальних приладів та установок, кількох нових експериментальних методів досліджень. Усі свої кошти учений ще за життя заповів на премії за кращі дипломні роботи студентам-технологам.

Леонід Йосифович Кордиш (1878 р., Київ – 1932 р., Київ) – український фізик, доктор фізикоматематичних наук, професор, член-кореспондент Всеукраїнської академії наук (1926 р.), член Краківської академії наук (1926 р.).

Після закінчення Університету св. Володимира (Київського університету) був відряджений до Берліну (1904 р.), де працював під керівництвом Макса Планка [33]. У 1911–1912 рр. перебував у науковому відрядженні до Сарбонського університету (Париж) з метою дослідження вторинних коливань, де працював під керівництвом Анрі Пуанкаре. Обґрунтував оригінальну теорію вторинних коливань, узагальнив цю теорію на електромагнітні коливання і передбачив існування комбінаційних світлових коливань [34]. У праці “Полосатые спектры” висловив думку про те, що смугасті спектри зумовлені своїм походженням молекулам, а лінійні спектри – атомам. Л.Й. Кордиш подає оригінальне пояснення явища дисперсії світла (“Дисперсия белого света”).

У 1913 р. проходив наукове стажування в Німеччині у А. Зоммерфельда та в лабораторії електричних коливань Політехнічного інституту в Мюнхені, де розробляв загальну теорію ефекту Зеемана. Після повернення до Києва (1916 р.) започаткував в Україні дослідження у галузі атомної спектроскопії. Захистив докторську дисертацію “Аномальные явления Зеемана” (1916 р.). У 1921 р. обраний професором теоретичної фізики Київського університету, очолював кафедру теоретичної фізики (1922–1932 рр.). Розробляв теорію ефекту Зеемана, вперше поклавши в її основу представлення про просторове розміщення орбіт електронів в атомі [5:35]. Для пояснення аномального явища вченим було запропонована ідея, згідно з якою на рух електрона в полі впливає крім зовнішнього поля і внутрішнє поле, зумовлене рухом інших електронів. Отримав рівняння, яке вказує на прецесію і мутацію в русі електрона при сумісній дії магнітного поля і центральної сили. Визначив (1924 р.) поляризацію складових, на які спеціальна лінія розщеплюється в магнітному полі. Але хибні припущення щодо кількості електро-



Л.Й. КОРДИШ

нів в атомі і засновані на них спроби знайти величину внутрішнього магнітного поля, не дали можливості створити повну теорію аномального ефекту Зеемана [35].

Л.Й. Кордиш займався теорією Х-випромінювання (“О волновой природе Х-лучей”, “Х-трубки Куллиджа”, “Остаточные Х-лучи”, “К вопросу о происхождении характеристических Х-лучей”). У 1923 р. подає теорію неперервного спектра Х-випромінювання, виводить залежність між довжиною хвилі найбільш інтенсивного випромінювання і величиною потенціалу.

Практично уся педагогічна діяльність вченого протікала у рідному йому Києві (професор Київського університету, Київського політехнічного інституту). Був запрошений у Київський рентгенофізичний інститут для організації і керівництва рентгенофізичною лабораторією, організував лабораторію Укрмета із дослідження радіоактивних властивостей ґрунтів та порід України, лабораторію радіотехніки Київського політехнічного інституту, фізичні лабораторії Кримського університету, Вищих жіночих курсів, Жіночого медичного інституту. Працюючи у Науково-дослідному інституті фізики (керівник Теоретичного відділу інституту), займався підготовкою аспірантів.

Важливість досліджень Л.Й. Кордиша була відзначена Л.Я. Штурмом: “Особлива значна роль наукової діяльності Л.Й. в Україні, де він тривалий час був практично єдиним представником теоретичної фізики. Протягом багатьох років він, можна сказати, насаджував в Україні цю галузь науки, викликаючи інтерес до її основних питань” [34, с. 972].

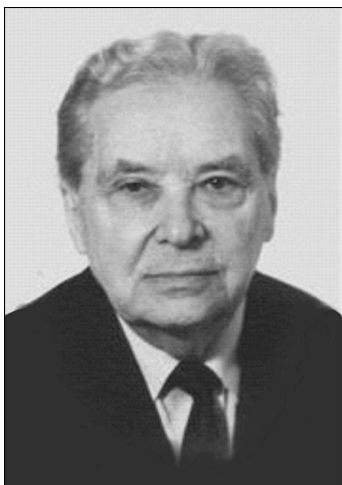
Ядерна фізика

Олександр Ілліч Бродський (1895 р., Катеринослав – 1969 р., Київ) – український вчений у галузі фізичної хімії, доктор хімічних наук (1926 р.), професор (1934 р.), академік АН УРСР (1939 р.), член-кореспондент АН СРСР (1943 р.), заслужений діяч науки УРСР (1965), почесний член Польської академії наук (1963 р.), директор Інституту фізичної хімії АН УРСР (1939–1969).

Під його керівництвом вперше у СРСР була створена установка з одержання важкої води (Інститут фізичної хімії, АН УРСР, 1934 р.), а також установки для отримання концентратів важкого кисню (1937 р.) та важкого азоту (1949 р.). Важка



О.І. БРОДСЬКИЙ



Д.Д. ІВАНЕНКО

вода використовувалася у перших дослідженнях із ядерної енергетики [36].

Учений розробив загальну теорію розділення ізотопів та методи їх аналізу [37]. О. Бродський вперше застосував стабільні ізотопи для дослідження механізмів хімічних реакцій, визначив, що за ізотопним складом води можна стежити за дрейфом арктичних крижин. У співпраці з Інститутом геологічних наук АН УРСР отримав дані про геологічний склад гірничих порід і мінералів, склав геохронологічну карту України, що полегшує пошук корисних порід.

Автор понад 300 наукових праць, присвячених теорії розчинів електролітів, хімії ізотопів, дослідженню механізму хімічних реакцій, член редакційних колегій журналів “Журнал фізичної хімії”, “Доповіді АН УРСР”. Праця “Хімія ізотопів” (1952 р.) – перша у світовій науці монографія у даній галузі.

Дмитро Дмитрович Іваненко (1904 р., Полтава – 1994 р., Москва) – автор протонно-нейтронної моделі атомного ядра.

Після закінчення Полтавської гімназії (1920 р.) Д. Іваненко одразу ж працював вчителем фізики Трудової школи у Полтаві. Одночасно майбутній вчений навчався у Полтавському педагогічному інституті (1920–1923 рр.) та працював у Полтавській астрономічній обсерваторії. Потім навчався у Харківському та Ленінградському університетах (1923–1927 рр.), працював у Державному фізико-технічному інституті (Ленінград, 1927–1929 рр.), завідувачем відділу теоретичної фізики Українського фізико-технічного інституту (Харків, 1929–1931 рр.), у Ленінградському фізико-технічному інституті (1931–1935 рр.), завідувачем кафедри фізики Ленінградського педагогічного інституту (1933–1935 рр.).

У 1932 р. Д. Іваненко запропонував протонно-нейтронну модель ядра [38]. У подальшому дана теорія була розвинута В. Гейзенбергом. Багато наукових робіт Д. Іваненко виконав разом із відомими фізиками. Так, разом із Г. Гамовим вивів рівняння Шредінгера (1926 р.), виходячи із моделі для 5-вимірного простору [39], разом із С. Амбарцумяном висловив гіпотезу народження масивних частинок у процесі взаємодії (1930 р.), що лягло в основу квантової теорії поля [40], разом із професором Харківського медичного інституту Є. Гапоном розробив оболонкову модель атомних ядер

(1932 р.) [41], разом із І. Таммом показав можливість взаємодії шляхом обміну частинками із ненульовою масою спокою (1934 р.), заклавши основи теорії ядерних сил [42], разом із А. Соколовим розробив математичний апарат теорії космічних злив (1938 р.) [43].

Працюючи в Українському фізико-технічному інституті (Харків, 1932), вчений виступив одним із засновників та редактором фізичного журналу іноземною мовою “Physikalische Zeitschrift der Sowjetunion” (“Фізичний журнал Радянського Союзу”). Д. Іваненко був ініціатором і вченим секретарем 1-ї Всесоюзної ядерної конференції (Ленінград, 1933 р.). Після захисту докторської дисертації (“Основи теорії ядерних сил”, 1940 р.) вчений очолював кафедру теоретичної фізики у Київському університеті.

Автор більше 300 наукових праць, 4 монографій, під його редакцією вийшло 27 збірників статей та книг.

Антон Карлович Вальтер (1905 р., Петербург – 1965 р., Харків) – академік АН УРСР.

Наукові роботи присвячені фізиці діелектриків і напівпровідників, техніці високих напруг, фізиці атомного ядра і високих енергій, фізиці та техніці вакууму, прискорювальній техніці. У 1932 р. спільно з О.І. Лейпунським, К.Д. Синельниковим, Г.Д. Латишевим вперше в СРСР розщепив ядро літій штучно прискореними протонами. Керував спорудженням ряду прискорювачів заряджених частинок, включаючи лінійний прискорювач електронів на 2 мільярди електрон-вольт.

У 1930 р. був направлений до м. Харків для організації роботи в Українському фізико-технічному інституті. Один із засновників кафедри атомного ядра в Харківському державному університеті, якою керував з моменту її заснування (1937–1965 рр.). Під його керівництвом захистили кандидатські дисертації не менше 35 аспірантів і науковців. А.К. Вальтер – один із засновників Харківської школи експериментальної ядерної фізики. Ініціатор написання підручника “Ядерна фізика” у співавторстві з І.І. Залюбовським.

Ілля Іванович Залюбовський (1929 р., Полтавська область – 2013 р., Харків) – український вчений у галузі ядерної фізики.

Вченому, одному з перших у світі, вдалося розв’язати задачу стосовно вимірювання статистичних електромагнітних моментів атомних ядер. Ці



А.К. ВАЛЬТЕР



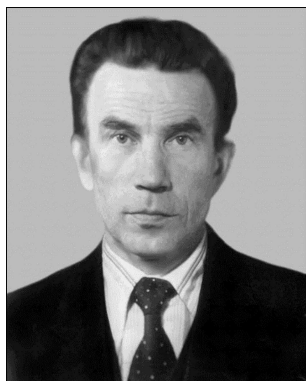
І.І. ЗАЛЮБОВСЬКИЙ

роботи (“Визначення структури атомних ядер за допомогою магнітних моментів вибудованих атомів”), відзначені у 1983 р. премією АН УРСР ім. К.Д. Синельникова, знаходять подальший розвиток у роботі сучасних прискорювачів. Залюбовському належить значна заслуга в організації та подальшому розвитку фізико-технічного факультету Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна [44].

У 1967 р. співробітниками кафедри під керівництвом І.І. Залюбовського було відкрито явище радіовипромінювання широких атмосферних злив космічних променів. Цикл цих робіт відзначений Державною премією УРСР у галузі науки і техніки (1971 р.).

Створив потужну наукову школу. Серед учнів І.І. Залюбовського 8 докторів та близько 40 кандидатів наук.

Автор навчальних підручників “Ядерна фізика” (Державна премія України у галузі науки і те-



Є.Д. ВОЛКОВ



Г.А. ГАМОВ

хніки, 1993 р.), “Ядерна спектроскопія”, двотомного довідника з ядерної фізики “Справочник по ядерной физике”. У США вийшла друком його монографія “Введение в радиационную акустику”, а підручник “Ядерна фізика” був широко знаний в Англії, Болгарії, Єгипті та Китаї [45].

Євген Дмитрович Волков (1934 р., Нижньогородська обл., РФ – 2012 р., Харків) – відомий фізик в області утримання та нагрівання плазми в тороїдальних магнітних пастках та колективних явищ у плазмі.

Досліджував нагрів плазми і її утримання в стелараторних системах, властивості плазми та турбулентність з метою пояснення аномалії транспортних процесів у магнітних пастках, розробляв програми експериментального дослідження процесу утримання високотемпературної плазми в тороїдальних магнітних пастках стелараторного типу, фізичну модель термоядерного реактора на базі стелараторних систем [46].

Очолити групу зі спорудження першого в Україні стеларатора “Сіріус”. Це завдання було успішно виконано в рекордно короткий термін, і вже на початку 1964 р. на “Сіріусі” були розпочаті перші експерименти [47]. Було зроблено ряд відкриттів: виміряно граничний газокінетичний тиск плазми, за якого відбувається руйнування рівноваги плазмового шнура у стелараторі, виявлено дрейфову нестійкість плазми та показано, що вона є відповідальною за аномально високі втрати частинок та енергії плазми поперек магнітного поля; зроблено висновок про необхідність переходу до безструмових методів створення та нагрівання плазми у стелараторах, показано, що у стелараторах бомівська межа як за часом життя плазми, так і за енергетичним часом може бути суттєво перевищена. Ці результати внесено до державного реєстру відкриттів під назвою “Явище турбулентного нагрівання та аномального опору плазми” (1972 р., диплом № 112).

Працював у Національному науковому центрі “Харківський фізико-технічний інститут” НАНУ та у Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Лауреат премії ім. К.Д. Синельникова АН УРСР (1985 р.), Державної премії України в галузі науки і техніки (2005 р.) “За колективні механізми нагріву та перенесення плазми в тороїдальних магнітних пастках” (А.Г. Загородній, В.І. Засенко, К.М. Степанов, Є.Д. Волков, В.В. Чечкін, О.М. Швець, М.І. Назаров, С.В. Касілов, А.І. Скибенко, В.С. Михайленко), автор близько 400 публікацій.

У 2009 р. науковці з Харківського фізико-технічного інституту вперше в історії науки сфотографували атом [48]. Вчені послідовно розмістили десятки атомів карбону у вакуумній камері і пропустили через них електричний розряд. Випромінювання останнього атома в ланцюжку фіксувалося за допомогою електронного мікроскопа, що дало змогу отримати зображення хмаринки електронів навколо ядра [49].

Георгій Антонович Гамов (1904 р., Одеса – 1968 р., Боулдер, США) – американський фізик українського походження, член-кореспондент АН СРСР (1932–1938 рр.), член Національної Академії наук США (з 1953 р.).

Навчався у Одеському (1921–1922 рр.) та Петроградському (1922–1928 рр.) університетах. Під час стажування у Геттінгенському університеті

(Німеччина) побудував квантову теорію альфа-розпаду (1928 р.), показавши, що частинки навіть із невеликою енергією можуть проникати через потенціальний бар'єр [50]. На основі своєї теорії вчений зміг оцінити розміри ядра (порядку 10^{-15} м) та дати теоретичне обґрунтування [51] емпіричного закону Гейгера–Неттола (1911):

$$\log T = A + \frac{B}{\sqrt{Q_\alpha}}, \quad (6)$$

де T – період піврозпаду α -радіоактивних ядер, Q_α – енергія α -частинки, A і B – константи, які слабо залежать від порядкового номера Z дочірних ядер.

Пізніше [52] закон Гейгера–Неттола був записаний у вигляді:

$$\log T = \frac{9,54Z^{0,6}}{\sqrt{Q_\alpha}} - 51,37, \quad (7)$$

де $[T] = 1$ с, $[Q_\alpha] = 1$ МеВ.

Один із основоположників поняття “тунельний ефект” (показав, що виліт α -частинки зумовлений її проходженням через потенціальний бар'єр), побудував модель прямокутної потенціальної ями (1928 р.). Теорія Гамова швидко отримала визнання у науковому світі.

Сформулював поняття про рівні енергії у ядрі, показав, що найефективнішими “ядерними снарядами” є протони. Разом із Едвардом Теллером узагальнив теорію бета-розпаду (1936 р.), встановивши правила добору в теорії бета-розпаду та ввівши поняття про “переходи Гамова–Теллера”.

У 1937–1940 рр. Г. Гамова побудував першу послідовну теорію еволюції зірок із термоядерними джерелами енергії. Разом із Теллером (1942 р.) запропонував теорію будови червоних гігантів. У 1946–1948 рр. розробив теорію утворення хімічних елементів шляхом послідовного нейтринного захоплення і модель “гарячого Всесвіту”, у рамках якої передбачив реліктове випромінювання, оцінивши його в 3 К [53] (згідно з сучасними даними $T = 2,725$ К). Теорія Гамова отримала експериментальне підтвердження у процесі експериментального відкриття реліктового випромінювання (1965 р.). Американські дослідники А. Пензіас та Р. Вільсон у 1978 р. стали лауреатами Нобелівської премії з фізики “За відкриття мікрохвильового реліктового випромінювання”.

Наукові праці Гамова присвячені квантовій механіці, атомній і ядерній фізиці, астрофізиці, космології, біології. Вчений був відомим популяризатором науки (нагороджений ЮНЕСКО премією Калінга за популяризацію науки, 1956 р.), автор багатьох науково-популярних книг.

Георгій Шарпак (1924 р., Дубровиця, Волинське воєводство – 2010 р., Париж, Франція) – французький фізик, народжений в Україні (сьогодні Рівенська область), лауреат Нобелівської премії з фізики (1992 р.).

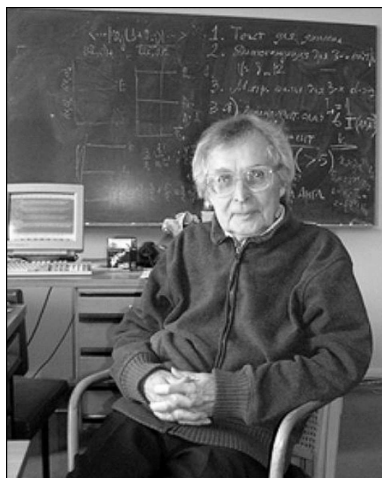
У 1954 р. Г. Шарпак отримав ступінь доктора наук в області ядерної фізики, а з 1959 р. розпочав працювати у Європейському центрі ядерних досліджень (CERN). У 1992 р. вченому присуджують Нобелівську премію з фізики “За відкриття й створення детекторів часток, зокрема багатодрогтової пропорційної камери”. Дані лічильники були названі “камерами Шарпака”.

Вчений був активним захисником мирного використання ядерної енергії. Г. Шарпака у 1971 р. відзначили нагородою Європейського фізичного товариства – премією Рікарда (для заохочення медиків та тих, хто сприяє розвитку медицини), нагороджений Премією в області фізики частинок і фізики високих енергій (1989 р.). Г. Шарпак був членом Ради спонсорів журналу “Bulletin of the Atomic Scientists”.

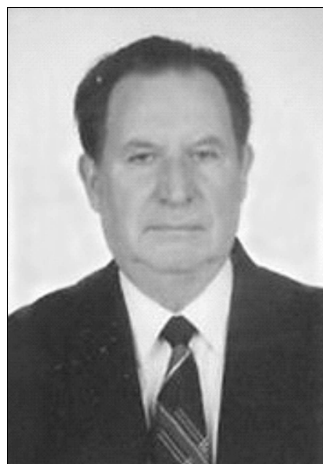
Прагнення Ж. Шарпака після Чорнобильської аварії допомогти в діагностиці опромінених людей не здійснилося – Радянська Україна демонстративно відмовилася. Про Україну відгукувався у інтерв'ю та спогадах [54]. В одному з інтерв'ю вчений зазначив: “Коли не стелиться шлях на укра-



Г. ШАРПАК



Г.Ф. ФІЛІПОВ



І.В. ХІМІЧ



А.Г. ЗАГОРОДНІЙ

їнські терени, то я кличу Україну до себе. І вона щоразу приходить – із власного серця” [55].

Геннадій Федорович Філіппов (1932 р., Москва) – завідувач відділу структури атомних ядер Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України.

Вчений виконав серію робіт з теорії колективних збуджень атомних ядер. Запропонована ним разом з академіком О.С. Давидовим модель неаксіальних ядер отримала широке міжнародне визнання і стала відомою у науці як “модель Давидова–Філіппова” [56].

У 1981 р. Г.Ф. Філіппов та В.І. Овчаренко були удостоєні премії ім. К.Д. Синельникова АН України за монографію “Мікроскопічна теорія колективних збуджень атомних ядер” [57].

Іван Васильович Хіміч (1935 р., Закарпатська область) – професор кафедри теоретичної фізики Ужгородського національного університету.

Основні наукові праці присвячені подальшим фундаментальним напрямам сучасної теоретичної та ядерної фізики: релятивістська аксіоматична квантова теорія поля, теорія взаємодій елементарних частинок, фізика частинок високих енергій, фізика ізомерних станів ядер, теорія парних кореляцій нуклонів у ядрах та надплинних станів атомних ядер [58]. У 1986–1990 рр. за Постановою уряду співробітниками кафедри ядерної фізики під керівництвом І.В. Хіміча було виконано дослідження радіаційної стійкості вузлів та виробів електронної техніки згідно з відповідною програмою космічних досліджень [59].

Автор і співавтор 150 наукових і науково-методичних праць. Підготував 4 кандидатів наук, 2 учні стали докторами фіз.-мат. наук.

Анатолій Глібович Загородній (1951 р., с. Велика Багачка, Полтавська обл.) – доктор фізико-математичних наук, професор, академік НАН України (2006 р.), віце-президент НАН України, завідувач відділу теорії та моделювання плазмових процесів Інституту теоретичної фізики НАН України (з 2002 р.), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2005 р.).

Відомий фахівець в Україні та за її межами у галузі теоретичної та математичної фізики, фізики кінетичних явищ, теорії плазми [60]. А.Г. Загородній (разом з І.П. Якименком, Ю.Л. Клімонтовичем) розробив статистичну теорію просторово-обмежених плазмово-молекулярних систем і на її

основі дослідив вплив взаємодії плазмової та молекулярної підсистем на електромагнітні флуктуації в таких системах. А.Г. Загородньому належить також розробка теорії гальмівного випромінювання у плазмово-молекулярних системах, яка послідовно враховує всі можливі процеси розсіяння за участю заряджених частинок і молекул (у тому числі з урахуванням іонізації та рекомбінації), а також розсіяння електронів і молекул на колективних флуктуаціях. За цикл робіт зі статистичної теорії плазмово-молекулярних систем А.Г. Загородньому разом зі співавторами було присуджено премію імені К.Д. Синельникова НАН України. А.Г. Загородній (разом з О.Г. Ситенком) узагальнив теорію флуктуацій у стійкій стаціонарній плазмі на випадок турбулентної плазми з дифузійно-дрейфовими рухами рідинного типу. У роботах останніх років вчений розробляє послідовну кінетичну теорію запарованої плазми.

Автор понад 200 праць, серед яких відома монографія “Статистична теорія плазмово-молекулярних систем”. Його дослідження дали можливість зробити оцінку впливу зональних течій, утворених у пристроях керованого термоядерного синтезу, на коефіцієнти дифузії у випадку насиченої турбулентності.

Вчений займається педагогічною роботою (професор Київського національного університету імені Тараса Шевченка), керує дослідженнями аспірантів, головний редактор “Українського фізичного журналу”, член редколегій “Вісника НАН України”, міжнародного журналу “Condensed Matter Physics”.

Проаналізувавши лише незначну частину робіт, ми можемо зробити висновок про значний внесок українських вчених у становлення квантової фізики. Дослідження В. Міхельсона із визначення функції Кірхгофа послугували основою для робіт В. Віна (закон Віна) та робіт М. Планка (остаточний вигляд функції Кірхгофа). Є. Кирилов є першовідкривачем від’ємного фотоефекту, дослідив дане явище, показавши його зв’язок із процесом утворення прихованого фотографічного зображення. О. Стасів розвинув схему Мотта-Герні, яка пояснює процес утворення прихованого фотографічного зображення (модель Стасіва-Тельтова). В. Лашкар'єв побудував загальну теорію виникнення фото-ерс у напівпровідниках та відкрив об’ємну фото-ерс. За допомогою свого приладу (про-

образу рентгенівського апарату) І. Пуллой вперше у світі зробив рентгенівський знімок. Наймовірніше, що саме “лампу Пуллой” В. Рентген використав для відкриття X-випромінювання. Пізніше М. Пильчиков удосконалив “лампу Пуллой”, застосувавши у ній увігнутий антикатод. Л. Кордиш подав теорію неперервного спектра X-випромінювання та був близький до побудови повної теорії аномального ефекту Зеємана. О. Бродський розробив загальну теорію розділення ізотопів. Д. Іваненко є автором протонно-нейтронної моделі атомного ядра. І. Залюбовському вдалося розв’язати задачу стосовно вимірювання статистичних електромагнітних моментів атомних ядер. Є. Волков очолював групу із спорудження першого в Україні теларатора “Сіріус”, де було зроблено ряд світових відкриттів із дослідження властивостей плазми. Г. Гамов побудував квантову теорію альфарозпаду, на основі якої зміг оцінити розміри ядра та дати теоретичне обґрунтування емпіричного закону Гейгера-Неттола; сформував поняття про рівні енергії у ядрі, показавши, що найефективнішими “ядерними снарядами” є протони; є автором першої послідовної теорії еволюції зірок із термоядерними джерелами енергії; розробив теорію утворення хімічних елементів шляхом послідовного нейтринного захоплення; створив модель “гарячого Всесвіту”, у рамках якої передбачив існування реліктового випромінювання. Г. Шарпаку присуджено Нобелівську премію з фізики “За відкриття й створення детекторів часток, зокрема багатодроптової пропорційної камери”. За допомогою камери Шарпака визначають точні координати часток, її загальні принципи використовують у роботі Великого адронного колайдера. Вченим із Харківського фізико-технічного інституту вперше у світі вдалося сфотографувати атом...

Життя українських фізиків склалося по різному. Обставини смерті Д. Пильчикова залишаються нез’ясованими до сих пір (самогубство чи вбивство). Одні видатні вчені, які проживали у Радянській Україні, були несправедливо засуджені (В. Лашкар'єв до 5 років, Д. Іваненко до 3 років), інші – стали вимушеними емігрантами, але душею завжди залишалися в Україні (О. Стасів, Г. Шарпак). Багатьох вчених вважають російськими (В. Міхельсон, Д. Іваненко), радянськими (Г. Гамов, Є. Кирилов), французькими (Г. Шарпак), але не українськими. Але усіх цих фізиків об’єд-

нує одне: прагнення творити усепереч усьому. Завершимо словами І. Пулюя: “Нема більшого гонору для інтелігентного чоловіка, як берегти свою і національну честь та без нагороди вірно працювати для добра свого народу, щоб забезпечити йому кращу долю”.

1. Р. Августин. *Фізика української діаспори у світовій науці* (Астон, 2002).
2. *Аксіоми для нащадків: Українські імена у світовій науці* (Каменяр, 1991).
3. *Аксіоми для нащадків: Українські імена у світовій науці* (Меморіал, 1992).
4. Б.М. Андрианов. *Нариси з історії розвитку фізики в Україні* (ВДП, 1995).
5. *Висвітлення досягнень українських фізиків у курсі фізики* (ДУЛП, 1999).
6. Головка М.В. *Використання матеріалів з історії вітчизняної науки при вивченні фізики та астрономії* (ТОВ “Міжнародна фінансова агенція”, 1998).
7. Ранюк Ю. *Лабораторія №1. Ядерна фізика в Україні* (Акта, 2006).
8. Ю.А. Храмов. *История формирования и развития физических школ на Украине* (Феникс, 1993).
9. В.А. Шендеровський. *Нехай не гасне світ науки, за ред. Е. Бабчук* (ВД “Простір”, 2009).
10. М.В. Головка. Вітчизняна фізика й астрономія в минулому тисячолітті. *Фізика та астрономія в школі* **2**, 49 (2001).
11. А.Г. Шепелев. 75 років відкриттю явища надпровідності II-го роду (фази Шубнікова). *Укр. фіз. журн.* **56**, №9, 960 (2011).
12. В.Г. Литовченко. Мої наукові контакти з В.Є. Лашкарєвим. *Укр. фіз. журн.* **59**, №8, 826 (2014).
13. М.В. Стріха. Сторіччя науки про напівпровідники: Вітоки і український внесок. *Укр. фіз. журн.* **59**, №8, 831 (2014).
14. В.А. Соколов. К истории закона чёрного излучения. (Об исследованиях В.А. Михельсона). *Успехи физических наук* **43**, Вып. 2, 275 (1951).
15. Д.І. Поліщук. *Кирилов Єлпідіфор Анемподистович*. <http://fs.onu.edu.ua/clients/client11/web11/litopol/Kirilov.pdf>
16. Енциклопедія сучасної України. http://esu.com.ua/search_articles.php?id=6349
17. О. Dovhyj. The Stasiw-Teltow's model in classical photographic theory. *Ukr. J. Phys.* **47**, No. 11, 1099 (2002).
18. О. Stasiw, J. Teltow. Zur Photochemie der Silberhalogenide mit Fremdionenzusätzen. *Ann. Physik.* **432**, 181 (1941) [DOI: 10.1002/andp.19414320303].
19. О. Stasiw, J. Teltow. *Z. wiss. Photogr.* **40**, 157 (1941).
20. О. Stasiw, J. Teltow. Über Fehlordnungerscheinungen in Silberhalogeniden mit Zusätzen. *Ann. Physik.* **1**, 261 (1947) [DOI: 10.1002/andp.19474360413].
21. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарєва НАН України. https://isp.kiev.ua/images/Page_Image/History/50_years_institute/44.pdf
22. В.П. Лінник, В.Є. Лашкарєв. Методи і фокусування рентгенівських променів. *Укр. фіз. зап.* **1**, 5 (1926).
23. В.П. Лінник, В.Є. Лашкарєв. Знаходження показника заломлення рентгенівських променів з явища цінковитого середового відбиття. *Укр. фіз. зап.* **1**, Зшиток 2, 3 (1927).
24. В.Е. Лашкарєв. Возникновение фотоэлектродвижущих сил в полупроводниках. *ЖЭТФ* **18**, № 10, 917 (1948).
25. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарєва НАН України. https://isp.kiev.ua/images/Page_Image/History/50_years_institute/279.pdf
26. Пам'яті Анатолія Петровича Горбаня (1938–2009). *Укр. фіз. журн.* **55**, №3, 356 (2010).
27. В. Лазарюк. У тіні слява власного відкриття. http://gazeta.dt.ua/SCIENCE/u_tini_slyava_vlasnogo_vidkrittya.html
28. J. Puluj. Über die entstehung der Röntgen'schen Strahlen und ihre photographische Wirkung. *Wiener Berichte* **105**, 228 (1896).
29. Сайт вчителів фізики Вінницького технічного ліцею. http://vtl.vn.ua/fiziki/fizukr/f_u_pyl.html
30. Н.Д. Пильчиков. Радий и его лучи. *Вестник опытной физики и элементарной математики* **286**, 217 (1900).
31. Н.Д. Пильчиков. Свойства лучей радия. *Вестник опытной физики и элементарной математики* **289**, 3 (1900).
32. О.П. Майдебуря. Перші радіобіологічні дослідження в Україні. Сумський історико-архівний журнал **XVIII–XIX**, 67 (2012).
33. Кафедра теоретичної фізики Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. <http://theory.phys.univ.kiev.ua/uk/content/kordysh-leon-yosurovych>
34. Л.Я. Штрум. Леон Иосифович Кордыш [Некролог]. *Успехи физических наук* **XIII**, Вып. 6, 970 (1933).
35. О.А. Шербак. Розвиток та інтерпретація квантових уявлень в Україні. *Питання історії науки і техніки* **1**, 2 (2009).
36. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського. <http://www.nbuv.gov.ua/node/2263>
37. Українці в світі. <http://www.ukrainians-world.org.ua/peoples/f9d3a671b01673e1/>
38. D. Iwanenko. The neutron hypothesis. *Nature* **129**, 798 (1932).
39. G. Gamov, D. Iwanenko. Zur wellentheorie der materie. *Zeitschrift für Physik* **39**, 865 (1926).
40. V. Ambarzumian, D. Iwanenko, Compt. Rend. Acad. Sci. **190**, 582 (1930).
41. E. Gapon, D. Iwanenko. Zur Bestimmung der isotopenzahl. *Die Naturwissenschaften* **20**, 792 (1932).
42. D. Iwanenko. Interaction of neutrons and protons. *Nature* **133**, 981 (1934) [DOI: 10.1038/133981b0].
43. D. Iwanenko, A. Sokolow. On the mathematical formalism of the theory of showers. *Phys. Rev.* **53**, 910 (1938) [DOI: 10.1103/PhysRev.53.910].

44. Кафедра ядерної та медичної фізики. <http://www-htuni.univer.kharkov.ua/ftf/pht/kaf/keyaf.htm>
45. А. Тасьшина. Життя, віддане науці. Ілля Іванович Залюбівський (15.06.1929–21.02.2013). *Укр. фіз. журн.* **58**, № 8, 800 (2013).
46. *Енциклопедія сучасної України*. http://esu.com.ua/search_articles.php?id=27660
47. Євген Дмитрович Волков (03.03.1934–16.01.2012). *Укр. фіз. журн.* **57**, № 5, 584 (2012).
48. И.М. Михайловский, Е.В. Саданов, Т.И. Мазилова, В.А. Ксенофонтов, О.А. Великодная. *Новые возможности полевой электронной микроскопии: сверхвысокое разрешение и наблюдение атомных орбиталей углеродных монокатомных цепочек*. Матеріали ІХ Міжнародної конференції “Фізичні явища в твердих тілах” (Харків, 2009).
49. Inside Science. <https://www.insidescience.org/content/first-detailed-photos-atoms/1184>
50. Г. Гамов. Очерк развития учения о строении атомного ядра. Теория радиоактивного распада. *Успехи физических наук* **X**, Вып. 4, 531 (1930).
51. G. Gamow. *Zeit. f. Phys.* **210**, 51 (1928).
52. В.А. Brown. Simple relation for alpha decay half-lives. *Phys. Rev. C* **46**, Iss. 2, 811 (1992) [DOI: 10.1103/PhysRevC.46.811].
53. G. Gamow. Half an hour of creation... *Physics Today* **3**, Iss. 8, 16 (1950) [DOI: 10.1063/1.3066969].
54. Ж. Шарпак. Спогади вигнанця, фізика, громадянина світу. Перекладено за виданням G. Charpak. *Mémoires d'un déraciné, physicien et citoyen du monde*. (Éditions Odile Jacob, 2008).
55. В. Одарченко. Жорж Шарпак – Нобелівський лауреат із Поліської Дубровиці. <http://www.radiosvoboda.org/content/article/24559081.html>
56. Геннадій Федорович Філіппов (до 80-річчя від дня народження). *Укр. фіз. журн.* **57**, № 6, 686 (2012).
57. Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова. <http://www.bitp.kiev.ua/san.htm>
58. Академія наук вищої школи України. <http://anvsu.org.ua/index.files/Biographies/Khimich.htm>
59. До 75-річчя доктора фізико-математичних наук, професора Ужгородського національного університету Івана Васильовича Хіміча. *Укр. фіз. журн.* **55**, № 6, 747 (2010).
60. 60-річчя академіка НАН України А.Г. Загороднього. *Вісник Національної академії наук України* **1**, 59 (2011).

Одержано 23.05.16

I. V. Korsun

CONTRIBUTION OF UKRAINIAN SCIENTISTS TO THE DEVELOPMENT OF QUANTUM PHYSICS

S u m m a r y

The contribution of Ukrainian scientists to the development of quantum physics has been analyzed, and a classification in accordance with corresponding branches has been made. The importance of researches in this physical domain is demonstrated. The priority of Ukrainian scientists in a number of scientific issues in the world science is shown. Attention is paid not only to the scientific activity of physicists, but also to their pedagogical and educational works. The importance of current researches carried out by Ukrainian scientists is demonstrated.