

PERSONALIA

PACS numbers: 01.60.+q, 61.05.cc, 61.05.cf, 61.05.cp, 61.72.Dd, 81.07.Bc

До 75-річчя члена-кореспондента НАН України В. Б. Молодкіна

Статтю присвячено знаному вченому, фахівцю в галузі теорії твердого тіла та фізики металів, теорії взаємодії випромінення з конденсованою речовиною, заслуженому діячу науки і техніки України, лауреату Державних премій України в галузі науки і техніки, члену-кореспонденту Національної академії наук України Вадиму Борисовичу Молодкіну з нагоди його сімдесятип'ятиліття.

The article is devoted to well-known scientist, a specialist in the field of solid-state theory and physics of metals, theory of the interaction of radiation with the condensed matter, Honoured Worker of science and technology of Ukraine, laureate of the State Prize of Ukraine in the field of science and technology, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine Vadym Borysovych Molodkin on the Occasion of 75th Anniversary of His Birthday.

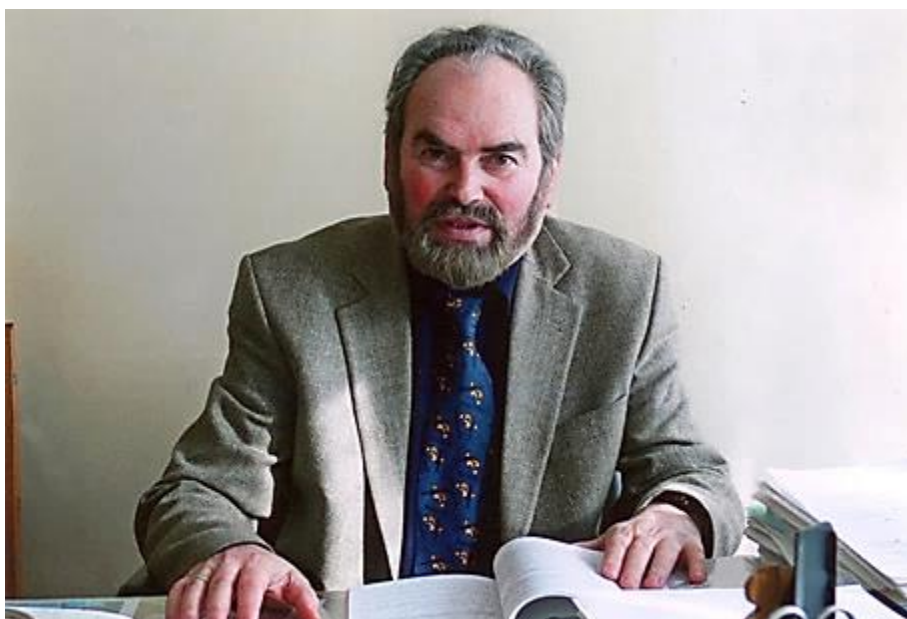
Статья посвящается известному учёному, специалисту в области теории твёрдого тела и физики металлов, теории взаимодействия излучения с конденсированным веществом, заслуженному деятелю науки и техники Украины, лауреату Государственных премий Украины в области науки и техники, члену-корреспонденту Национальной академии наук Украины Вадиму Борисовичу Молодкину в связи с его семидесятипятилетием.

Ключові слова: розсіяння променів кристалами з дефектами, структурна діагностика матеріалів та виробів нанотехнологій.

Keywords: scattering of radiations in crystals with defects, structural diagnostics of nanotechnology materials and products.

Ключевые слова: рассеяния лучей кристаллами с дефектами, структурная диагностика материалов и изделий нанотехнологий.

23 квітня 2016 року виповнилося 75 років відомому вченому, фахівцю в галузі теорії твердого тіла та фізики металів, теорії взаємодії випромінення з конденсованою речовиною, заслуженому діячу науки і техніки України, лауреату Державних премій



України в галузі науки і техніки, члену-кореспонденту Національної академії наук України Вадиму Борисовичу Молодкіну.

Вадим Борисович народився в Києві. Отримав вищу освіту у Київському державному університеті ім. Т. Г. Шевченка. Наукові дослідження В. Б. Молодкін розпочав ще в студентські роки, навчаючись на фізичному факультеті КДУ, а по закінченні кафедри теоретичної фізики у 1963 р. продовжив їх в Інституті металофізики АН УРСР. І понині творче життя Вадима Борисовича пов'язане з цим Інститутом. Тепер В. Б. Молодкін — головний науковий співробітник відділу фізики багатопараметричної структурної діагностики Інституту металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, доктор фізико-математичних наук (від 1985 р.), професор (від 1989 р.), член-кореспондент НАН України (від 1992 р.), лауреат двох Державних премій України (1994 р. та 2002 р.), заслужений діяч науки і техніки України (від 2003 р.).

Вадим Борисович Молодкін — фізик-теоретик, який своїми науковими працями зробив вагомий внесок у розвиток кристалографії, створивши класичну теорію багаторазового дифузного та Бреггового розсіяння променів у кристалах з дефектами, що має світовий пріоритет і міжнародне визнання, та розробивши на її основі відповідну експериментальну базу і заснувавши тим самим нове, найбільш інформативне покоління засобів і метод структурної діагностики матеріалів та виробів нанотехнологій — багатопараметричну кристалографію недосконалостей структури на основі стоячих дифузних хвиль, тобто так звану дифузодинамічну

комбіновану дифрактометрію (ДДКД), яка не має аналогів у світі за унікально високими показниками інформативності, чутливості й експресності діагностики.

На основі зазначеної пріоритетної теорії розсіяння та квантової теорії каналювання заряджених частинок у багатокомпонентних неупорядкованих системах, упорядкованих стопах і кристалах з точковими дефектами, їх кластерами, дислокаційними петлями, прямолінійними дислокаціями та ін. дефектами, а також у матеріалах і виробих нанотехнологій з неоднорідними розподілами макродеформації та мікродефектів, з використанням оригінальної статистичної теорії збурень та розробленої М. О. Кривоглазом методи флюктуаційних хвиль В. Б. Молодкіним показано, що, незважаючи на істотні локальні відхилення від періодичності кристалічної ґратниці через дефекти, які розподілені однорідно, при розсіянні в кристалах відбувається статистичне самоусереднення, завдяки якому формуються стоячі Брегґові хвилі за рахунок багаторазового розсіяння на періодичній (у середньому) частині потенціалу та біжучі дифузні хвилі за рахунок розсіяння на флюктуаційній частині потенціалу, які при подальшому багаторазовому розсіянні на періодичній частині потенціалу перетворюються у Блохові дифузні хвильові поля, тобто у стоячі дифузні хвилі з періодом ґратниці. В свою чергу стоячі хвильові поля перенормуються багаторазовими процесами розсіяння на флюктуаційній частині потенціалу. Такі стоячі хвильові поля «виживають» у спотворених кристалах в неочікувано широкому інтервалі концентрацій і потужностей дефектів, коли довжина ефективної когерентності розсіяння перевищує довжину екстинкції, зокрема, у сильнолегованих напівпровідниках. При цьому така перебудова у стоячі хвильові поля залежно від їх орієнтації відносно кристалічної ґратниці може змінювати фундаментальні параметри взаємодії поля з кристалом (коефіцієнти заломлення та вбирання) у сотні–тисячі разів. Така, суттєво динамічна орієнтаційна залежність виявилася керованою змінами умов дифракції; вона накладається на розподіл по оберненому простору кристалічної ґратниці Фур'є-компонент поля зміщення її атомів через дефекти, тобто на кінематичне дифузне розсіяння, що зумовлює нове, відкрите В. Б. Молодкіним явище залежності від умов дифракції характеру впливу дефектів на картину динамічного розсіяння — явище багатovidу картини динамічного розсіяння залежно від умов дифракції.

Оскільки зазначені залежності від умов дифракції та від орієнтації і характеристик дефектів були встановлені В. Б. Молодкіним теоретично (аналітично), це забезпечило унікальну можливість за незмінної структури, тобто за фіксованих відхилів від ідеально періодичної структури наносистем (характеристик defe-

ктів), керувати як внесками Бреґгової та дифузної складових, так і питомими внесками від дефектів кожного типу, а в результаті — характером впливу дефектів на картину динамічного розсіяння, лише за рахунок цілеспрямованої зміни умов динамічної дифракції з метою одержання повного набору необхідних незалежних дифрактометричних даних (для різних умов дифракції) та їх комбінованого оброблення для однозначного розв'язання задачі характеризації багатопараметричної структури наносистем (ДДКД).

В. Б. Молодкіним вперше виконано перенормування закону дисперсії високоенергетичних квазічастинок у реальних монокристалах, що обумовлено ефективно некогерентними віртуальними процесами розсіяння на флюктуаційній частині внутрішньокристалічного потенціалу; при цьому йому вперше вдалося вийти за рамки одновузлого наближення когерентного потенціалу і врахувати кореляційні ефекти, а також вперше ввести фундаментальне поняття довжини екстинкції за рахунок некогерентних процесів (дифузного розсіяння), що забезпечило прорив у розв'язанні зазначеної проблеми й успіх подальшого розвитку динамічної теорії некогерентних процесів. В результаті ним передбачено і вперше теоретично описано нове явище послаблення когерентних Блохових хвильових полів високоенергетичних квазічастинок у реальних кристалах, що зумовлене їх розсіянням на відхилах від досконалої періодичності потенціалів кристалів. В. Б. Молодкін і О. О. Тихонова (1967 р.) назвали це явищем ефективного вбирання когерентних хвильових полів. Тепер це явище широко використовується завдяки його унікальній чутливості щодо характеристик дефектів у кристалах в найбільш передових дифрактометричних лабораторіях світу задля діагностики дефектів у монокристалах. Наразі сформувалася ціла область фізики твердого тіла, яка ґрунтується на дослідженнях цього явища і можливостей його використання для діагностики.

В. Б. Молодкіну вперше вдалося показати, що за встановленими ним закономірностями стосовно дифузної екстинкції для достатньо досконалих монокристалів, товщина яких є співмірною з абсорбційною довжиною квазічастинок, переважаючою може виявитися (навіть за малих відхилів від періодичності) некогерентна складова. При цьому характерні особливості хвильових полів таких квазічастинок, які тепер визначаються цією складовою, принциповим чином відрізняються від відомих з теорії когерентного потенціалу. Це докорінно змінило чинні у відповідній області фізичні уявлення, включаючи і саме твердження про нескінченно малий (порівняний з показником статичного фактора Дебая–Валлера) внесок некогерентних процесів у таких системах. Зокрема, це суттєво видозмінило класифікацію дефектів криста-

лів за їх впливом на картину розсіяння кристалом, запропоновану членом-кореспондентом АН УРСР М. О. Кривоглазом в рамках кінематичної теорії розсіяння, і привело до з'ясування якісно нових ефектів дифракції в достатньо досконалих кристалах, коли довжина когерентності розсіяння перевищує довжину екстинкції.

В. Б. Молодкіним передбачено (у 1984 р.) нове фізичне явище, яке полягає в порушенні у достатньо досконалих монокристалах справедливого в кінематичній теорії розсіяння закону збереження повної (Бреггової і дифузної) інтегральної інтенсивності динамічного розсіяння (ПІДР); ним і його співробітниками також виявлено унікальну (завдяки цьому явищу) чутливість до характеристик дефектів у монокристалах власне величини ПІДР і характеру її залежностей від товщини кристалів, довжини хвилі випромінення та інших параметрів експерименту, що також отримало широке практичне застосування як в Україні, так і за її межами.

Слід зазначити, що фізичну природу останнього із зазначених ефектів було з'ясовано В. Б. Молодкіним пізніше, лише в останні роки, коли ним було встановлено наявність ще одного закону збереження кінематичної теорії та його порушення при динамічному розсіянні. Мова йде про незалежність від умов дифракції відносного внеску дифузної складової повної інтегральної інтенсивності розсіяння при кінематичній дифракції. Порушення цього закону при динамічній дифракції забезпечило унікальну інформативність динамічної картини розсіяння, обумовлену стоячим характером дифузних хвиль, зокрема, відмінністю описаних орієнтаційних ефектів для Бреггової та дифузної складових, яка спричинила встановлену неоднаковість характеристик залежностей від умов динамічної дифракції внесків Бреггової і дифузної складових картини розсіяння, а також питомих внесків різного типу дефектів; саме це і пояснило фізичну природу явища залежності від умов дифракції характеру впливу дефектів на картину динамічного розсіяння. Було показано, що наслідком цього явища є порушення і першого закону збереження повної інтегральної інтенсивності розсіяння та її залежність від умов дифракції, зокрема, коли умови дифракції змінювалися через зміну товщини кристалів або довжини хвилі. В загальному випадку такі зміни умов динамічної дифракції можна забезпечити зміною геометрій дифракцій (на проходження або на відбиття), зміною азимутального кута, переходами від симетричної до косонесиметричної дифракції, від наближення «товстих» до наближення «тонких» кристалів, від диференційних до інтегральних метод, а також за рахунок зміни радіуса кривини пружнього вигину кристалу тощо. Це суттєво розширило функціональні можливості за-

пропонованих інтегральних метод ДДКД.

В. Б. Молодкіним і його співробітниками вперше теоретично передбачено для некогерентної складової хвильового поля квазічастинок (дифузного розсіяння) когерентні ефекти аномального проходження і екстинкції (найбільш чутливі до спотворень кристалів), які отримали багаторазове експериментальне та теоретичне підтвердження у багатьох наукових центрах і знайшли практичне застосування (в тому числі і в роботах за участю автора передбачених ефектів).

В. Б. Молодкіним також передбачено і вперше теоретично описано ефекти хитунових смуг і аномального проходження для надструктурних хвильових полів квазічастинок, а також Боррманнів ефект за рахунок ефективного вбирання у стопах і кристалах з дефектами як для Рентгенових променів, так і для електронів і нейтронів, що є важливим для діагностики процесів атомового впорядкування.

Побудована В. Б. Молодкіним квантова теорія каналювання заряджених частинок у стопах і кристалах з дефектами, яка узагальнює результати теорії академіка РАН Ю. Кагана і О. Кононця, створеної ними для ідеальних кристалів, також уможливила йому передбачити ряд нових фізичних ефектів. Серед них: ефект розщеплення граничного кута площинного каналювання з появою і розвитком далекого порядку в стопах; розмірні ефекти і ефекти квантових кутових осциляцій виходу ядрових реакцій окремо для кожної з підґратниць і кожного з компонентів стопів; ефект «стимульованого каналювання» для однієї з підґратниць, зумовлений «зависанням» частинок у іншій підґратниці в стопах; ефект вибіркового руйнівального каналювання чи вибіркового виходу ядрових реакцій для різних підґратниць стопів; ефекти якісно різних впливів на каналювання домішок втілення і заміщення в стопах та інші. Більшість з них знайшла своє експериментальне підтвердження і широке використання для діагностики, зокрема, надпровідних матеріалів.

Потягом останнього часу В. Б. Молодкіним було суттєво узагальнено динамічну теорію розсіяння випромінення у кристалах з дефектами на випадок дефектів великих розмірів, які є співмірними з довжиною екстинкції, що вперше уможливило виконувати діагностику одночасно декількох типів дефектів у кристалах, серед яких майже завжди присутні великі дефекти. Окрім того, теорію узагальнено на важливий і складний випадок комбінованих спотворень, який вже багато років за наявності труднощів принципового характеру не мав вирішення, коли у кристалі мають місце як однорідні макроскопічні деформації (пружній вигин, ультразвукові хвилі тощо), так і флюктуаційні поля від випадково розподілених мікродефектів різного типу. Це

уможливило вперше якісно і кількісно пояснити цілу низку експериментально спостережуваних аномальних явищ неадитивного й адитивного впливів дефектів різної природи на динамічну дифракцію та розробити на цій основі нові високоінформативні методи діагностики.

Особливо актуальним стало узагальнення теорії на випадки наносистем: кристалів з профільованими поверхнями, з порушеним поверхневим шаром, епітаксійних багат шарових гетероструктур та надґратниць з дефектами, квантовими ямами та самоорганізованими ґратницями квантових точок.

Більшість із зазначених теоретичних результатів В. Б. Молодкіна та передбачені ним нові фізичні явища й ефекти, серед яких головними є динамічні ефекти багаторазовості дифузного розсіювання, зокрема, залежні від умов динамічної дифракції орієнтаційні ефекти стоячих дифузних хвиль та ефекти взаємодії їх з когерентною складовою, уможливили докорінно переобладнати наявну експериментальну діагностичну базу, перевести її на принципово нові в теорфізичному та методичному аспектах основи, які забезпечують якісно більш високий рівень інформативності, експресності та чутливості (багатопараметрична кристалографія недосконалостей структури матеріалів і виробів нанотехнологій на основі стоячих дифузних хвиль — ДДКД), що не має аналогів у світі.

Слід зазначити, що розроблені методи виявляють унікальну чутливість до нанорозмірних структур, які знаходяться за межею чутливості відомих рентґенотопографічних метод.

В. Б. Молодкіним при активній підтримці та за участю академіків НАН України В. В. Немошкаленка, А. П. Шпака, В. Ф. Мачуліна, І. М. Карнаухова, члена-кореспондента РАН М. В. Ковальчука і члена-кореспондента НАН України В. П. Кладька створено таку експериментальну базу, де практично реалізовано принципово нові, запропоновані В. Б. Молодкіним і закріплені великою кількістю авторських свідоцтв на винаходи і патентів методи нового покоління діагностики. Серед них методи: повної інтегральної інтенсивності динамічного розсіювання, інтегральної та диференційно-інтегральної тривісної рентґенівської дифрактометрії, повних кривих відбиття та інші, які продемонстрували рекордні показники рівня діагностики і є особливо ефективними при використанні джерела синхротронного випромінювання, будівництво якого передбачається в ІМФ ім. Г. В. Курдюмова НАН України за проектом, що включає розробку відповідних діагностичних станцій. Зазначені розробки В. Б. Молодкіна забезпечили принципово нові функціональні можливості неруйнівної діагностики: (1) кількісну характеристизацію спектру дефектів декількох типів (сертифікація ХХІ століття); (2) селективну за глибиною

характеризацію дефектів окремо у кожному шарі епітаксійних гетероструктур і характеризує наноструктурних параметрів цих систем також селективно за глибиною та без руйнування; (3) характеризує зміни дефектної структури при швидкоплинних процесах (рентгенівське кіно).

Наукові досягнення В. Б. Молодкіна узагальнено в опублікованих ним понад 220 наукових працях (серед яких — 6 монографій), близько 20 патентах та авторських свідоцтвах, а також у 15 дисертаціях, в тому числі вісьмох докторських, виконаних його учнями і послідовниками під його науковим керівництвом і за консультуванням.

Вадим Борисович Молодкін багато зробив для Інституту металознавства ім. Г. В. Курдюмова НАН України. У 1972–1978 рр. він працював ученим секретарем Інституту; у 1987–2014 рр. — завідувач відділу теорії твердого тіла; у 1979–1990 рр. — відповідальний секретар редколегії, а від 1990 р. — заступник головного редактора міжнародного науково-технічного журналу «Металлофизика и новейшие технологии». У 1994–2003 рр. В. Б. Молодкін — заступник директора Інституту, що відповідав за створення на території Інституту Українського національного синхротронного центру науки, технології та охорони здоров'я. Від 1995 р. В. Б. Молодкін — організатор і завідувач навчально-наукової кафедри подвійного підпорядкування (Київський національний університет імені Тараса Шевченка і НАН України) «Фізика фотонних фабрик і космічна фізика металів». Від 2000 р. В. Б. Молодкін — заступник головного редактора оглядового наукового журналу «Успехи физики металлов», у 2003–2015 рр. — заступник відповідального редактора, а від 2016 р. — відповідальний редактор збірника наукових праць «Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології». В. Б. Молодкін є також членом редколегій російських журналів «Актуальные вопросы современного естествознания» та «Материаловедение».

Своє сімдесятип'ятиліття відомий вчений зустрічає у розквіті творчих сил. У нього багато задумів. Ми сердечно вітаємо Вадима Борисовича з ювілеєм і зичимо йому міцного здоров'я, просвітительської наснаги, творчого натхнення і довголіття, подальших успіхів у праці на користь України і світової науки та щастя.

Редакційна колегія