

-
4. *Жизненный и творческий путь Г.Е.Пухова* // Георгий Евгеньевич Пухов: Биобиблиография ученых Украины. — Киев: Наук. думка, 1986. — С. 1—14.
 5. *Документи* про обрання Г.Є.Пухова академіком АН УРСР. — Архів кімнати-музею Г.Є.Пухова Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України, ф. 1-ОС, оп. 1, спр. 258, арк. 94—95.
 6. *Список* кандидатов технических наук, защитивших кандидатские диссертации под руководством Г.Е.Пухова с 1952 г. — Там же, спр. 254, арк. 4—15.
 7. *Выписка* из протокола № 12 от 30.06.1959 г. заседания ученого совета ВЦ АН УССР. — Там же, спр. 253, арк. 2—3.
 8. *Отзыв* В.М.Глушкова, члена-корреспондента АН УССР, на монографию Г.Е.Пухова “Электрическое моделирование стержневых и тонкостенных конструкций” от 14.06.1959 г. — Там же, арк. 1.
 9. *В ВЦ АН УССР* в связи с выдвижением Г.Е.Пухова в члены-корреспонденты АН УССР. 25.02.1961 г. — Там же, спр. 254, арк. 17—18.
 10. *Документи* про обрання Г.Є.Пухова академіком АН УРСР. — Там же, спр. № 22-51/ 2506, арк. 99—101.
 11. *В ВЦ АН УССР* в связи с выдвижением Г.Е.Пухова в члены-корреспонденты АН УССР. 25.02.1961 г. — Там же, спр. 254, арк. 24.
 12. *Малиновский Б.Н.* Нет ничего дороже ... — Киев: ЧП “Горобец”, 2005. — 334 с.

*А. С. Литвинко,
ст.наук.співроб., канд.фіз.-мат.наук*

Дослідження кінетичних та релаксаційних явищ у конденсованих середовищах в наукових інститутах України як важливий етап становлення та розвитку статистичної фізики

В установах Національної академії наук України, зокрема в Інституті фізики, Інституті напівпровідників, Інституті металофізики, Інституті проблем матеріалознавства, Харківському фізико-технічному інституті, Інституті радіофізики і електроніки, проводились численні дослідження властивостей конденсованого стану речовини, принципово значущих для становлення і розвитку статистичної фізики в Україні.

Важливі теоретичні дослідження в галузі кінетики електронів та фазових переходів проводились у теоретичних відділах Інституту фізики та Інституту напівпровідників НАН України [1,2]. Теоретичний відділ Інституту фізики було створено професором Л.І.Кордишем, з 1944 р. ним керував академік НАН України С.І.Пекар. У

1960 р. відділ майже у повному складі було переведено в Інститут напівпровідників, де на його базі створено відділи теоретичної фізики (завідувач— С.І.Пекар) та теорії напівпровідників (завідувач — Е.І.Рашба), об'єднані у 1983 р. Знову відділ теоретичної фізики в Інституті фізики було організовано у 1964 р. під керівництвом академіка НАН України О.С.Давидова.

Одним з найбільш глибоких досягнень даних відділів за час керівництва С.І.Пекара стало створення ним з учнями у 1945—1952 рр. теорії поляронів та F-центрів у кубічних кристалах при сильному електрон-фононному зв'язку, яка суттєво змінила поняття про носії заряду в кристалах з іонною решіткою та знайшла застосування у фізичній хімії та ядерній фізиці. Після організації Інституту напівпровідни-

ків теорія поляронів була узагальнена на випадок проміжного та слабого електрон-фононного зв'язку, а також у застосуванні до багатодолинної структури зони провідності. Було з'ясовано специфіку поведінки рухомого полярону та п'єзополарону (С.І.Пекар, В.М.Буймистров, Г.В.Вихнина, Е.В.Моздор, Л.С.Хазан, В.І.Шека).

На час керівництва теоретичним відділом Інституту фізики академіком НАН України О.С.Давидовим припадає формулювання ним такого фундаментального результату, як теорія екситонів в молекулярних кристалах та передбачення існування додаткових світлових хвиль. О.С.Давидов показав, що у спектрах молекулярних кристалів повинні з'являтися специфічні колективні взаємодії, пов'язані з виникненням екситонів, здатних мігрувати по кристалу. З теорії випливало, що у спектрах поглинання повинні спостерігатись мультиплети смуг, причому число смуг дорівнюватиме числу молекул в елементарній комірці кристалу ("давидовське розщеплення"). Такі мультиплети вперше експериментально спостерігались академіком НАН України А.Ф.Прихотько. Свої дослідження О.С.Давидов продовжував у створеному у 1966 р. Інституті теоретичної фізики, де він очолював відділ теорії ядра, а з 1973 по 1988 р. був директором інституту та створив наукову школу.

В Інституті фізики спільно з Інститутом напівпровідників у 1966—1976 рр. вивчались також явища переносу у напівпровідниках, що знаходяться в сильних електричних та магнітних полях. Було розвинуто теорію переносу та колективних процесів у нерівноважній (розігрітій полем) плазмі напівпровідників зі складним зако-

ном дисперсії енергії носіїв току, запропоновано методи розрахунку кінетичних коефіцієнтів, які враховують специфіку зонної структури та деталі механізмів розсіяння (І.М.Дикман, П.М.Томчук); розглянуто кінетичні коефіцієнти у класичних (з періодом порядку довжин релаксації) надрешітках, зокрема у надрешітці, утвореній стоячою лазерною хвилею, та резонансні ефекти електромагнітних хвиль, період яких близький до періоду надрешітки; з'ясовано, що слабе постійне електричне чи магнітне поле суттєво змінює оптичні властивості надрешітки у резонансних умовах (І.М.Дикман, П.М.Томчук).

Для напівпровідників зі складним зонним спектром було передбачено новий механізм розсіяння хвиль флуктуаціями у зовнішньому електричному полі (П.М.Томчук, В.А.Шендеровський); побудовано теорію флуктуації у термодинамічно нерівноважній напівпровідниковій плазмі як у квантуючих магнітних полях, так і у квантуючих електричних полях (вузькозонні напівпровідники), а також з урахуванням нерівноважності фононної підсистеми (П.М.Томчук, А.А.Чумак, А.А.Тарасенко, С.С.Рожков, 1973—1977); розроблено теорію динамічної взаємодії двох когерентних світлових пучків у нелінійному оборотному середовищі; запропоновано способи одержання ефективної перекачки енергії між пучками, відкрито ефект нестационарної перекачки енергії (В.Л.Винецький, Н.В.Кухтарев, 1970—1977); побудовано кінетичну теорію лазерної генерації у спектрально-неоднорідних твердих конденсованих середовищах; досліджено провідність у невпорядкованих напівпровідниках та властивості метаоксид-

них надпровідних матеріалів; вивчено перенос електронів та електронних збуджень в конденсованих середовищах за участю віртуальних зонних станів (В.С.Машкевич, Л.П.Годенко, Є.А.Шадчин, Л.В.Щедрина, 1972—1977) [3,4].

В Інституті напівпровідників також розвинуто теорію фазових переходів у кристалах з деформаційною електрон-фононою взаємодією (А.В.Кочелап, В.Н.Писковий, В.І.Пипа, В.Н.Соколов). Це дозволило послідовно квантувати поле та обчислити ймовірності багатотонних процесів, за яких поглинаються та народжуються фотони (С.І.Пекар, Г.В.Вихнина). Були також розраховані ймовірності оже-процесів захвату носіїв заряду у зв'язаний стан з передачею енергії, яка виділяється, іншому носію (К.Б.Толпиго, Є.І.Толпиго, М.К.Шейкман).

В інституті розвинуто теорію взаємодії вільних носіїв заряду у напівпровіднику з інтенсивним лазерним випромінюванням (Д.І.Абакаров, В.М.Буймистров, В.П.Олейник) та записано квантове кінетичне рівняння для електронів у полі лазерного випромінювання (Ф.Т.Васько, В.І.Мельников). Цікаві результати одержані також при розгляді оптичних явищ у напівпровідниках. Спільно з Інститутом металофізики було описано динаміку та спектри поглинання світла домішковими коливаннями у широкому діапазоні параметрів (М.І.Дикман, М.О.Кривоглаз), в результаті аналізу нерівноважних систем обчислено ймовірності флуктуаційних переходів між ними (М.О.Кривоглаз, М.І.Дикман).

Специфіка релаксації вироджених за частотами систем приводить також до нових нелінійних оптичних ефектів.

Найбільш яскравий з них — самоіндукований поворот площини поляризації резонансного випромінювання, передбачений для різних типів домішок у кубічних кристалах (М.І.Дикман, Г.Г.Тарасов), пізніше експериментально відкритий в інституті.

На шляху розвитку теорії оптичних явищ в одномірно неоднорідних середовищах (оптичні резонатори та хвилепроводи) одержано зв'язок між ймовірностями фотопереходу центру, що випромінює в неоднорідному та однорідному середовищах. Це дозволило трансформувати спектр теплового випромінювання у зону найбільшої сприйнятливості ока (В.С.Пекар).

У циклі досліджень, які стосуються кінетичних явищ в електронно-дірковій плазмі, було побудовано феноменологічну теорію переносу в біполярних напівпровідниках та встановлено сильний вплив малих просторових неоднорідностей і слабкого розігріву на біполярний дрейф. Передбачено польовий інжекційний ефект, побудовано теорії магнітодіодного ефекту, інжекційного шнура, термодрейфових ефектів та взаємного захоплення електронів і дірок (З.С.Грибников, А.А.Акопян, Р.Н.Литовський, В.І.Мельников, Ю.С.Мельникова). Розроблялась також нелінійна теорія електромагнітних хвиль у біполярних напівпровідниках (В.Л.Борблик), побудовано теорію пінч-ефекту у напівпровідниках, показано можливість відриву плазми від межі кристалу при сильному виродженні носіїв (І.І.Бойко). У теоретичному відділі також розвинуто теорію кінетики електронів провідності у приповерхневих шарах напівпровідників (Ю.І.Горкун).

Важливі теоретичні результати, значущі для розвитку статистичної фі-

зики, були одержані при розгляді фазових переходів у металах в Інституті металофізики НАН України, перш за все у відділах дифузії, фазових перетворень та теоретичному відділі [5,6].

Перші дослідження з фізики металів були проведені в організованому у 1928 р. Українському фізико-технічному інституті у Харкові; потім з 1931 р. в його Дніпропетровській філії, на базі якої у 1932 р. було створено Дніпропетровський фізико-технічний інститут (ДФТІ); з 1946 — в Лабораторії металофізики НАН України, яка стала базою створення у 1955 р. Інституту металофізики НАН України [7—9].

В організації Дніпропетровського фізико-технічного інституту значною була роль завідувача кафедри фізики Дніпропетровського гірничого інституту, професора Дніпропетровського університету та керівника відділу фізичних вимірів Українського науково-дослідного інституту фізичної хімії А.Е.Малиновського. На жаль, його доля склалась трагічно, він був репресований та страчений у 1937 році [10].

А.Е.Малиновський організував у Дніпропетровському університеті, який певний час мав назву Дніпропетровський інститут народної освіти (ДІНО), семінар підвищеного типу з фізики, а також створив у Фізико-хіміко-математичному інституті (виділився з ДІНО у 1930 р.) групу, яка працювала над питаннями електронної теорії металів та фізики горіння та вибухів. У цю групу входив, зокрема, один з перших аспірантів А.Е.Малиновського В.І.Данилов, який одразу почав розробляти новий напрям — дослідження рідкого стану речовини, властивостей сплавів при плавленні та кристалізації; розсіювання рентгенівських променів у розчинах [10]. Таким чином,

В.І.Данилов стояв біля витоків фізики рідкого стану в Україні та в подальшому створив велику наукову школу в цій галузі. Його праці щодо дослідження будови та процесів кристалізації рідин склали важливий для уявлень про конденсований стан речовини напрям [11—14].

Формування наукової школи Данилова почалося у 30-х роках ХХ ст. у Дніпропетровському університеті та Дніпропетровському фізико-технічному інституті, а продовжилося у Києві в Інституті металофізики НАН України. Відділи кристалізації в зазначених установах стали тими центрами, які згуртували навколо В.І.Данилова талановиту молодь і слугували основою для формування його наукової школи.

У працях В.І.Данилова було встановлено ряд важливих закономірностей, пов'язаних з характерним розподілом атомів у рідких металах і сплавах, а також з переходом речовини з рідкого стану в твердий. Зокрема, було показано, що різні рідкі метали мають різну упаковку атомів, а одноатомні рідини можуть мати різну структуру, яка значно відрізняється від щільної упаковки, причому в багатьох випадках є близькою до координації атомів у кристалі. Тим самим було спростовано тенденцію, яка намітилася після модельних дослідів П.Дебая та Х.Менке (1931), приписувати рідким металам та взагалі одноатомним рідинам структуру щільно упакованих куль. Було також з'ясовано важливий факт, що кристалізація визначається спонтанним зародженням центрів кристалізації, а домішки є другорядним фактором. Ці роботи значно розширили статистичну теорію кристалізації та відкрили нові можливості впливу на структуру литого металу шляхом введення домі-

шок. Так, було встановлено, що частинки домішок у рідині можуть бути в активному й неактивному станах; виявлено і детально вивчено явище активації; запропоновано гіпотезу про механізм активації (В.І.Данилов, О.Д.Козачковський); показано, що процес активації твердих поверхонь може відбуватися тільки в контакті із закристилізованою рідиною; з'ясовано, що дезактивація відбувається лише при перегріві рідини [15]. Зокрема, В.І.Даниловим та В.Є.Неймарком у 1933—1935 рр. було показано, що рідка ртуть має структуру, яка відрізняється від щільної упаковки, і взаємне розташування атомів в ній наближається до стану, котрий спостерігається у твердій фазі [16]. Спільно з Б.М.Тевєровським було розроблено теорію переохолодженої рідкої фази, в якій були використані введені Я.І.Френкелем уявлення про гетерофазні флуктуації. На основі численних досліджень всі речовини були систематизовані за характером залежності швидкості зародження в них центрів кристалізації від переохолодження (В.І.Данилов, В.Є.Неймарк, Є.Є.Плужник, Б.М.Тевєровський, М.А.Левашевич, О.Д.Козачковський). Уявлення про межу метастабільності переохолодженої рідини як характеристики, яка піддається експериментальному визначенню, було запропоновано В.І.Даниловим та Б.М.Тевєровським.

Вивчення кристалізації чистих рідин дозволило перевірити справедливність флуктуаційної теорії зародження центрів кристалізації, а також обчислити можливі фізичні константи (поверхневий натяг на межі зародок—рідина, енергію активації), які характеризують кінетику кристалізації конкретних речовин. У 1948—1958 рр. в Інституті металофізики було також про-

ведено ряд досліджень (В.І.Данилов, Д.Є.Овсієнко, А.Г.Лісник) щодо встановлення закономірностей кристалізації на так званих „ізоморфних” домішках та з'ясування природи їх впливу.

Таким чином, в роботах В.І.Данилова та його учнів (Є.Є.Плужник, В.Є.Неймарк, І.В.Радченко, М.М.Подосинников, М.А.Левашевич, І.З.Олифиренко, Б.М.Тевєровський) у 30-ті роки було з'ясовано фізичну сутність явища зародження центрів кристалізації та впливу на цей процес різних зовнішніх факторів. Ці роботи наповнили фізичним змістом статистичну теорію кристалізації, стали фундаментальним внеском у фізику рідкого стану і сприяли створенню її теорії. Вони застосовувались, зокрема, в металургії для вивчення формування графітової структури у вугіллі та коксах.

Дослідження В.І.Данилова успішно розроблялись в подальші роки його учнями в Інституті металофізики НАН України (О.С.Лошко, Д.Є.Овсієнко, А.В.Романова), Інституті фізики металів та металознавства (Москва), в який було у 1944 р. реформовано Дніпропетровський фізико-технічний інститут (О.М.Зубко, Д.С.Каменецька, В.Є.Неймарк), Дніпропетровському металургічному інституті (І.В.Радченко), Київському університеті (О.З.Голик, А.Ф.Скришевський). Наукову школу В.І.Данилова складають член-кореспондент НАН України А.Г.Лісник, доктори наук І.В.Радченко, О.З.Голик, О.М.Зубко, О.Д.Козачковський, М.В.Мохов, М.Л.Левашевич, Б.М.Тевєровський, В.Є.Неймарк, Я.І.Дутчак, Д.С.Каменецька, О.С.Лошко, Д.Є.Овсієнко, А.В.Романова, А.Ф.Скришевський, Є.Є.Плужник, Е.З.Спектор. Сьогодні напрямком В.І.Данилова продовжує

розвиватись. Так, в Інституті металофізики створено фізичну модель гомогенного зародкоутворення при формуванні литих структур, з'ясовано особливості кінетики і механізмів зародження центрів кристалізації та структуроутворення багатокомпонентних металевих розплавів; встановлено вплив на особливості кристалізації і структуроутворення глибокого переохолодження, структурних неоднорідностей, розчинних і нерозчинних включень, характеру фронту кристалізації, умов невагомості; вивчаються процеси релаксації в аморфних сплавах і ведеться розробка нових матеріалів і виробів з унікальними фізичними властивостями.

Формування високого рівня роботи в галузі теоретичної фізики у Дніпропетровську було пов'язано з приїздом у 1928 р. до Дніпропетровська Б.М.Фінкельштейна. Він обіймав посаду професора Дніпропетровського інституту народної освіти (університету), з 1930 р. працював у Фізико-хіміко-математичному інституті, що виділився з ДІНО. У фізичній лабораторії Дніпропетровського гірничого інституту він очолив теоретичні пошуки, які стосувались головним чином з'ясування властивостей розчинів, хімічних властивостей атомів та молекул, статистичної механіки та термодинаміки. Зокрема, ним проводились розрахунки спорідненості галоїдних розчинів до водню і розроблялась теорія галоїдних розчинів. Подальші наукові роботи Б.М.Фінкельштейна стосувались фізики діелектриків, теорії електролітів, фізичного металознавства, методів досліджень у твердих тілах.

Організаторська діяльність Б.М.Фінкельштейна (разом з А.Е.Малиновським) втілювалася у створення

кафедри теоретичної фізики в Дніпропетровському університеті, а також Дніпропетровської філії Всеукраїнського фізико-технічного інституту, з 1932 р. —самостійного Дніпропетровського фізико-технічного інституту, директором якого він був та керував теоретичною групою у 1931—1937 рр. В університеті Б.М.Фінкельштейн читав лекції з теоретичної фізики, класичної електродинаміки та статистики. Навколо нього згуртувалось ядро теоретиків, до складу якого увійшли М.Юхвець, О.С.Компанієць, О.З.Голик, М.В.Беліков, М.М.Чурсін, А.С.Джидарян, Я.Д.Солок.

Наприкінці 1944 р. група вчених ДФТІ була переведена до Києва, де було організовано відділ металофізики Інституту чорної металургії АН УРСР. Очолив цей відділ академік НАН України Г.В.Курдюмов, який до війни з 1932 р. керував рентгенівською лабораторією Дніпропетровської філії УФТІ, а потім—відділом рентгенометалографії новоствореного ДФТІ. 15 листопада 1945 р. на базі відділу металофізики Інституту чорної металургії було створено Лабораторію металофізики АН УРСР, куди увійшли вчені лабораторії фазових перетворень у металах та сплавах та лабораторії кристалізації металів та сплавів довоєнного ДФТІ, а також відділу дифузії Інституту фізики АН УРСР. Лабораторія металофізики розпочала свою діяльність з 1 січня 1946 р. У 1953 р. до її складу було введено відділ металознавства та лабораторію рентгеноспектрального аналізу Інституту чорної металургії. 1 березня 1955 р. лабораторія металофізики була перетворена в Інститут металофізики НАН України, який очолив Г.В.Курдюмов.

Одним з головних напрямів праць відділу фазових перетворень були

дослідження механізму й кінетики фазових перетворень при гартуванні й відпуску сплавів, насамперед фазового переходу мартенситу в аутенсит. Встановлення вченими відділу структури мартенситу і з'ясування характеру його орієнтації у відношенні до вихідної аутенситної фази дали уявлення про бездифузійний характер мартенситного перетворення в сталях. Були також виявлені та детально досліджені бездифузійні фазові перетворення в сплавах кольорових металів. Керуючи процесами розпаду твердого розчину, стало можливим отримувати набір проміжних станів з тими чи іншими заданими властивостями. Одним з важливих підсумків досліджень цього напрямку є встановлення зворотності мартенситних перетворень, що дало можливість розглядати такі перетворення, як фазові перетворення в однокомпонентних системах (Г.В.Курдюмов, В.Н.Гриднев, Е.З.Камінський, Т.І.Стеллецька, І.В.Ісайчев) [17,18]. Дослідження перетворень у сплавах, проведені Г.В.Курдюмовим та Л.Г.Хандросом у 1948 р., підтвердили ці припущення про існування „пружного” росту кристалів мартенситної фази, тобто було відкрито явище термпружної рівноваги при мартенситних перетвореннях (ефект Курдюмова).

Поряд з дослідженнями природи механізму кінетики мартенситних перетворень широко вивчалися також процеси відпускання загартованої сталі. Так, було показано (Г.В.Курдюмов, Л.І.Лисак), що розпад мартенситу проходить у дві стадії, які відрізняються механізмом та кінетикою протікання. Вивчався вплив легуючих елементів на механізм і кінетику розпаду мартенситу при відпусканні

загартованої сталі (Г.В.Курдюмов, Л.І.Лисак, Г.Я.Козирський). Важливі дослідження на монокристалічних зразках (Г.В.Курдюмов, І.В.Ісайчев, М.П.Арбузов) були проведені з метою вивчення процесів карбидоутворення при відпусканні загартованої сталі.

Праці Г.В.Курдюмова, його співробітників та учнів в області гартування і відпускання сталі заклали основу наукового обґрунтування процесів термічної обробки сталі. Ці роботи стали базою вивчення питань фізичної природи жароміцності сплавів, створення нових типів конструкційних перетворень та сплавів з “пам'яттю форми” [19,20].

Один з учнів В.І.Данилова член-кореспондент НАН України А.Г.Лесник продовжував роботу в Інституті металофізики НАН України, де з 1955 по 1987 р. керував відділом фізики плівок [21]. Наукові праці вченого присвячені побудові статистичної теорії сплавів та фізиці магнітних явищ. Він розробив статистичну теорію фазових перетворень у бінарних сплавах, теорію розпаду твердих розчинів, теорію магнітної анізотропії та статистичну теорію магнітної сприйнятливості реальних плівок. Даний підхід було застосовано А.Г.Лесником при дослідженнях магнітних плівок. Він дозволив дати статистичне тлумачення магнітних властивостей та впливу неоднорідностей наведеної магнітної анізотропії на феромагнітний резонанс [22,23]. Ці результати були використані при розробці промислової технології виготовлення матриць пам'яті на тонких плівках.

Ще один важливий науковий напрям було започатковано в організованому у 1946 р. відділі дифузії Лабораторії металофізики під керівництвом професора С.Д.Герцпрікена, який зай-

мався дифузією металів, виникненням та рухливістю дефектів. З іменем С.Д.Герцрікена пов'язаний початок фізики металів у Києві з 1930 р. у відділі рентгенівських променів Інституту фізики (пізніше називався відділом дифузії, потім — металофізики), який він очолював. Основним напрямом роботи керованого С.Д.Герцрікеном відділу дифузії Інституту металофізики було вивчення факторів, що впливають на процеси дифузії. Так, визначальними факторами для двокомпонентних сплавів виявились енергії та ентропії активації, для деяких металів і сплавів докладно досліджено питання про кількість вакансій, енергію їх утворення та руху, визначення розподілу дислокацій, їх густини та енергії руху в деформованих і термічно оброблених зразках [24—28].

У відділі розроблено спосіб визначення абсолютного значення коефіцієнта граничної дифузії за методами кінцевої задачі (С.Д.Герцрікен), який дає можливість оцінити ширину границі між зернами. Дослідження граничної дифузії і визначення ширини границі дали можливість з'ясувати роль домішок, що концентруються на границях (горофільні) й, навпаки, відходять з границь в глибину зерна (горофобні).

У відділі під керівництвом С.Д.Герцрікена розроблено метод дослідження дифузії в суміші двох фаз, проведено дослідження впливу осьових напружень та домішок (І.Я.Дехтяр) на параметри дифузії. Ряд досліджень присвячено вивченню характеру міжатомної взаємодії в сплавах на основі металів групи заліза (І.Я.Дехтяр), а також теоретичним питанням повзучості й міцності металів при високих температурах. Встановлено, що зростання твер-

дості металів в результаті пластичної деформації пов'язано зі збільшенням дислокацій, яке вимірюється за зміною об'єму при відпалі деформованих металів (С.Д.Герцрікен, Н.Н.Новиков).

Започаткована С.Д.Герцрікеном тематика розробляється його учнями і послідовниками (професори Л.Н.Лариков, В.М. Фальченко) у таких напрямках, як класичні дослідження гратницевої (об'ємної) дифузії; дослідження параметрів дифузії на стаціонарних та рухомих границях зерен; вивчення параметрів поверхневої дифузії; дослідження аномального масоперенесення за нестационарних умов; дослідження параметрів дифузії у металевих сплавах з нетрадиційними (квазі-, нанокристалевою тощо) структурами.

Слід зазначити, що у 1953 р. з Інституту чорної металургії НАН України в Лабораторію металофізики було переведено відділ металознавства, очолюваний академіком НАН України В.М.Свечніковим. Основним напрямом праці відділу були дослідження фазових рівноваг дво- і трикомпонентних металевих систем з метою відшукування композицій, придатних для високотемпературної експлуатації. З робіт В.М.Свечнікова теоретичного характеру у першу чергу треба відмітити роботи із систематики даних щодо впливу легуючих елементів на поліморфізм заліза, а також працю В.М.Свечнікова і А.Г.Лісника „До теорії поліморфізму заліза” 1956 р.

Надзвичайно важливими для розвитку методів статистичної фізики стали роботи теоретичного відділу Інституту металофізики, який було створено у 1950 р. Від дня заснування та до 1987 р. відділом керував академік НАН України А.А.Смирнов. Великий

цикл його наукових праць стосується фазових переходів у недосконалих металічних кристалах. Ним розвинуто теорії руху електрона в кристалічній решітці та електронного енергетичного спектру сплавів, що впорядковуються (1947), квантову теорію електроопору металів і сплавів, статистичну теорію впорядкування і дифузії в металах і сплавах, зокрема в сплавах впровадження. А.А.Смирнов передбачив ефект впливу впорядкування сплавів на дифузію та електронний спектр, зокрема встановив принципову можливість при впорядкуванні одержати перехід між металічним та неметалічним типами твердих тіл (1954). Він побудував теорії розпаду сплавів, які містять домішки на вузлах і міжвузлях кристалічної ґратки (1955), фазових переходів "порядок — безпорядок" у сплавах з кількома надструктурами і при високих тисках (1974), спільно з Вонсовським розвинув теорію розсіяння повільних нейтронів в упорядкованих сплавах, в'язкості та дифузії в рідких і аморфних металах, запропонував новий метод дослідження форми поверхні Фермі в металах і сплавах (1959), дав теорію розсіяння світла полем електричних зарядів, при цьому вперше одержав спостережуваний ефект розсіяння гамма-променів на атомних ядрах.

Суттєвого розвитку в роботах А.А.Смирнова та його учнів набула статистична теорія впорядкування. Зокрема, було передбачено можливість фазового переходу з утворенням впорядкованого розташування проникних атомів у міжвузлях кристалічної решітки. Пізніше ці ідеї одержали подальший розвиток у зв'язку з явищем "плавлення в

підрешітці". Учнями А.А.Смирнова також вперше проведений статистико-термодинамічний аналіз, на основі якого встановлено всі можливі типи термодинамічно стійких надструктур впровадження на основі щільноупакованих металів (В.Н.Бугаєв, В.А.Татаренко, Р.В.Чепульський).

Велику увагу А.А.Смирнов та М.О.Кривоглаз приділили розвитку молекулярно-кінетичної та термодинамічної теорії металів та сплавів. Вони побудували теорію діркоутворення і дифузії проникних атомів у сплавах, що впорядковуються, а також теорію самодифузії за допомогою уявлень про дірковий механізм у бінарних і потрійних неупорядкованих сплавах [29]. М.О.Кривоглаз також передбачив ефект пригнічення критичних флуктуацій при наявності дальнюдіючих сил, запровадив поняття про флуктуони та розробив їх теорію.

А.А.Смирновим була також розроблена теорія дифузії та термодифузії у сплавах впровадження при великих концентраціях введених атомів та по міжвузлях різного типу решітки металу, а також теорія фазових перетворень зі зміною порядку в системі введених атомів, які знаходяться в нееквівалентних положеннях в решітці. Він також вперше побудував послідовну молекулярно-кінетичну теорію сплавів віднімання, розвинув теорію дифузійних процесів у плівках окислів на металах та сплавах, яка привела до пояснення механізму захисної дії таких плівок при їх окисленні. Учнями А.А.Смирнова була розвинута строга статистична теорія високоенергетичних квазічастинок в багатокомпонентних неупорядкованих системах, сплавах, що впорядковуються, та кристалах з дефектами різного типу. На її основі передбачено

та вперше теоретично описано нові фундаментальні фізичні явища: явище екстинкції внаслідок розсіяння на викривленнях, а також порушення в монокристалах відомого з кінематичної теорії розсіяння закону збереження повної інтегральної відображальної здатності, яка виявилася дуже інформативною величиною, а також передбачені ефекти аномального проходження та екстинкції для некогерентної складової хвильового поля квазічастинок, які знайшли широке застосування (В.Б.Молодкін, М.Є.Осиновський, С.І.Олиховський).

Розвивалася також теорія фазових перетворень. Було проведено дослідження впливу домішки третього елемента на розпад сплавів і з'ясовані деякі особливості фазових переходів другого роду (А.А.Смирнов, В.В.Гейченко), побудовано теорію, в якій враховано взаємний вплив двох кооперативних явищ — спінового впорядкування в антиферомагнітних тілах та атомного впорядкування. Велике число досліджень теоретичного відділу було присвячено побудові теорії електроопору сплавів, які мають різні дефекти кристалічної будови (А.А.Смирнов, М.О.Кривоглаз, З.А.Матисіна та А.І. Носарь). Проводились також дослідження з теорії розсіяння рентгенівських променів та повільних нейтронів. У роботах В.В.Гейченко, В.М.Даниленко, М.О.Кривоглаза, З.Я.Матисіної, Д.Р. Риздвянецького, А.А.Смирнова було розвинуто статистичну кінематичну теорію розсіяння різного типу хвиль та теплових нейтронів сплавами, яка дає можливість визначити характер мікронеоднорідностей складу, що впливають на практично важливі властивості сплавів.

Використовуючи метод флуктуа-

ційних хвиль, М.О.Кривоглаз та К.П.Рябошапка розглянули розсіяння рентгенівських променів на статичних викривленнях та критичне розсіяння; запропонували класифікацію дефектів за створюваними ними рентгенографічними ефектами; дослідили розсіяння на дислокаціях.

М.О.Кривоглаз та А.А.Смирнов розробили також новий метод дослідження форми поверхні Фермі в металах та сплавах, заснований на вивченні кутового розподілу n -квантів, які утворюються при анігіляції позитронів з електронами провідності в монокристалічних зразках. Перевагою цього методу було те, що він не вимагав, на відміну від інших загальновідомих методів, застосування магнітних полів та низьких температур [30—33].

Нині Інститут металофізики НАН України продовжує фундаментальні дослідження на молекулярному та електронному рівнях природи структурних змін та фазових перетворень, які виникають в металічних матеріалах та сплавах в особливих умовах (низькі та високі температури, високий тиск та вакуум, невагомість, космічна радіація) та станах (плівки, поверхневі шари, аморфні стрічки, нано- та квізікристали, надпровідники, високодисперсні матеріали та наноструктури), під дією різних факторів (радіаційне та ультразвукове опромінення, ударні навантаження, циклічні механічні та теплові впливи, агресивні середовища, швидкісні нагріву) та встановлення їх зв'язку зі спостережуваними фізичними властивостями.

Важливі теоретичні роботи, що складають наукову базу створення нових матеріалів та розробки технологій їх виробництва, проводяться в Інституті матеріалознавства НАН Ук-

раїни, організованому в 1955 р. [34]. Тут, зокрема, досліджуються структурно-фазові перетворення та фазові рівноваги в металічних та неметалічних системах, вивчається термодинаміка розплавів та фізика поверхневих явищ (В.Н.Еременко, Ю.В.Найдич). Так, протягом багатьох років тут ведуться роботи по вивченню гетерогенних рівноваг у багатокомпонентних системах, утворених тугоплавкими, металічними та неметалічними компонентами.

З моменту організації у 1928 р. Харківського фізико-технічного інституту і донині чільне місце в його тематиці займають дослідження твердого тіла та конденсованого стану речовини, які стосуються фізики низьких температур, електронних властивостей металів, фізики міцності та пластичності. У 1928 р. були створені лабораторія кристалів, заснована І.В.Обреїмовим, та кріогенна лабораторія, очолена Л.В.Шубніковим. Як зазначав тогочасний директор ХФТІ академік НАН України О.І.Лейпунський, у 1932—1933 рр. одними з основних напрямів, які оформились в інституті (тоді УФТІ), стали низькі температури, тобто вивчення надпровідності, аномалій теплоємності, магнітних властивостей і пов'язане з усіма цими проблемами загальною технікою вивчення питань розділення газів при низьких температурах; фізика кристалів, зокрема питання пластичної деформації, дифузії в сплавах; теоретична фізика [35]. За роки роботи інституту в галузі низьких температур виконано ряд робіт, які значною мірою лягли в основу створення сучасних уявлень про надпровідність, електронні властивості металів, магнетизм, властивості кристалічної ґратки, рідкого гелію, водню та їх ізотопів, низькотемпературної ад-

сорбції.

Таким чином, одним з напрямів фізичної науки, де знайшли застосування основні положення та принципи статистичної фізики, стало вивчення основ міцності та пластичності металів і сплавів, які перебувають у різному стані та зазнають різної механічної, термічної та фізико-хімічної обробки. В Україні в цій галузі було виконано велику кількість робіт, метою яких стало встановлення закономірностей, що ведуть до створення сплавів з наперед заданими властивостями. Це важливо, зокрема, для побудови реактивних двигунів, газових турбін, ядерних реакторів.

Так, лабораторія кристалів інституту, якою керував І.В.Обреїмов, займалась вивченням пластичної деформації. Було показано, що зсуви в кристалах, які було досліджено, відсутні, існує явище двійникування. Інша група робіт цієї лабораторії пов'язана з іменами В.С.Горського та І.В.Обреїмова. Це роботи по вивченню дифузії в сплавах, які йшли паралельно з дослідженнями Бреґга в Манчестері. Цікавою є робота В.С.Горського про пружну взаємодію, яка впливає з розробленої ним теорії дифузії. У 1928 р. І.В.Обреїмов показав, що умови руйнування кристалів треба характеризувати не напруженнями, а роботою відділення однієї частини кристалу від іншої. Розвиток цих досліджень в Українському фізико-технічному інституті у Харкові, де працював Обреїмов з 1929 по 1938 рр. (у 1929—1932 рр. — директор), допоміг з'ясувати особливості основних механізмів пластичної деформації — процесів двійникування та утворення смуг ковзання. Розглянуті роботи І.В.Обреїмова заклали основу нового

теоретичного напрямку в галузі фізики твердого тіла та статистичної фізики — теорії кінетики дислокацій.

Виходячи з уявлень, розвинутих Я.Френкелем щодо дифузії і теорії в'язкої течії твердих тіл, Б.Я.Пінес докладно вивчив явище повзучості. Встановлено, що в умовах повзучості уповільнюються процеси спікання, гетеродифузії завдяки тому, що скоріше виділяються надлишкові вакансії, котрі беруть участь у здійсненні процесу дифузії.

У 60-ті роки ХХ ст. в інституті О.І.Ахієзером, В.Г.Бар'яхтаром та С.В.Пелетминським на основі розвинутого О.І.Ахієзером у 1946 р. уявлення про магнони як спінові хвилі, які взаємодіють, вперше були виконані дослідження магнітопружних хвиль у феромагнетиках та антиферомагнетиках, побудована квантова теорія кінетичних, релаксаційних та високочастотних процесів у феродіелектриках (1959) і теорія зв'язаних магнітоакустичних хвиль [36, 37], а також у 1956 р. передбачено нове явище — магнітоакустичний резонанс [38]. Розроблено теорію магнітоакустичного резонансу у антиферомагнетиках різних типів у зовнішньому магнітному полі (В.Г.Бар'яхтар та інші, 1964), вперше досліджено нелінійні процеси у спіновій системі — спінові хвилі великої амплітуди та нелінійний магнітоакустичний резонанс (А.С.Бакай, В.Г.Бар'яхтар, 1970), детально вивчено процеси пружного та непружного розсіяння повільних нейтронів у ферота антиферомагнетиках (В.Г.Бар'яхтар та інші, 1962).

У цей період В.Г.Бар'яхтаром та С.В.Пелетминським було також розвинуто мікроскопічну квантово-механічну теорію термо-гальвано-магнітних

явищ в металах та напівпровідниках на основі конкретної структури інтеграла зіткнень електронів з фононами; О.І.Ахієзером та С.В.Пелетминським було поставлено та розв'язано питання про встановлення розподілу Планка для фотонів у середовищі [39]. Ці результати увійшли у монографію О.І.Ахієзера, В.Г.Бар'яхтара та С.В.Пелетминського 1967 р. "Спінові хвилі" [40].

Велика увага приділялась також фазовим переходам у магнетиках. Була побудована теорія критичних явищ та аномального розсіяння нейтронів поблизу точки фазових переходів, передбачено температурний магнітоакустичний резонанс (І.О.Ахієзер), вперше запропоновано мікроскопічне пояснення антиферомагнетизму металів на основі моделі колективізованих електронів (О.І.Ахієзер, Д.П.Білозеров).

Значного розвитку набула розробка теорії магнетизму в подальшому в школі академіка НАН України В.Г.Бар'яхтара. Великий цикл його досліджень, перш за все у Донецькому фізико-технічному інституті НАН України, був присвячений розробці доменної структури у феро- та антиферомагнетиках. Було досліджено основні стани гелікоїдних магнітних структур, розвинуто теорію спін-переорієнтаційних переходів у ортоферитах та рідкоземельних феритах-гранатах у магнітному полі, метамагнітних фазових переходів, фазових переходів у антиферомагнетиках у магнітних полях, теорію утворення зародків при магнітних фазових переходах першого роду.

Було також виконано дослідження динаміки циліндричних магнітних доменів, передбачено виникнення циліндричних доменів в околі фазових переходів. У результаті в школі В.Г.Бар'яхтара було сформульовано

новий погляд на доменні структури як на неоднорідний стан поляризованих середовищ із співіснуючими фазами, який дозволив з єдиних позицій описати властивості феромагнетиків, сегнетоелектриків, антиферомагнетиків та надпровідників із доменною структурою в околі фазових переходів I роду.

Відомо, що в галузі теорії надпровідності у 1937 р. Л.Д.Ландау створив теорію шаруватого проміжного стану надпровідників у магнітному полі, експериментально підтверджену у тому ж році. Значні теоретичні результати було одержано також І.М.Ліфшицем, з ім'ям якого пов'язаний розвиток сучасної квантової теорії твердого тіла, квантової механіки та статистики (зокрема дослідження статистичної механіки систем у стані часткової рівноваги, термодинаміки нерівноважних систем), динаміки решітки, електронної теорії металів, проблеми енергетичного спектру невпорядкованих систем, теорії квантових кристалів та фазових переходів.

У дослідженнях І.М.Ліфшиця з динамічної теорії реальних кристалів, виконаних у 40-ві роки, було вперше показано, що дефекти можуть приводити до перебудови спектру та зміни коливальних станів, проаналізовано енергетичний спектр кристалів з точковими дефектами, відкрито локальні рівні, побудовано термодинаміку шаруватих та ниткуватих структур, запропоновано теорію одного з основних процесів пластичної деформації—двійникування, засновану на суттєво нелінійній поведінці кристалу в цьому процесі [41—43]. У наступному циклі його робіт 1945—1952 рр. створено послідовну теорію локальних збурень реального кристалу, в якій проводився аналіз спектру квазічастинок при ви-

роджених збуреннях і знайдено ефективні формули для зміни спектральних характеристик мікроскопічного кристалу.

І.М.Ліфшицем були також досліджені пружні властивості полікристалів як при статичному навантаженні, так і при поширенні в них ультразвуку; значно розвинуто теорію дифузійно-в'язкої течії полікристалів [44]. Побудовано термодинаміку шаруватих та ланцюгових структур та вперше звернено увагу на визначальну роль згинальних коливань у таких структурах, розвинуто динаміку дислокацій та одержано рівняння руху довільної дислокаційної лінії у зовнішніх пружних полях.

У 1967 р. І.М.Ліфшиць розробив послідовну кількісну теорію флуктуаційних рівнів, в якій здійснив макроскопічний опис оптимальної флуктуації, що дало можливість побудувати самоузгоджені рівняння та знайти стосовно них загальну формулу для густини флуктуаційних рівнів, тобто зробити метод оптимальної флуктуації більш універсальним. У 1969 р. І.М.Ліфшиць та С.А.Гредескул, використавши флуктуаційний підхід, прийшли незалежно від М.О.Кривоглаза (1973 р.) до уявлення про флуктуони (автолокалізовані на флуктуаціях стани електронів) та розробили їх теорію.

Найбільш значними роботами І.М.Ліфшиця та його наукової школи є роботи щодо сучасних проблем електронної теорії металів (теорія магнітних та гальваномагнітних явищ, теорія надпровідності, резонансні явища у металах тощо). Слід відзначити такі результати в цій галузі, як розробка теорії ефекту де Гааза-ван-Альфена, теорії гальваномагнітних явищ, передбачення циклотронного резонансу, побу-

дова теорії поглинання ультразвуку металами. Остання заклала основу досліджень в галузі електронної акустики в СРСР. За роботи з електронної теорії металів І.М.Ліфшиць був нагороджений Ленінською премією 1967 р.

Широкий спектр досліджень зі статистичної радіофізики було проведено у 40—60-ті рр. минулого століття у Харкові, спочатку в Харківському фізико-технічному інституті АН УРСР (у теперішній час — Національний науковий центр „Харківський фізико-технічний інститут НАН України”), а з 1955 р. — в Інституті радіофізики та електроніки АН УРСР (у теперішній час — Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України). Так, В.Л.Германом, О.Я.Усиковим та І.Х.Ваксером вперше були проведені теоретичні та експериментальні дослідження молекулярного поглинання радіохвиль міліметрового діапазону та їх розсіяння гідрометеоутвореннями (опади, туман). Ці роботи були спрямовані на визначення питомої радіолокаційної відбивної здатності опадів та її спектрального складу, а також на вивчення статистичних характеристик послаблення у гідрометеоутвореннях. Крім цього, були детально вивчені характеристики послаблення радіохвиль міліметрового діапазону у газах атмосфери в лініях поглинання та вікнах прозорості. При цьому було знайдено аномальні флуктуації в околі лінії поглинання на хвилі 5 мм. Дані цих багаторічних досліджень дозволили виробити рекомендації для розробки та експлуатації різних радіоелектронних систем [45—47].

На базі великого циклу експериментальних та теоретичних робіт Ф.Г. Басс, С.Я.Брауде, В. Л. Герман, Е. А. Канер, І.Є.Островський та інші

розв'язали задачу про розповсюдження хвиль у випадково неоднорідному середовищі при наявності поверхні розділу. Ця модель найбільш точно описувала розповсюдження радіохвиль та світла в реальній тропосфері при відбитті від поверхні Землі з урахуванням випадкових неоднорідностей коефіцієнту заломлення повітря та дозволила всебічно дослідити флуктуаційні характеристики радіосигналів [48—54].

Першим, хто звернув увагу в теорії дифракції поліхроматичних хвиль на аналогію між рівняннями, що описують частотну дисперсію, та відомим рівнянням дифузії, був П.В.Бліох, який вказав на можливість стиснення імпульсу в середовищі, яке диспергує [55]. Його праці з дослідження розповсюдження наддовгих радіохвиль у хвилепровідному каналі Земля — іоносфера були спрямовані на вивчення характеру та особливостей флуктуацій амплітуди та фази сигналу в пункті прийому, які обумовлені періодичною зміною параметрів природного хвилепроводу. Зокрема, П.В.Бліохом зі співробітниками було передбачено виникнення аномально високих флуктуацій амплітуди та фази при прийомі наддовгохвильових сигналів в областях інтерференційних максимумів середнього поля. Питання багаторічної розробки статистичної моделі хвилепровідного каналу Земля — іоносфера та методики розрахунку статистичних характеристик сигналу було узагальнено в монографії [56]. Особливий інтерес П.В.Бліоха у статистичній теорії дифракції хвиль із сильними фазовими флуктуаціями викликали питання конкуренції механізмів, якими обмежуються «нескінченні» геометрооптичні ко-

ефіцієнти посилення при фокусуванні. Зокрема, ним були поставлені та розв'язані задачі про фокусування хвиль в природних “лінзових” утвореннях [57]. За матеріалами досліджень фокусування електромагнітних хвиль гравітаційним полем масивних об'єктів у подальшому було надруковано монографію [58].

Строгий підхід до розрахунку статистичних характеристик флуктуацій фазових фронтів поля хвилі, відбитої складною ціллю, яка є сукупністю великої кількості незалежних точкових відбивачів, було запропоновано та розроблено Є.В.Чаєвським. Цей метод дозволив поглибити розуміння фізичної природи помилок пеленгування та запропонувати ряд методів їх зменшення. Вперше це питання було висвітлено у праці [59], а результати подальшої розробки цього напрямку — у монографії [60].

Методи розв'язку задач дифракції електромагнітних хвиль на статистично нерівній та неоднорідній поверхні узагальнені в роботах Ф.Г.Басса та І.М.Фукса. За допомогою комбінації методів збурень та методів фізичної оптики було побудовано модель розсіяння хвиль на поверхнях із широким спектром випадкових неоднорідностей, яка виявилась найбільш адекватній поверхням, які мають місце в реальних умовах. У результаті було одержано середні та флуктуаційні характеристики поля, розсіяного подібними поверхнями, — коефіцієнти відбиття, індикатриси розсіяння, флуктуації амплітуди і фази, кореляційні функції [61].

У 60—70-х роках В.Б.Разказовський та Г.П.Кулемін вперше одержали спектральні характеристики радіолокаційних сигналів у міліметровому та

сантиметровому діапазонах, відбитих від земної поверхні в різні сезони та при різних метеоумовах, а також в залежності від типу та стану рослинного покриву. Спільно з Л.М.Лобковою (Севастопольський приладобудівний інститут, нині — Севастопольський національний технічний університет) у міліметровому діапазоні хвиль вперше одержані спектральні характеристики радіолокаційних відбиттів від морських цілей з урахуванням особливостей перевипромінювання поверхнею моря з вітровим хвилюванням, а також вивчено вплив багатопроменевого розповсюдження міліметрових хвиль на точність вимірювання координат цілей [62—66].

Роботи в цьому напрямку велися також у 50—60-ті роки у Харкові в Артилерійській радіотехнічній академії (з 1968 р. — Військова інженерна радіотехнічна академія ПВО ім. маршала Л.А. Говорова, нині — Університет повітряних сіл України). Так, Я.С.Шифриним було розроблено статистичний підхід до аналізу антен з випадковими джерелами, тобто такими джерелами, коли випадковими величинами можуть бути амплітуда, фаза чи просторове положення. Цей метод суттєво розширює можливості аналізу антенних систем при збільшенні їх габаритів та числа елементів, тобто в тих випадках, коли зростає роль різних факторів, які породжують розкид параметрів антени (антени систем дальнього космічного зв'язку, в радіоастрономії, багатоелементні антенні решітки з розгалуженою системою живлення, антени із синтезованою апертурою), а також при аналізі роботи антени у випадковому полі, наприклад в лініях тропосферного розповсюдження [67, 68].

Я.Д.Ширманом розроблено ста-

тистичну теорію детектування радіолокаційних сигналів та вимірювання їх параметрів при наявності гауссових перешкод, а також запропоновано принципи побудови приладів для оптимальної обробки заданих сигналів [69, 70].

С.Є. Фальковичем було узагальнено методи визначення граничних можливостей радіолокаційних систем з різними видами сигналів та проведено аналіз основних факторів, які визначають енергію порогових сигналів та максимальну точність підрахунку цілі при прийомі стаціонарних гауссових перешкод [71]. Подальший розвиток цього напрямку дозволив побудувати статистичну теорію вимірювальних систем, які включають системи радіолокації, радіонавігації, радіоастрономії, траекторних вимірювань, та до-

слідити параметри оточуючого середовища, які забезпечують статистичну атестацію якості функціонування в реальних умовах роботи [72, 73].

Розглянутий спектр досліджень показує, наскільки широким є коло застосувань статистичної фізики, яке в свою чергу здійснює потужний вплив на формування основних уявлень, ідей та методів даної галузі фізичної науки, зокрема в Україні, у світовому контексті. Адже, як образно зазначав професор В.В.Красильников, „статистична фізика є одним з фундаментальних наріжних каменів у науковій картині світу. Але її не можна уявляти як щось закінчене та неперушне. Вона постійно розвивається, поглиблює та уточнює наше уявлення про світ. Людство пізнає світ саме методами статистичної фізики”.

1. *Институт физики.* — К.: Наук. думка, 1979. — 118 с.
2. *Институт полупроводников.* — Киев: Наук. думка, 1985. — 152 с.
3. *Машкевич В.С., Годенко Л.П.* Кинетическая теория ширины линии лазерной генерации в спектрально-неоднородной среде // УФЖ. — 1972. — № 6.
4. *Машкевич В.С., Годенко Л.П.* Введение в квантовую электронику спектрально-неоднородных сред. — Киев: Наук. думка, 1978. — 186 с.
5. *Гриднев В.Н.* Институт металлофизики АН УРСР // УФЖ. — 1958. — Т.3, № 1. — С.10—15.
6. *Институт металлофизики.* — Киев: Наук. думка, 1985. — 36 с.; Институт металлофизики им. Г.В.Курдюмова. — Киев: Наук. думка, 2000. — 174 с.
7. *Харьковский физико-технический институт.* — Киев: Наук. думка, 1978. — 141 с.
8. *Физтех-60.* Люди и судьбы. — Днепропетровск: Днепропетровск. ун-т, 2000. — 420 с.
9. *50 лет Харьковскому физико-техническому институту АН УССР.* — Киев: Наук. думка, 1978. — 320 с.
10. *Савчук В.С.* Нариси з історії фізичних досліджень на Дніпропетровщині (1917—1945): Навч. посібник. — Дніпропетровськ: ДДУ, 1997. — 68 с.
11. *Особова справа академіка НАН України Данилова Віталія Івановича.* — Архів Президії НАН України, ф.251, оп.2, спр. № 256.
12. *В.И.Данилов (1902—1954).* Некролог // Проблемы металловедения и физики металлов. — 1955. — Сб.4. — С.7—12.
13. *В.И.Данилов (Некролог)* // Сб. науч. тр. Лаборатории металлофизики АН УССР. — 1954. — № 5. — С. 3—9.
14. *Відкриття меморіальної дошки на честь академіка НАН України В.І.Данилова* // Вісн. АН УРСР. — 1983. — № 6. — С.97.
15. *Данилов В.И.* Применение рентгеновских лучей к исследованию жидкого состояния // Рентгенография в применении к исследованию материалов. — М.; Л.: ОНТИ, 1936. — С.82—102.
16. *Данилов В.И., Неймарк В.Е.* О структуре жидкой ртути вблизи точки кристаллизации // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1935. — Т.5, вып.8. — С.724—728.

17. Курдюмов Г.В., Малиновский А.Э. Днепропетровский физико-технический институт // Научно-исследовательские институты тяжелой промышленности. — М., Л.: ОНТИ НКТП, 1936.
18. Курдюмов Г.В. Фазовые превращения в сплавах // Рентгенография в применении к исследованию материалов. — М.; Л.: ОНТИ НКТП, 1936.
19. Курдюмов Г.В. Явления закалки и отпуска стали. — М.: Metallurgizdat, 1960. — 64 с.
20. Курдюмов Г.В., Утевский Л.М., Энтин Р.И. Превращения в железе и стали. — М.: Наука, 1977.
21. Особова справа члена-кореспондента НАН України Лесника Андрія Герасимовича. — Архів Президії НАН України, ф.251, оп. 632, спр. № 18.
22. Лесник А.Г. Статистическая трактовка магнитных свойств. Ч.1 // ФММ. — 1969. — Т.27, № 6. — С.1000.
23. Лесник А.Г. Статистическая трактовка влияния неоднородностей анизотропии на ферромагнитный резонанс // Там же. — 1969. — Т.28, № 1. — С.84.
24. Герцикен С.Д., Новиков Н.Н. // УФЖ. — 1959. — Т.4. — С.640.
25. Герцикен С.Д., Новиков Н.Н. // Изв. вузов. Физика. — 1960. — № 2.
26. Герцикен С.Д., Новиков Н.Н., Горидько М.Я. // УФЖ. — 1961. — Т.6, № 2.
27. Герцикен С.Д., Рево А.Д. // Там же. — 1961. — Т.6, № 3.
28. Ткаченко Ф.К. // Там же. — 1961. — Т.6, № 4.
29. Смирнов А.А. Теория диффузии в сплавах проникновения. — К., 1982.
30. Смирнов А.А., Кривоглаз М.А. Теория упорядочивающихся сплавов. — М.: Физматгиз, 1958.
31. Смирнов А.А. Теория электросопротивления сплавов. — Киев: Изд-во АН УССР, 1960.
32. Смирнов А.А. Молекулярно-кинетическая теория металлов. — М.: Наука, 1966.
33. Смирнов А.А. Физика металлов (современные представления о природе металлов). — М.: Наука, 1971.
34. Институт проблем материаловедения АН УССР. — Киев: Наук. думка, 1985. — 32 с.
35. Лейпунский А.И. Отчет о работе Украинского физико-технического института // Изв. Академии наук СССР. — 1937. — № 3. — С.363—377.
36. Ахиезер А.И., Барьяхтар В.Г., Пелетминский С.В. К теории релаксационных процессов в ферродиелектриках при низких температурах // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1959. — Т.36, вып.1. — С.216—224.
37. Ахиезер А.И., Пелетминский С.В. О поведении ферромагнетиков и антиферромагнетиков в быстро осциллирующем магнитном поле // Физика твердого тела. — 1968. — Т.10, № 11. — С.3301—3309.
38. Ахиезер А.И., Барьяхтар В.Г., Пелетминский С.В. Связанные магнитоупругие волны в ферромагнетиках и ферроакустический резонанс // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1958. — Т.35, вып.1(7). — С.228—236.
39. Ахиезер А.И., Пелетминский С.В. Кинетика черного излучения // Докл. АН СССР. — 1971. — Т.200, № 6. — С.1317—1320.
40. Ахиезер А.И., Барьяхтар В.Г., Пелетминский С.В. Спиновые волны. — М.: Наука, 1967. — 368 с.
41. Лифшиц И.М. К теории регулярных возмущений // Докл. АН СССР. — 1945. — Т.48. — С.83—86.
42. Лифшиц И.М. О макроскопическом описании явления двойникования кристаллов // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1948. — Т.18. — С.1134—1142.
43. Лифшиц И.М., Обреимов И.В. Несколько соображений о двойниковании кальцита // Изв. АН СССР. Сер. физ. — 1948. — Т.12. — С.65—68.
44. Лифшиц И.М., Песчанский В.Г. Гальваномагнитные характеристики металлов с открытыми поверхностями Ферми. II // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1960. — Т.38. — С.188—200.
45. Усиков А. Я., Герман Л. В., Ваксер И. Х. Экспериментальное и теоретическое исследование поглощения и рассеяния миллиметровых волн в осадках // Тр. отд. радиофизики ФТИ АН УССР. — 1954. — № 2. — С.3—39.
46. Ваксер И. Х., Усиков А. Я. Влияние затухания и рассеяния радиоволн миллиметрового диапазона в дожде на радиолокационную наблюдаемость // Тр. ИРЭ АН УССР. — 1955. — № 3. — С.36—61.

47. Усиков О. Я., Герман Л. В., Ваксер І. Х. Дослідження вбирання та розсіювання міліметрових хвиль в опадах // Укр. фіз. журн. — 1961. — Т. 6, № 5. — С.618—641.
48. *О распространении электромагнитных колебаний см диапазона над морем при наличии атмосферного волновода и в условиях повышенной рефракции* / С.Я. Брауде, В.Л. Герман, И.Е. Островский, И.М. Безуглый и др. // Мор. вестн. — 1950. — № 3. — С.3—103.
49. Герман В. Л. Про розсіяння електромагнітних хвиль в іоносфері і тропосфері на неоднорідностях, викликаних турбулентними пульсаціями // Укр. фіз. журн. — 1958. — Т. 3, № 5. — С.595—610.
50. Канер Э. А., Басс Ф. Г. Распространение электромагнитных волн в среде со случайными неоднородностями над идеально проводящей поверхностью // Изв. вузов. Радиофизика. — 1959. — Т. 2, № 4. — С.553—564.
51. *Флуктуации электромагнитных волн в тропосфере при наличии поверхности раздела* / Ф.Г.Басс, С.Я.Брауде, Э.А.Канер, А.В.Мень // УФН. — 1961. — Т. 73, № 1. — С.89—119.
52. Басс Ф. Г., Канер Э. А. Флуктуации фазы и амплитуды при сверхдальнем распространении электромагнитных волн над земной поверхностью // Изв. вузов. Радиофизика. — 1961. — Т. 4, № 2. — С.377—379.
53. *Рассеяние волн коротковолнового диапазона взволнованной поверхностью моря* / С.Я.Брауде, И.Е.Островский, Я.Л.Шамфаров и др. // Радиоокеанографические исследования морского волнения. — Киев: Изд-во АН УССР, 1962. — С.96—113.
54. Брауде С. Я., Канер Э. А. Флуктуации радиоволн различной частоты в тропосфере // Изв. вузов. Радиофизика. — 1962. — Т. 5, № 2. — С.246—254.
55. Блюх П. В. Сжатие импульса излучения в диспергирующей среде со случайными неоднородностями // Там же. — 1964. — Т. 7, № 3. — С.460—470.
56. *Флуктуации сверхдлинных волн в волноводе Земля—ионосфера* / В.Г.Безродный, П.В.Блюх, Р.С.Шубова, Ю.М.Ямпольский. — М.: Наука, 1984. — 144 с.
57. Усиков А. Я., Блюх П. В. Линзовый эффект атмосферы Земли // Геомагнетизм и аэронавигация. — 1962. — Т. 2, № 2. — С.293—304.
58. Блюх П. В., Минаков А. А. Гравитационные линзы. — Киев: Наук. думка, 1989. — 240 с.
59. Чаевский Е. В. Распределение потоков энергии, создаваемых системой случайных монохроматических источников // Радиотехника и электроника. — 1966. — Т. 11, № 11. — С.1927—1933.
60. Штагер Е. А., Чаевский Е. В. Рассеяние на телах сложной формы. — М.: Сов. радио, 1974. — 240 с.
61. Басс Ф. Г., Фукс И. М. Рассеяние волн на статистически неровной поверхности. — М.: Наука, 1972. — 424 с.
62. *Экспериментальное изучение распространения радиоволн двухмиллиметрового диапазона на короткой надводной трассе* / М.Г.Балан, С.Б.Беспечный, Н.В.Горбач и др. — Харьков, 1979. — 27 с. — (Препр. АН УССР / Ин-т радиофизики и электроники; № 132).
63. Кулемин Г. П., Луценко В. И. Особенности обратного рассеяния сантиметровых и миллиметровых радиоволн морской поверхностью при малых углах скольжения. — Харьков, 1984. — 36 с. — (Препр. АН УССР / Ин-т радиофизики и электроники; № 237).
64. Лобкова Л. М., Мишарева Н. И., Лукьянчук А. Г. и др. // Изв. вузов. Радиофизика. — 1981. — Т. 24, № 1. — С.27—33.
65. Кулемин Г. П., Разказовский В. Б. Рассеяние миллиметровых радиоволн поверхностью Земли под малыми углами. — Киев: Наук. думка, 1987.
66. Лобкова Л. М. Распространение радиоволн над морской поверхностью. — М.: Радио и связь, 1991. — 256 с.
67. Шифрин Я. С. Статистика поля линейной антенны. — Харьков: АРТА, 1962.
68. Шифрин Я. С. Вопросы статистической теории антенн. — М.: Сов. радио, 1970. — 384 с.
69. Ширман Я. Д., Голиков В. Н. Основы теории обнаружения радиолокационных сигналов и измерения их параметров. — М.: Сов. радио, 1963. — 278 с.
70. Ширман Я. Д., Манжос В. Н. Теории и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. — М.: Радио и связь, 1981. — 405 с.

71. *Фалькович С. Е.* Прием радиолокационных сигналов на фоне флуктуирующих помех. — М.: Сов. радио, 1961. — 312 с.

72. *Фалькович С. Е., Хомяков Э. М.* Статистическая теория измерительных радиосистем. — М.: Радио и связь, 1981. — 288 с.

73. *Фалькович С. Е., Понамарев В. И., Шкварко В. И.* Статистическая теория измерительных радиосистем / Под ред. С. Е. Фальковича. — М.: Радио и связь, 1989. — 293 с.

*О.Ю.Колтачихіна,
аспірант*

Дослідження в галузі загальної теорії відносності та космології зарубіжних вчених — вихідців з України

Українська земля дала чималу кількість талановитих особистостей, призвища яких відомі сьогодні в широких колах наукової громадськості всього світу. Великий внесок в загальну теорію відносності та космологію зробили вчені, які народилися на території сучасної України, але, на жаль, жили та працювали не на батьківщині й відомі як вчені інших країн.

Найбільша кількість науковців—вихідців з України — представлена в Росії, і це не випадково, адже Україна знаходилася в складі Радянського Союзу. Багато наших співвітчизників навчалося в учбових закладах, що знаходилися на території Росії, або працювало в її дослідних інститутах. Серед них Д.Іваненко, М.Бронштейн, А.Зельманов, О.Компанієць, Є.Ліфшиць, І.Шкловський, І.Халатніков, І.Хріплович, В.Огієвецький.

Іваненко Дмитро Дмитрович (29.07.1904, Полтава — 30.12.1994, Москва) — російський фізик, праці якого стосуються питань ядерної фізики та фізики елементарних частинок, квантової механіки та квантової теорії тяжіння [1]. Вчений працював у багатьох наукових і вищих навчальних закладах Радянського Союзу. Це насамперед Ленінградський фізико-технічний інститут, Український

фізико-технічний інститут, Харківський механіко-машинобудівний інститут, Харківський університет, Ленінградський педагогічний інститут, Сибірський фізико-технічний інститут, Томський, Уральський та Московський університети, Інститут історії природознавства та техніки АН СРСР.

У 1928 р. у Д.Іваненко спільно з Л.Ландау та Г.Гамовим вийшла стаття “Світові сталі та граничний перехід”, в якій розглянуто питання побудови теорії на основі фундаментальних світових сталих — сталої Планка, швидкості світла, гравітаційної сталої [2]. Через рік спільно з В.Фоком він узагальнив рівняння Дірака на випадок наявності гравітаційного поля, тим самим побудувавши рівняння Дірака в гравітаційному полі й отримавши коефіцієнти для спірної зв’язності в рімановій геометрії (коефіцієнти Фока—Іваненко) [3].

У теорії гравітації Д.Іваненко розробив першу модель квантування гравітаційного поля, розвинув тетрадну теорію гравітації та узагальнену теорію гравітації з полем скруту, розробив калібровочну теорію гравітації як хіггсовського поля. У працях середини ХХ ст. вчений розглядав питання єдиної нелінійної спірної теорії, теорії гравітації з космологічним членом,