

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ФІЗИКИ КОНДЕНСОВАНИХ СИСТЕМ

**ІНСТИТУТ ФІЗИКИ
КОНДЕНСОВАНИХ СИСТЕМ
НАН УКРАЇНИ:**

**ДОРОГА ТРИВАЛІСТЮ
В ПІВСТОЛІТТЯ**

ЛЬВІВ 2019

УДК 001.32:53](477.83-25)"19/20"
І 712

Редакційна колегія:

І.М. Мриглод (відповідальний редактор), Т.М. Брик, Ю.В. Головач,
М.Ф. Головка, О.В. Держко, М.Л. Дудка, О.Л. Іванків, М.П. Козловський,
Р.С. Мельник, І.В. Стасюк, М.В. Токарчук, А.М. Швайка, І.Р. Юхновський

*Дирекція ІФКС НАН України висловлює свою щиру подяку і повагу
групі компаній «Авістар» (керуючий партнер Костробій Юрій Петрович)
за фінансову підтримку цього видання.*

Інститут фізики конденсованих систем НАН України: дорога тривалістю
І 712 в півстоліття / НАН України, Інститут фізики конденсованих систем ;
Редкол. : І.М. Мриглод (відп. ред.) та ін. — Львів, ІФКС НАН України,
2019. — 392 с. : іл.

ISBN 978-617-7593-24-8

Висвітлено основні віхи в історії становлення і розвитку Інституту фізики конденсованих систем НАН України та наукових структурних підрозділів, які йому передували. Зроблено наукові огляди за основними напрямками діяльності Інституту: статистична фізика конденсованої речовини, комп'ютерне моделювання багаточастинкових систем та фізика складних систем. Показано внесок науковців Інституту в розвиток цих ділянок науки. Представлено інформацію про великі інфраструктурні проекти, які реалізовано в інституті, висвітлено його діяльність у сфері підготовки наукових кадрів, міжнародного співробітництва, організації конференцій. Подано персоналії працівників інституту та інші довідкові матеріали.

Для широкого кола наукових працівників, що цікавляться фізикою та історією науки.

УДК 001.32:53](477.83-25)"19/20"

Технічний редактор: О.В. Величко

Літературний редактор: Г.П. Мацюк

Дизайн: М.П. Москаль

Затверджено до друку Вченою радою Інститут фізики конденсованих систем НАН України (протокол № 30 від 19.09.2019 р.)

ISBN 978-617-7593-24-8

© Інститут фізики конденсованих систем НАН України, 2019

Зміст

<i>Ігор Юхновський</i> · Вступне слово	5
<i>Ігор Мриглод, Олександр Іванків</i> · Інститут фізики конденсованих систем НАН України: штрихи до історії становлення і розвитку	9
<i>Ігор Мриглод, Олег Держко</i> · Статистична теорія конденсованих систем	48
<i>Тарас Брик, Ярослав Ільницький, Андрій Баумкетнер, Вікторія Блавацька, Ігор Омелян</i> · Комп'ютерне моделювання структури і динаміки багаточастинкових систем	68
<i>Юрій Головач, Максим Дудка, Вікторія Блавацька, Василь Пальчиков, Мар'яна Красницька, Олеся Мриглод</i> · Статистична фізика складних систем	92
<i>Ігор Процикевич, Олександр Іванків</i> · Чверть століття УАРНЕТ: від проєкту до одного з лідерів серед інтернет-провайдерів України	130
<i>Олеся Мриглод, Оксана Пацаган</i> · Журнал «Condensed Matter Physics»: становлення, основні етапи розвитку і здобутки	142
<i>Тарас Пацаган</i> · Обчислювальний кластер ІФКС: створення, розвиток і сьогодення	150
<i>Ігор Мриглод, Михайло Токарчук, Олександр Іванків</i> · Дослідження за Чорнобильською тематикою	160
<i>Михайло Шовгенюк, Олександр Іванків</i> · Про прикладні дослідження в ІФКС НАН України: розпізнавання образів, захист і кодування інформації, кольороподіл	167
<i>Ярослав Ільницький</i> · ІФКС НАН України в історико-науковому та суспільному контекстах	173
<i>Олеся Мриглод, Ігор Мриглод</i> · Публікаційна активність інституту	180
Перелік монографій, підручників, популярних та інформаційних видань, авторами яких є науковці з колективу Інституту	190
Перелік найцитованіших (50 і більше цитувань) наукових статей працівників Інституту за версією Scopus	193

Почесні доктори Інституту фізики конденсованих систем НАН України (<i>Doctor Honoris Causa</i>)	198
Персоналії	217
Кандидатські дисертації	360
Докторські дисертації	371
Організовані конференції	375
Іменний покажчик	387

Вступне слово

У другій половині сорокових років минулого століття в Україні відбувся справжній вибух природних здібностей і прагнень молоді до навчання і науки. З війни повернулись переможці. Повстанський національний рух пробудив у суспільстві усвідомлення національної гідності. Університети заповнились мужньою молоддю, спраглою до знань. У п'ятдесятих, як результат упертого й успішного навчання, кафедри університетів зайняли молоді спеціалісти, здатні розв'язувати складні наукові задачі, зокрема, в царині теоретичної фізики. Так сталося, що наприкінці шістдесятих кафедри теоретичної фізики Львівського університету випала місія активно включитися у процес творення першого на Західній Україні академічного підрозділу — відділу від київського Інституту теоретичної фізики Академії наук УРСР. На той час викладачі кафедри теоретичної фізики Львівського державного університету (ЛДУ) мали вагомі здобутки, їхні наукові результати були відомі як у Радянському Союзі, так і в Європі та США.

У ті часи, та і зараз, дуже важливо належати до певної наукової школи. Ми належали до школи академіка Боголюбова. Ця належність виникла спонтанно, не з особистого знайомства. Воно прийшло пізніше. Ця належність виникла з глибокого опрацювання монографії М.М. Боголюбова «Проблемы динамической теории в статистической физике», яка була опублікована в 1946 році, а мною вивчена в 1949. У цій монографії М.М. Боголюбов робив наголос на тій особливості, що в кожній фізичній задачі (а всі вони є наближеними) необхідно знати, який малий параметр притаманний цій задачі. Боголюбов вперше показав, що системі заряджених частинок відповідає розклад за плазмовим параметром. Мною було доведено, що розклади за плазмовим параметром розходяться, чого він сам не знав. І продемонстрував йому це в Москві на кафедрі теоретичної фізики МДУ. Він схвалив ці результати і з того почалося трудове і дружнє знайомство кафедри теоретичної фізики ЛДУ, а згодом відділу СТєКС, відділення статистичної фізики і нарешті Інституту фізики конденсованих систем з Миколою Миколайовичем Боголюбовим. Серед вчених є життєвий вислів «під яким дахом працюєш». Так от, наш відділ, відділення та інститут працювали і працюють під дахом Боголюбова. Нами були створені потужні методи дослідження різних агрегатних станів речовини, побудовано оригінальні методи математичних розрахунків на множинах колективних коливань густин і зарядів, побудовано теорію електролітів, створено оригінальний спосіб розрахунку поведінки речовини при наднизьких температурах, коли ефекти взаємодії є більш важливими, ніж ефекти, породжені кінетичною енергією, методи вторинного квантування у складних за симетрією системах.

Тепер я стаю переконаним, наскільки корисним для керівника академічної наукової установи є викладання основних курсів студентам університету і приймання в них річних екзаменів із відповідного курсу. Екзаменуючи, маєш можливість познайомитися з найбільш здібними студентами, в ество яких увійшло розуміння сутності предмету лекцій і воно стало ще однією зі складових розвитку їхньої фаховості. Я мав приємність на іспитах слухати багато чудових відповідей, але до сьогодні пам'ятаю дві — різні за своєю побудовою, але обидві глибокі, блискучі відповіді: Олега Держка, який зараз як доктор наук керує великим відділом квантової статистики в нашому Інституті, та Ігоря Мриглода, який у статусі академіка перейняв від мене керівництво Інститутом. Останній був незмінним старостою академічної групи фізиків-теоретиків, спокійним, врівноваженим і доброзичливим.

Із тих ста семи кандидатів і двадцяти семи докторів наук, які захистилися у нас (з них майже половина — до середини дев'яностих) я би хотів навести один приклад наукового зростання, при чому приклад нетиповий. Мова йде про Мирослава Головка, колись скромного тихого хлопчину, випускника Івано-Франківського педінституту, який, вступаючи до аспірантури, не мав можливості прослухати університетські курси теоретичної фізики. Із вродженою любов'ю до філософії та фізики, захистивши кандидатську дисертацію у 1970-му, докторську — в 1981-му, перейняв на себе роботу над теорією електролітів. Разом з Юрієм Калужним, зараз доктором фіз.-мат. наук, професором, Орестом Пізію, який зараз обіймає постійну позицію в Університеті Мехіко, Василем Височанським, зараз професором, довголітнім першим проректором Львівського університету імені Івана Франка, Ігорем Прощикевичем, зараз кандидатом фіз.-мат. наук, директором Уарнету — одного з найбільших провайдерів інтернету в Україні, Іваном Куриляком, кандидатом фіз.-мат. наук, доцентом Львівської політехніки, кандидатом фіз.-мат. наук Євгеном Сов'яком, кандидатом фіз.-мат. наук Андрієм Коваленком, зараз керівником лабораторії в Національному інституті нанотехнологій в Канаді, та ще багатьма іншими створено унікальну потужну теорію сумішей нейтральних і заряджених частинок. Книжка Мирослава Головка «Статистическая теория классических систем взаимодействующих частиц», в якій я написав тільки один розділ про метод колективних змінних, стала настільною книгою та основним джерелом усіх головних методів розрахунку термодинамічних властивостей рідин та розчинів.

Інший приклад, коли випускник кафедри теоретичної фізики Львівського університету, згодом аспірант професора Дмитра Зубарева в Москві, зараз доктор фіз.-мат. наук, професор, завідувач відділу теорії м'якої речовини Михайло Токарчук привніс сюди, в Інститут, сучасні методи розрахунків нерівноважних процесів. А доктор фіз.-мат. наук Ігор Омелян створив оригінальні пакети програм, що моделюють поведінку і властивості рідин і біологічних систем. Перебуваючи в групі Михайла Токарчука у співпраці з академіком

Ігорем Мриглодом була розрахована летучість радіоактивного субмікронного пилу, утвореного на території післяаварійної Чорнобильської АЕС, що стало однією з вагомих підстав для побудови сучасного укриття над зруйнованим четвертим енергоблоком. Завдяки цим розробкам ми заробили кошти від МНТЦ «Укриття», за які Інститут зміг побудувати найпотужніший на той час в Україні розрахунковий кластер. Показово, що цей кластер сконструювали і запустили в дію власними зусиллями працівники під керівництвом щойно прийнятого до Інституту випускника кафедри теоретичної фізики Тараса Пацагана.

Можна годинами писати і перераховувати наукові досягнення працівників Інституту. Значна частина їх подана в оглядових статтях у цій книзі.

П'ятдесят років наукового зростання колективу, які сьогодні ми відзначаємо, можуть бути прикладом громадянського сприяння природному зростанню наукових талантів українського суспільства. Починаючи від первинного стану, що складався з керівника та секретарки відділу, кожного року сюди вливалися випускники, найбільш освічені на фізико-математичному факультеті та й в університеті, здібні і спроможні до наполегливої нелегкої праці фізика-теоретика, сильні тілом і життєрадісні духом. Це сприяло як постійному кількісному зростанню відділу до відділення, а згодом — до Інституту, так і кількісному та якісному зростанню числа студентів в університетах, що бажали навчатися на кафедрі теоретичної фізики.

Зараз настає час зміни поколінь. До слова і влади приходить молодь, вже навчена, самовпевнена у своїх знаннях, що налагодила співпрацю з лабораторіями всього світу, йдучи географічними меридіанами від Японії через Азію, Європу до Бразилії, США і Канади.

Тут варто згадати про спонтанно впроваджувані в нас регламенти і навички розумної поведінки. Кожен співробітник відділу чи відділення свого часу призначався заступником керівника терміном на один рік — від вересня до вересня. В результаті панувала атмосфера взаємної поваги і, навіть, слухняності. І велика, на жаль, помилка сталася тоді, коли ця послідовність зупинилася на найбільш здібному заступникові. Обов'язком кожного новоприбулого аспіранта була чистота аудиторної дошки, наявність крейди, змочена чиста ганчірка чи губка. Виступи на семінарах могли перериватися запитаннями для з'ясування змісту. Працівники, старші за часом перебування у відділі, мали розуміти зміст кожної доповіді. Тоді, як і тепер, ми всі були і є достатньо веселі, щоб відзначити з горілкою день народження кожного співробітника і достатньо обережні та уважні, щоб не говорити зайве. За радянських часів у відділі не було «українського буржуазного націоналізму», адже всі були українці. А чому тільки українці — бо вони були найздібніші серед тих випускників, які хотіли працювати в науці.

І все таки ще про важливу для кожного Інституту проблему, зв'язок із діючою владою. Тут вирішувалася одна з найсуттєвіших проблем — житло для

чоловіків, які одружувалися і створювали родину. Нам це вдавалося. Вдавалося тому, що керівники міста нам по-людськи сприяли. Тому Інститут був майже чоловічим, оточений сім'ями, які любили нас.

Шановний читачу цієї книги. Тут тільки штрихами описана праця всього колективу Інституту. Колективу цілком самодостатнього, колективу професіоналів з актуальних проблем фізики, математики, біології, організації та управління. Колективу, який володіє математикою ймовірностей ключових проблем природи і суспільства.

Львів, вересень 2019 року

Ігор Юхновський,
академік НАН України

Інститут фізики конденсованих систем НАН України: штрихи до історії становлення і розвитку

Ігор Мриглод, Олександр Іванків

Інститут фізики конденсованих систем (ІФКС) НАН України офіційно розпочав своє літочислення 7 вересня 1990 року. У цей день було прийнято відповідне рішення Президії АН УРСР — постанова № 213 «Про створення у м. Львові Інституту фізики конденсованих систем АН УРСР». Проте цей факт далеко не повно відображає реальну історію творення колективу, що має ні-ні заслужений авторитет не лише в Україні, але є добре знаним далеко за її межами.

Початки і відділ СТеКС

Фактичний літопис колективу Інституту фізики конденсованих систем НАН України розпочався у травні 1969 року, коли у Львові було засновано відділ статистичної теорії конденсованих систем (СТеКС) київського Інституту теоретичної фізики (ІТФ) АН УРСР, створеного три роки перед тим. Завідувачем відділу СТеКС став І.Р. Юхновський, молодий доктор фіз.-мат. наук, професор і на той час завідувач кафедри теоретичної фізики Львівського державного університету ім. І.Я. Франка, яскравий представник школи академіка М.М. Боголюбова.

Ідея створення відділу стала природнім продовженням співпраці І.Р. Юхновського з академіком М.М. Боголюбовим, організатором і першим директором ІТФ, та представниками його наукової школи. Організаційно започаткування відділу було ініційоване професором А.Ф. Лубченком, університетським однокурсником І.Р. Юхновського, і відбувалося за активної підтримки М.М. Боголюбова.

Існує декілька факторів, які важливі для розуміння обставин створення відділу СТеКС у Львові. Перший стосується ситуації, котра склалася після звільнення від німецької окупації і була типовою не лише для Львова, але й інших міст Західної України, де існували центри університетської науки та



Рис. 1. І.Р. Юхновський. Фото з особової справи. 1969



Рис. 2. В Інституті теоретичної фізики. Зліва направо: І.Р. Юхновський, В.П. Шелест, М.М. Боголюбов. Початок 1970-их

заклади вищої освіти. За роки війни вони втратили практично весь викладацький корпус (переважно поляки та євреї), який забезпечував навчальний процес і проводив дослідження. Змушена була емігрувати і частина місцевих національно-свідомих кадрів, котрі мали високу фахову підготовку. Згадаємо, для прикладу, долю Наукового товариства імені Шевченка (НТШ), яке стало прототипом першої української академії наук: у 1940 році після вступу радянських військ у Львів НТШ було заборонене, його музеї та колекції розчленовані між різними установами, окремі діячі репресовані, а деякі з них знищені фізично. Після окупації розпочався новий етап і суттєву допомогу тут надали кадри, скеровані зі сходу. Був серед них і Абба Юхимович Глауберман, випускник Одеського державного університету, котрий після захисту кандидатської дисертації в Ленінграді (керівник Я.І. Френкель), почав працювати з 1948 року у Львові як викладач фізики. Саме під його керівництвом, вперше почувши про нові методи в статистичній фізиці, котрі запропонував М.М. Боголюбов у своїх знаменитих «Проблемы динамической теории в статистической физике» (1946 р.) та «Лекції з квантової статистики» (1949 р.), Ігор Рафаїлович Юхновський розпочинав свої наукові студії. Відповідно, відділ СТеКС став першим академічним підрозділом у галузі фізики, що виник у Західній Україні.

Другий фактор стосується уже історії становлення і розвитку фізики конденсованої речовини у світі загалом. Сам термін як об'єднуюча назва цілої низки інших напрямків досліджень із фізики, які сформувалися раніше, почав активно використовуватися в науковій літературі з середини минулого



Рис. 3. В.С. Міліянчук, М.М. Боголюбов, А.Ю. Глауберман біля входу до фізичного факультету Львівського університету (середина 1950-их років).

століття. Вперше в назві наукового підрозділу термін використав Філіп Андерсон, Нобелівський лауреат із фізики в 1977 році, та його колега Волкер Гайне, змінивши назву своєї групи у Кавендишській лабораторії Університету Кембріджа з теорії твердого тіла на теорію конденсованої речовини. Відбулося це в 1967 році, тобто за два роки до створення відділу СТеКС. Отже, поява цього академічного підрозділу в Україні, де зусиллями академіка Боголюбова наприкінці 50-х — початку 60-х років минулого століття були закладені основи новітньої статистичної фізики, з актуальною тематикою «фізика конденсованої речовини», цілком виправдана в науковому плані.

І третій фактор — чисто людський. У 1966 році Ігор Рафаїлович захистив докторську дисертацію. Ним уже був сформульований новий і потужний метод дослідження багаточастинкових систем — метод колективних змінних, що дозволяв математично строго перейти від простору індивідуальних координат частинок до змінних, які описують колективні рухи. Цей метод відкрив широкі перспективи для використання функціональних інтегралів у статистичній фізиці і мав низку переваг у порівнянні з іншими підходами. Для дослідження квантових багаточастинкових систем було розвинуто метод зміщень і колективних змінних. Ці оригінальні підходи творили фундамент для вивчення цілої низки актуальних проблем фізики конденсованої речовини. А головне була сильна мотивація: І.Р. Юхновський мав велику мрію — створити потужну дослідницьку групу у Львові, з якою можна було б такого типу проблеми розв'язувати ефективно. І головний акцент при цьому робився на роботу зі здібною молоддю.

На початках штат новоствореного відділу складався з двох осіб — завідувача та старшого лаборанта, і місцем його локації була кімната на третьому

поверсі будинку на вул. Драгоманова, 19, де розміщувалася кафедра теоретичної фізики ЛДУ. Згодом до роботи у відділі почали активно залучатися талановиті студенти, найздібніші випускники фізичного факультету та аспіранти кафедри теоретичної фізики ЛДУ ім. І.Я. Франка. Ширшою ставала тематика досліджень, що виливалося в постановку нових наукових задач. При цьому Ігор Рафаїлович вважав, що оскільки Львів на той час був далеко віддалений від світових наукових центрів, то наукові задачі, які ставляться перед молодими співробітниками, не можуть бути легко розв'язуваними. Величезна увага приділялася роботі в групі та науковим дискусіям. Так, для прикладу, до 1990



Рис. 4. Наукова дискусія у відділі СТеКС [приміщення на вул. Радянській (нині — Винниченка), 32]. Зліва направо: З. Гурський, П. Костробій, Р. Левицький, С. Баран, І. Юхновський, І. Вакарчук, М. Ваврух. 1971

року тут відбулося більше тисячі наукових семінарів, до участі в яких запрошувалися вчені з інших дослідницьких центрів. Необхідним елементом стало знайомство з досягненнями іноземних колег. Апробація отриманих результатів обов'язково супроводжувалася виступами на конференціях у Києві, Москві, Дубні, Харкові та інших містах із розвинутою науковою інфраструктурою. За такими принципами закладалися основи майбутньої наукової школи.

Тоді ж почало активно розвиватись і міжнародне співробітництво. При переході з університету в Академію наук І.Р. Юхновський зберіг тісні контакти з фізиками-теоретиками Ростокського університету В. Ебелінгом та Г. Кельбгом. Мали місце наукові візити, довгострокові стажування, спільне керівництво підготовкою дисертацій. Зокрема в Україні проходили стажування Х. Хейтцхейм, Г. Крінке, Н. Альберендт. Згодом підписали двосторонній договір з університетом Росток (НДР). Ігор Рафаїлович також був науковим керівником аспірантів з Єгипту М. Габаші та А. Фарука, які успішно захисти-

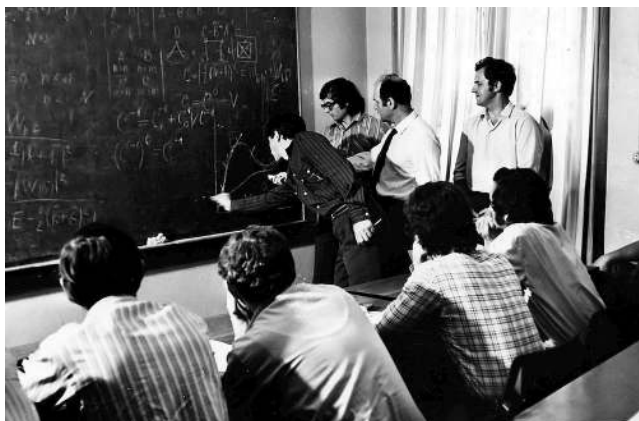


Рис. 5. Дискусія на семінарі відділу СТеКС. Біля дошки: М. Ваврух, І. Вакарчук, І. Юхновський, В. Височанський. Початок 1970-их



Рис. 6. Під час візиту до Ростока (НДР). Прогулянка І. Юхновського з В. Ебелінгом. На задньому плані Г. Кельбг. Кінець 1960-х

ли у Львові свої кандидатські дисертації.

У 1972 році І.Р. Юхновського обрано членом-кореспондентом АН УРСР за спеціальністю «теоретична фізика», що стало вагомим досягненням і підтвердженням перспектив як самого вченого, так і очолюваного ним наукового підрозділу. Першими аспірантами І.Р. Юхновського в Академії наук стали Р.М. Петрашко, І.О. Вакарчук та П.П. Костробій. Одночасно І.Р. Юхновський

мав аспірантів у Львівському університеті, зокрема М.В. Вавруха та Ю.К. Рудавського, які після закінчення аспірантури також прийшли на роботу до Львівського відділу ІТФ. Із розширенням змінювалися місця розташування відділу СТеКС. Після невеликих приміщень на вул. Драгоманова, 19 та вул. Радянській, 32 відділ отримав гарні кімнати на третьому поверсі будинку на вул. Драгоманова, 14/16, де пропрацював до 1990 року. У відділі панувала творча і демократична, а разом із тим — дуже вимоглива атмосфера. І.Р. Юхновський як керівник щоквартально проводив індивідуальне прослуховування кожного співробітника, причому робив це публічно, що не давало можливості нікому розслаблятися і разом із тим здружувало науковий колектив. Кожен знав про іншого, чим він займається і чого досягнув за останній час. Така система була дуже дієвою і тривала до початку 1990-их років.



Рис. 7. Працівники відділу СТеКС на терасі будинку на вул. Драгоманова, 14/16. Зліва направо: З. Гурський, П. Костробій, О. Гонопольський, Н. Привнак, І. Юхновський, М. Ваврух, І. Вакарчук, І. Куриляк, Р. Петрашко, М. Кориневський, М. Козловський, Р. Левицький, П. Слободян, В. Височанський, С. Баран. 1975

Одразу після утворення відділу СТеКС під керівництвом І.Р. Юхновського та за підтримки М.М. Боголюбова Львів став місцем організації конференцій зі статистичної фізики. Впродовж 1970–1982 рр. тут було організовано і проведено п'ять конференцій зі статистичної фізики.

Львів поступово утверджувався як провідний центр зі статистичної фізики не тільки в Україні, але й в усьому колишньому СРСР.

Широко практикувалася серед співробітників відділу також практична школа наукового керівництва, громадської і науково-організаційної роботи. Старші колеги мали завдання працювати з молодшими. На громадських



Рис. 8. Четверта Робоча нарада зі статистичної фізики. Зліва направо: В. Москаленко, В. Федянін, С. Пелетмінський, І. Юхновський, Й. Фішер, Д. Петрина, Р. Гайда, Р. Левицький. 1973



Рис. 9. На Координаційному семінарі «Мембранне опріснення і статистична фізика». Зліва направо: М. Головка, І. Юхновський, Ю. Рудавський, Є. Сов'як, І. Куриляк, О. Пізіо, М. Кориневський. Славськ. 1979

засадах заступниками керівника відділу, змінюючи один одного, працювали З.О. Гурський, М.В. Ваврух, Р.М. Петрашко та І.О. Вакарчук; вченими секретарями були Ю.К. Рудавський та М.Ф. Головка. У цьому питанні позиція І.Р. Юхновського полягала в тому, щоб залучати якнайширше коло вчених до науково-організаційної роботи та мати необхідні контакти з представниками місцевої влади та працівниками Президії Академії наук, без погодження з якими в ті часи не приймалося жодне рішення. Такий підхід виховував у науковців відчуття колективної відповідальності за успіх справи і, як згодом показало життя, він виявився цілком правильним і перспективним.

Упродовж першого десятиліття діяльності відділу отримано цілу низку

вагомих результатів. Із застосуванням методу колективних змінних до опису іонно-дипольних систем вперше у світовій науці було побудовано мікроскопічну теорію розчинів електролітів, у якій рівноправно враховуються усі взаємодії між іонами електроліту та молекулами розчинника. Доведено, що характер екранування електростатичних взаємодій іонами і молекулами розчинника є принципово різним. Досліджено фундаментальну роль молекулярної підсистеми розчинника та природу явищ іонної сольватації, вперше запропоновано їх кількісний опис, вивчено механізми утворення та специфіку ближнього порядку в розчинах (І.Р. Юхновський, М.Ф. Головка).

Для опису квантових багаточастинкових систем запропоновано метод зміщень і колективних змінних, який виявився дуже ефективним при дослідженні фермі- та бозе-систем. Із його використанням вперше побудовано кількісну мікроскопічну теорію рідкого гелію і отримано низку оригінальних результатів в електронній теорії металів (І.Р. Юхновський, І.О. Вакарчук, М.В. Ваврух).



Рис. 10. Формули в чотири руки. І. Юхновський, І. Вакарчук. Середина 1970-их

У теорії фазових переходів і критичних явищ вперше з перших принципів показано, що поблизу критичної точки виникає особливий режим поведінки з новим типом симетрії — симетрія ренормалізаційної групи, що призводить до універсальності в поведінці різних систем, спільними для яких є лише певні загальні характеристики: вимірність простору, число компонент параметра порядку, тип взаємодій тощо (І.Р. Юхновський, Ю.К. Рудацький, М.П. Козловський).

У теорії квантових багаточастинкових систем із сильними короткосяжними кореляціями розвинено підхід, що ґрунтувався на базисному врахуванні короткодії в рамках формалізму вузлових операторів (аналог операторів Га-

барда). Сформульовано оригінальний варіант діаграмної техніки Фейнмана та запропоновано алгоритми розрахунку часових кореляційних функцій та динамічних сприйнятливостей. Було продемонстровано ефективність такого підходу при описі явищ у кристалічних сполуках із перехідними та рідкісно-земельними елементами (І.В. Стасюк, П.М. Слободян).

Вперше запропоновано модельний псевдопотенціал (Краско-Гурського) електрон-іонної взаємодії, який виявився надзвичайно ефективним при описі металів і сплавів (І.Р. Юхновський, З.О. Гурський).

Львівське відділення статистичної фізики

Відділ міцнів кадрово: до 1980 р. було захищено 20 кандидатських та одна докторська (І.О. Вакарчук став одним із наймолодших докторів наук на теренах СРСР) дисертації. Завершив роботу над докторською дисертацією М.Ф. Головка. Це дозволило І.Р. Юхновському ставити питання про створення ще двох наукових підрозділів, якими стали відділи теорії розчинів (завідувач М.Ф. Головка) і квантової статистики (завідувач І.О. Вакарчук).

У цьому ж році було створене Львівське відділення статистичної фізики ІТФ АН УРСР, керівник якого І.Р. Юхновський обійняв одночасно посаду заступника директора з наукової роботи Інституту теоретичної фізики АН УРСР. Він мав свій кабінет у чудовому будинку ІТФ на Феофанії в Києві, який довго давав прихисток для працівників Львівського відділення під час їхніх частих поїздок до Києва. Заступниками керівника відділення були послідовно І.О. Вакарчук та М.А. Кориневський, вченим секретарем — Ю.К. Рудавський, а потім М.П. Козловський. У 1982 р. І.Р. Юхновського обрано академіком АН УРСР за спеціальністю «теоретична фізика». Під його керівництвом одночасно і паралельно розвивалися такі напрямки досліджень, як теорія розчинів електролітів, фізика квантових багаточастинкових систем, теорія фазових переходів і критичних явищ. При цьому Ігор Рафаїлович як лідер наукової школи завжди дотримувався принципу — віддавати своїм учням ту наукову проблему, для якої на принциповому рівні знайдено шлях до її вирішення, а самому розпочинати нову задачу.

З 1980-х Львівське відділення статистичної фізики виходить на міжнародний рівень в організації наукових конференцій, зокрема зусиллями його працівників із великим успіхом у Львові пройшли Міжнародна школа з фізики іонної сольватації (1983), II Радянсько-італійський симпозіум із математичних проблем статистичної фізики (1985), Конференція з вибраних питань статистичної фізики (1987).

У 1982 р. виходить монографія І.Р. Юхновського та М.Ф. Головка «Статистична теорія класичних рівноважних систем» (Київ, Наукова думка), яка стала однією з перших у світовій літературі, а згодом фактично класичним підручником із мікроскопічної теорії рідкого стану. В розвиток цієї темати-

ки шляхом поєднання методу колективних змінних і базисного врахування короткосяжних взаємодій було побудовано групові оптимізовані розвинення для термодинамічних функцій та функцій розподілу класичних систем взаємодіючих частинок, що знайшли широке використання в теорії рідин і розчинів (М.Ф. Головко, І.Р. Юхновський, О.О. Пізіо). Теорію розчинів електролітів узагальнено на випадок просторово-обмежених систем — електролітичних плівок і мембран. Показано, що через наявність у напівобмежених системах сил електростатичного відображення, які зумовлюють адсорбційні ефекти на поверхні електроліту, ефекти екранування у просторово-неоднорідних та об'ємних системах якісно відмінні. Вперше розроблено статистичну теорію зворотньоосмотичних процесів розчинів електролітів крізь мембранні структури для селективної фільтрації розчинів (І.Р. Юхновський, М.Ф. Головко, М.В. Токарчук, І.Й. Куриляк, Є.М. Сов'як, А.Ф.Коваленко).



Рис. 11. М.Ф. Головко виступає на семінарі відділення статистичної фізики. Зліва направо сидять: М. Козловський, З. Гурський, І. Юхновський, Г. Понеділок, Ю. Рудавський, М. Кориневський. Початок 1980-их

Серед інших результатів того періоду відмітимо такі. Вперше запропоновано мікроскопічну теорію фазових переходів у тривимірних системах, яка дозволяє отримувати явні аналітичні вирази для основних фізичних характеристик в околі переходу, як універсальних (критичні показники), так і неуніверсальних (температура фазового переходу, теплоємність, сприйнятливості тощо). Теорія була застосована до вивчення критичної поведінки у різноманітних моделях статистичної фізики і теорії конденсованої речовини, в тому числі й до опису критичної точки «рідина-газ» (І.Р. Юхновський, М.П. Козловський, І.М. Мриглюд, Ю.В. Головач, Ю.В. Козицький, М.А. Кориневський, І.М. Ідзик, В.О. Коломієць, О.В. Пацаган). Основні положення цієї теорії опу-

бліковані в монографії І.Р. Юхновського «Фазові переходи другого роду. Метод колективних змінних» (Київ, Наукова думка, 1985), яка згодом побачила світ англійською мовою у видавництві World Scientific (Сінгапур).

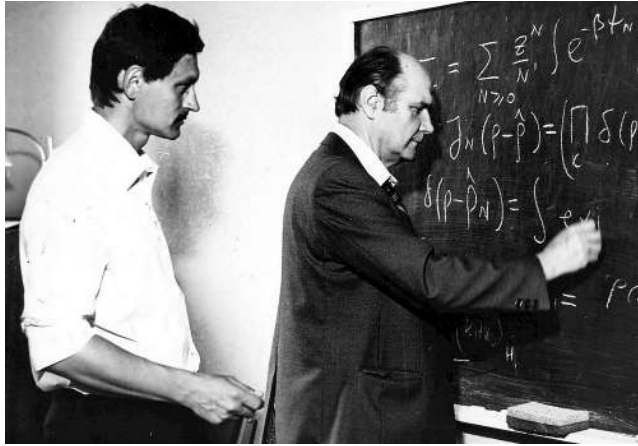


Рис. 12. Початки теорії фазових переходів біля дошки. І. Юхновський та М. Козловський. Кінець 1970-их

На мікроскопічному рівні було розраховано рівняння стану для виродженого електронного газу, досліджено властивості бінарної функції розподілу електронів для сильної неідеальності та отримано правильну асимптотику бінарної функції на малих віддальх для густин електронів, що типові для металів. Розвинуто метод повністю ортогоналізованих плоских хвиль для опису перехідних та рідкісноземельних сплавів (І.Р. Юхновський, М.В. Ваврух, З.О. Гурський).

У 1986 р. після захисту докторської дисертації відділ квантової статистики очолив І.В. Стасюк. Ним було закладено основи мікроскопічної теорії індукованих зовнішніми полями оптичних і деформаційних ефектів у діелектричних кристалах із сегнетоелектричними та структурними фазовими переходами (сегнетоелектрики з водневими зв'язками, ян-теллерівські кристали). Описано низку лінійних і квадратичних параметричних оптичних явищ, з'ясовано їх мікроскопічні механізми, проінтерпретовано існуючі експериментальні дані та ініційовано нові експерименти (І.В. Стасюк, С.С. Коцур, О.Л. Іванків, Р.Я. Стеців).

Метод базисного підходу для опису систем із коротко- і далекосяжними взаємодіями застосовано до квантових систем типу лад-безлад, що описуються псевдоспіновими моделями (сегнетоелектрики, Ізінгівські магнетики тощо). При цьому короткосяжні взаємодії враховувалися у кластерному наближенні (І.Р. Юхновський, Р.Р. Левицький).

У співпраці з групою проф. Д.М. Зубарева (Москва) розпочалися дослідження нерівноважних процесів у розчинах електролітів методами нерівноважної статистичної фізики (М.В. Токарчук), що дозволило суттєво розширити спектр задач, які розглядалися у Відділенні.

У 1986 р. І.Р. Юхновському спільно з М.М. Боголюбовим (мол.) та С.В. Петлімінським було присуджено Премію АН УРСР ім. М.М. Крилова за цикл робіт «Математичні методи дослідження систем зі спонтанно порушеною симетрією».

Після створення Відділення, незважаючи на те, що в радянські часи закордонні контакти не дуже заохочувалися, ще активніше почала розвиватися міжнародна співпраця. Сприяло цьому те, що, з одного боку, теоретичні дослідження, які тут проводилися, мали фундаментальний характер і не мали жодного стосунку до закритої тематики. З іншого боку, більшість молодих вчених досить добре володіли англійською мовою, а керівництво Відділення активно підтримувало цей напрямок діяльності. Так, для прикладу, Львівське відділення статистичної фізики ІТФ було серед піонерів використання засобів комунікації електронною поштою, які в Україні тільки почали запроваджуватися. Усе це сприяло встановленню тісних і взаємовигідних зв'язків не лише з партнерами з країн колишнього соціалістичного табору, але й провідними дослідницькими центрами розвинутих країн. Так у 80-х роках було

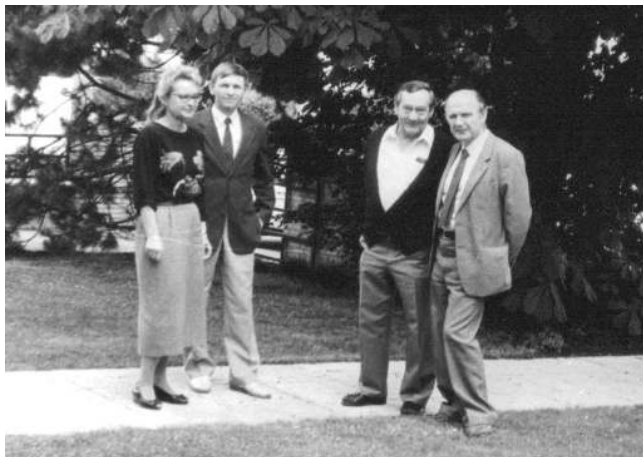


Рис. 13. З візитом у Німеччині. Зліва направо: Е. Хайнцінгер, А. Трохимчук, К. Хайнцінгер, І. Юхновський. Майнц, 1989

підписано договір з Інститутом хімії Товариства імені Макса Планка (Майнц, ФРН) у рамках співробітництва між АН СРСР та Товариством імені Макса Планка. Його багатолітнім керівником із німецької боку став доктор Карл Хайнцінгер, який уже мав на той час десятилітній досвід комп'ютерних си-

муляцій і прагнув поєднати їх із аналітичною теорією рідин, яку розвивали львівські дослідники.

Зокрема, завдяки цьому договору після численних стажувань у Майнці та кількох візитів К. Хайнцінгера до Львова тут почав активно розвиватися новий для України напрямок досліджень — комп'ютерне моделювання об'єктів конденсованої речовини. В результаті виконання договору досягнуто значних успіхів у теорії діелектричних властивостей води та описі властивостей цілої низки водних розчинів. Співпраця з доктором К. Хайнцінгером тривала десятки років і сьогодні він є почесним доктором ІФКС НАН України.

Створення Львівського відділення ІТФ АН УРСР дозволило розширити фронт досліджень і залучити більше число науковців до вирішення актуальних проблем фізики конденсованої речовини. До 1990 р. під керівництвом співробітників Відділення захищено майже 50 кандидатських дисертацій, тут працювало уже 6 докторів фізико-математичних наук.

Творення Інституту фізики конденсованих систем

У вересні 1990 р. на базі Львівського відділення статистичної фізики ІТФ АН УРСР створено Інститут фізики конденсованих систем АН УРСР (постанова Президії АН УРСР № 213 від 7 вересня 1990 року «Про створення у м. Львові Інституту фізики конденсованих систем АН УРСР»), який став першим академічним інститутом із фундаментальних досліджень у галузі фізики в Західній Україні. Зауважимо, що це була не перша спроба творення інституту. До 1990 року ще двічі академік І.Р. Юхновський за підтримки цілої низки провідних вчених зі світовими іменами, серед яких були М.М. Боголюбов, А.М. Прохоров, Ю.А. Осип'ян, А.А. Логунов, О.С. Давидов та інші, безуспішно намагався втілити в життя свою мрію про створення у Львові академічного інституту.

Але змінилися часи, Інститут став фактично першим академічним закладом, утвореним ще в УРСР, але вже за правилами незалежної Української держави, а отже, відпала потреба брати дозволи органів влади СРСР у Москві.

При створенні Інституту було засновано ще чотири нові відділи, а саме: теорії металів і сплавів (З.О. Гурський), теорії багатеелектронних систем (М.В. Ваврух), обчислювальної фізики (Т.Є. Крохмальський) і теорії релятивістичних систем (Р.П. Гайда), а також три лабораторії: теорії фазових переходів (М.П. Козловський), модельних спінових систем (Р.Р. Левицький), нерівноважних процесів у простих рідинах і плазмі (М.В. Токарчук). Таким чином, до структури Інституту разом із трьома раніше існуючими відділами (СТеКС, квантової статистики і теорії розчинів) увійшло сім наукових відділів.

І.Р. Юхновський, вже будучи обраним народним депутатом до Верховної Ради України, став директором-засновником Інституту фізики конденсованих систем. До першого складу дирекції увійшли: заступники директора з

Знає Акад. АН УРСР І.Р. Юхновського
 как выдающегося специалиста в
 области статистической физики
 весьма поддерживает предметные
 организации под его руководством
 Изучить физику конденсированных сред
 в г. Львове

1988/89 Акад. Н. Грин

Рис. 14. Записка М.М. Боголюбова щодо створення академічного інституту у Львові. 1988

наукової роботи І.В. Стасюк і М.А. Кориневський, вчений секретар І.М. Мриглов та заступник директора з загальних питань С.М. Мохняк.



Рис. 15. Перший склад дирекції Інституту фізики конденсованих систем НАН України. В кабінеті директора в будинку на вул. Свенціцького, 1 зліва направо: І.М. Мриглов, С.М. Мохняк, І.Р. Юхновський, М.А. Кориневський, І.В. Стасюк. 1990

У цьому ж році І.Р. Юхновський став головою Західного наукового центру АН УРСР і певний час (до набуття ЗНЦ АН УРСР статусу окремої юридичної

особи) усі працівники центру теж входили до штату інституту.

Завдяки старанням депутатів Ленінської (згодом Галицької) районної ради міста Львова Ігора Процикевича, наукового співробітника інституту, та Богдана Благітка, доцента ЛДУ, вдалося добитися передачі в користування інституту приміщень школи вищого партійного активу та зональної комсомольської школи (у зв'язку із заборобою КПРС після невдалого серпневого путчу в 1991 році і ліквідацією її майна) на вул. Інститутській (нині Свенціцького), 1. У цьому будинку ІФКС НАН України розміщений донині. Будинок було споруджено в 1900 році для Товариства наукової допомоги (інтернат для здібних дітей) за проектом Людвіка Вежицького — архітектора, знаного мистецтвознавця, громадського діяча та проектувальника багатьох муніципальних будівель у Галичині.



Рис. 16. Будинок ІФКС НАН України на вул. Свенціцького, 1.

У зв'язку зі створенням Інституту розпочато реалізацію низки інфраструктурних проектів. У 1991 р. у Львівському державному університеті ім. І.Я. Франка утворено кафедру фізики конденсованих систем (завідувач — Г.В. Понеділок) як базову кафедру Інституту. Її метою стало залучення кваліфікованих кадрів Інституту до навчального процесу задля якісної підготовки студентів для наукової роботи в Інституті. Кафедра проіснувала до 1996 р. За цей час на ній спеціалізувалося 38 студентів, 16 із яких отримали дипломи з відзнакою.

У 1992 р. за підтримки Міжнародного фонду «Відродження» ІФКС НАН України започаткував проект «УАРНЕТ» із розвитку науково-телекомунікаційної діяльності засобами комп'ютерної мережі Інтернет. Окрім завдань, орієнтованих на чисто наукові запити, цей проект передбачав також

розв'язання низки проблем, важливих на державному рівні. В рамках цього проекту за активного сприяння І.Р. Юхновського, на той час першого віцепрем'єр-міністра України, і підтримки урядів Польщі та Австрії з ІФКС НАН України в лютому 1993 р. вперше в Україні було здійснено некомутоване підключення до глобального Інтернету. Розпочалося активне залучення державних установ, вищих навчальних закладів і дослідницьких центрів до нових інформаційних технологій, які при цьому ставали доступними. Вже до кінця 1993 року десятки організацій мали змогу підключитися до всесвітньої інформаційної мережі. Ініціатором цієї діяльності та першим керівником проекту став О.Я. Сабан, згодом завідувач Лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж ІФКС НАН України. Від початку 1999 року ця діяльність проводиться Державним підприємством Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» ІФКС НАН України (директор І.А. Процикевич), яке є нині найбільшим провайдером у Західній Україні і головним оператором Академічної мережі обміну даними.



Рис. 17. Під час урочистого засідання з нагоди з'єднання мережі «УАРНЕТ» з Польською академічною мережею «Піонер». І. Юхновський, І. Процикевич. 2009

Для передачі даних у мережах використовуються волоконно-оптичні канали зв'язку швидкістю 100 Гбіт/с в DWDM системі за маршрутами Київ — Львів, Київ — Харків, Київ — Одеса, Львів — Варшава, що мають з'єднання з Польською академічною мережею «Піонер», мережами Level3, Global Crossing, RETN. Крім того УАРНЕТ має доступ до точок обміну трафіком між європейськими і світовими мережами у Франкфурті (De-CIX) та Амстердамі (AMS-IX). Загальна ємність його каналів зв'язку до глобальних інформаційних ресурсів Інтернет перевищує 700 Гбіт/с.



Рис. 18. На святкуванні 25-річчя проекту «УАРНЕТ». Зліва направо: І. Процикевич, М. Головко, О. Іванків, М. Пацаган, О. Мельник, Р. Мельник, М. Брик, І. Юхновський, Т. Брик, О. Пацаган, І. Стасюк. 2018

У липні 1993 р. в академічному видавництві «Наукова думка» видруковано перше число міжвідомчого наукового збірника з піврічною періодичністю «Фізика конденсованих систем / Condensed Matter Physics». Дозвіл на це видання надала Президія АН УРСР у 1990 р. при утворенні Інституту. У видавництві «Наукова думка» вийшло перших два числа збірника, а з 1994 р. збірник реорганізовано в англomовний журнал «Condensed Matter Physics», видавцем якого виступає ІФКС НАН України. До 1997 р. включно було видано дванадцять номерів цього журналу. Особливо популярним став 4-ий випуск, присвячений пам'яті Д.М. Зубарева, зі статтями з нерівноважної статистичної фізики, який на сьогодні став справжнім раритетом. Від 1998 р. журнал є щоквартальним. Тут публікуються оригінальні та оглядові статті зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини. Журнал став першим в Україні виданням, в якому: почав використовуватися $\text{\LaTeX}$ редактор для підготовки рукописів, забезпечено повнотекстовий доступ до всіх статей та запроваджено в практику роботу електронної редакції. І.Р. Юхновський — головний редактор журналу від часу його заснування. Заступниками головного редактора журналу до 2007 р. були М.П. Козловський, Р.Р. Левицький та І.В. Стасюк, протягом 2007–2010 рр. І.В. Стасюк був єдиним заступником, а після реорганізації роботи редколегії журналу від 2011 р. заступниками головного редактора стали Т.М. Брик, Ю.В. Головач, М.Ф. Головко, І.М. Мриглад, А.М. Швайка та І.В. Стасюк, кожен із яких веде свій напрям. Відповідальними секретарями журналу були Ю.Б. Ключковський (1993), М.В. Токарчук (1994–1997), а від 1997 р. О.В. Пацаган. Від 2011 р. до організації діяльності редколегії також до-

лучилися О.Л. Іванків як менеджер-редактор та Я.М. Ільницький як відповідальний секретар. У 2003 р. журнал включено до списку періодичних видань із високими показниками якості Європейського фізичного товариства (EPS Recognized Journals), а від 2005 р. — до списку основних наукових видань (Master Journal List) американського Інституту наукової інформації (Thomson ISI). Анотації статей з журналу публікуються та індексуються у низці міжнародних видань і наукометричних баз, зокрема у Web of Science Core Collection WoS (CC), Chemical Abstracts, INSPECT, PubScience, Scopus тощо. У червні 2008 р. журнал став першим у незалежній Україні науковим періодичним виданням, яке отримало імпакт-фактор Journal Citation Reports (JCR); у 2018 р. він склав 0,852. При журналі працює міжнародна редколегія, до складу якої входять провідні фахівці з 15 країн світу. Світовою (біля 60 країн) також є географія авторів.

Із утворенням ІФКС НАН України активно продовжується конференційна діяльність. Проводиться серія великих білатеральних міжнародних заходів, в тому числі: І Радянсько-польський симпозіум із фізики сегнетоелектриків та споріднених матеріалів (1990), Українсько-французький симпозіум «Конденсована речовина: наука та індустрія» (1993), а також Міжнародна робоча нарада зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини (1995), Робоча нарада INTAS-Україна з фізики конденсованої речовини (1998), Боголюбовські читання у Львові (1999), Конференція з сучасних проблем теорії м'якої речовини (2000).



Рис. 19. Боголюбовські читання у Львові. У Дзеркальному залі ЛНУ імені Івана Франка. Зліва направо: М.М. Боголюбов (мол.), І.Р. Юхновський, І.О. Вакарчук, І.В. Стасюк, К.Д. Товстюк.

На початку 1995 р. в Інституті запроваджено ще одну посаду заступника

директора з наукової роботи, яку обійняв І.М. Мриглод, а вченим секретарем Інституту став О.Л. Іванків. Із врахуванням біжучого стану справ внесено зміни в структуру Інституту, в результаті яких на основі лабораторії нерівноважних процесів у простих рідинах і плазмі утворено відділ теорії нерівноважних процесів (М.В. Токарчук), а на основі лабораторії модельних спінових систем — відділ теорії модельних спінових систем (Р.Р. Левицький). Також була створена нова лабораторія інформаційних технологій і комп'ютерних мереж (О.Я. Сабан) та ліквідований відділ обчислювальної фізики, оскільки діяльність із комп'ютерних обчислень проводилася практично в усіх наукових підрозділах Інституту. Тоді ж Інститут отримав для своїх потреб один поверх в будинку академічних установ на вул. Козельницькій, 4. Там розмістилася низка наукових відділів, а також згодом збудовано другу чергу розрахункового кластера і розміщено навчальну аудиторію для студентів, які навчаються на спільних кафедрах Інституту та НУ «Львівська політехніка».

Цього ж року І.В. Стасюка обрано членом-кореспондентом НАН України за спеціальністю «теоретична фізика». У травні 1995 р. при ІФКС НАН України відкрито Спеціалізовану вчену раду із захисту докторських дисертацій. Нині Рада розглядає дисертації за трьома спеціальностями: 01.04.02 — теоретична фізика, 01.04.07 — фізика твердого тіла, 01.04.24 — фізика колоїдних систем. При цьому відкриття в Україні спеціальності «фізика колоїдних систем» було ініційоване Інститутом і схвалене ВАК України у 1997 р. Першу докторську дисертацію в Україні за цією спеціальністю захистив у ІФКС НАН України Ю.В. Калюжний.

У 1995 р. спільно з Міжгалузевим науково-технічним центром «Укриття» НАН України (м. Чорнобиль) було утворено відділ теоретичних проблем фізико-хімічних процесів у радіоактивністких середовищах (М.В. Токарчук). Його тематика охоплювала дослідження процесів взаємодії фрагментів активної зони зруйнованого реактора, ядерної магми та пилу з водою, а також процеси радіолізу, гідратації та комплексоутворення радіоактивних елементів у водних розчинах. Відділ закрито у 1996 р. у зв'язку зі зміною керівництва та структури МНТЦ «Укриття», хоча дослідження за цією тематикою продовжувалися й далі.

Після завершення структурної реорганізації у 1996 р. з ліквідацією відділів теорії багатоелектронних систем і теорії релятивістичних систем із приєднанням їх співробітників до інших наукових підрозділів в Інституті функціонувало шість відділів, одна лабораторія у складі відділу та одна загальноінститутська лабораторія. Тоді ж відбулися чергові вибори директора Інституту на новий термін. Директором було обрано І.Р. Юхновського, а його заступниками з наукової роботи стали І.М. Мриглод та І.В. Стасюк, вченим секретарем — О.Л. Іванків, заступником із загальних питань — І.А. Процикевич. У зв'язку з постійною зайнятістю І.Р. Юхновського як народного депутата у Верховній Раді України обов'язки директора Інституту виконував І.М. Мриглод.

Виокремимо найважливіші результати першого десятиліття діяльності ІФКС НАН України.

Розвинуто статистичну теорію фазових переходів у багатокомпонентних сумішах із коротко- і далекосяжними міжчастинковими взаємодіями, яка дозволила на мікроскопічному рівні описати термодинаміку поблизу фазових переходів газ-рідина і рідина-рідина та отримати фазові діаграми. Теорія апробована на низці бінарних модельних систем (І.Р. Юхновський, О.В. Пацаган, І.М. Мриглод).

Для опису складних рідин розвинуто багатогустинні підходи в теорії рідин із врахуванням ефектів кластерування. Описано асоціативні та сольватаційні ефекти в рідинах і розчинах (М.Ф. Головкин, Ю.В. Калюжний). Вперше в Україні введено в науковий обіг термін «м'яка речовина» для опису широкого класу об'єктів конденсованої речовини, які раніше відносилися до сфери хімічних та біологічних досліджень (прості та квантові рідини, молекулярні рідини, розчини електролітів, полімери, поліелектроліти, рідкі кристали, колоїдні та міцелярні системи, гелі, мембрани, пористі середовища тощо). ІФКС визначено провідним науковим центром із дослідження таких об'єктів. Створено Раду з фізики м'якої речовини при Відділенні фізики і астрономії НАН України, яка координує діяльність у цьому напрямі (І.Р. Юхновський — голова ради, М.Ф. Головкин, І.М. Мриглод заступники, Т.М. Брик, А.Д. Трохимчук вчені секретарі).

Запропоновано оригінальний метод дослідження динаміки рідин, що базується на концепції колективних збуджень і вважається одним із найперспективніших — метод узагальнених колективних мод. На цій основі вперше самоузгоджено розраховано часові кореляційні функції, спектри колективних збуджень та узагальнені коефіцієнти переносу для багатьох об'єктів — від густих плинів і рідких металів до магнітних, полярних та іонних рідин і їх сумішей (І.М. Мриглод, М.В. Токарчук, І.П. Омелян).

Детально вивчено вплив швидких кінетичних процесів на динамічні властивості рідин, досліджено роль збуджень типу зсувна хвиля, негідродинамічний механізм поширення тепла, природу оптичних мод фононного типу в сумішах, механізми формування спінових хвиль у магнітних рідинах. Вперше отримано вирази для гідродинамічних часових кореляційних функцій багатосортних сумішей та узагальнених термодинамічних величин, що важливо для інтерпретації експериментів із розсіяння. Шляхом комбінації аналітичних підходів і комп'ютерного моделювання досліджено специфіку динамічної поведінки сумішей з масовою асиметрією (І.М. Мриглод, Т.М. Брик).

Розроблено концепцію узгодженого опису кінетики та гідродинаміки для густих газів, рідин і густої плазми на основі методу нерівноважного статистичного оператора Д.М. Зубарева. Вперше отримано кінетичне рівняння ревізованої теорії Енскога. Запропоновано узагальнене кінетичне рівняння Енскога-Ландау для системи заряджених твердих сфер (М.В. Токарчук, І.П. Омелян,

О.Є. Кобрин).

Виконано піонерські роботи з вивчення фізико-хімічних властивостей і стану паливовмісних матеріалів (ПВМ) в об'єкті «Укриття» та їх зміни в часі. Досліджено радіаційну стійкість ПВМ; механічні, діелектричні і магнітні властивості лавоподібних ПВМ; явище пилоутворення та особливості динаміки субмікронного пилу; процеси окислення і взаємодії ПВМ із водними розчинами, сорбцію радіонуклідів із використанням карбонатно-вмісних глин тощо. Ці роботи стимулювали важливі експерименти, що дозволили внести доповнення до програми моніторингу ПВМ і виробити рекомендації щодо поводження із ними на різних етапах перетворення об'єкту «Укриття» в екологічно безпечну систему (І.Р. Юхновський, М.В. Токарчук, І.М. Мриглод, І.В. Стасюк, М.Ф. Головка).

Поеднуючи методи статистичної фізики та квантової теорії поля, створено статистичну теорію складних полімерних макромолекул. Проаналізовано макро-молекулярні системи, які є складними за своєю хімічною будовою (кополімери, багатосортні полімери), топологією (полімерні сітки та зірки), середовищем (макромолекули в пористому середовищі, в клітині). Отримані результати дозволили не лише кількісно описати конформаційні характеристики складних макромолекул, але і сприяли глибшому розумінню цілої низки фізичних, хімічних та біологічних явищ, що відбуваються за участю полімерів (Ю.В. Головач, В.Б. Блавацька).

ІФКС НАН України: етап розбудови та розвитку

У 1999 р. на базі лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж утворено Державне підприємство «Науково-телекомунікаційний центр „Українська академічна і дослідницька мережа“ Інституту фізики конденсованих систем НАН України». Директором підприємства призначено І.А. Процикевича. Посаду заступника директора з загальних питань Інституту від 2000 р. обіймає М.І. Пацаган.

У 2001 р. з метою розвитку квантово-статистичних підходів та комп'ютерного моделювання процесів на поверхні, дослідження хімічної кінетики та моделювання явищ каталізу засновано відділ квантово-статистичної теорії процесів каталізу (І.М. Мриглод).

У грудні 2001 р. ІФКС НАН України став першою установою НАН України, яка створила і запустила обчислювальний кластер. Реалізація цього проекту була стимульована потребами у проведенні масштабних розрахунків для вирішення низки актуальних задач, пов'язаних, зокрема, із дослідженням поведінки паливовмісних матеріалів в об'єкті «Укриття» Чорнобильської АЕС. Окремі компоненти майбутнього кластера були закуплені за кошти проєктів, які виконував Інститут як підрядник МНТЦ «Укриття» НАН України, та сконструйовані зусиллями молодих співробітників під керівництвом

Т.М. Пацагана. Після низки модифікацій кластер ІФКС продовжує ефективно використовуватися для комп'ютерного моделювання об'єктів м'якої речовини та дослідження фізико-хімічних процесів у них, зокрема процесів гідролізу та гідратації, вивчення динаміки рідин і багатокомпонентних сумішей на різних масштабах, дослідження фазових діаграм і властивостей рідкокристалічних систем, моделювання структури міжфазних границь і вивчення властивостей макромолекулярних та біологічних об'єктів, тощо. Кластер ІФКС входить до п'ятірки найпотужніших кластерів НАН України і формує основу Західного грід-центру Українського національного гріду (УНГ). Він входить також до українського сегменту Європейської грід-інфраструктури (EGI), де зареєстрований під іменем грід-сайту UA_ICMP_ARC. Віртуальна організація (ВО) Multiscale, що функціонує на базі грід-сайту ІФКС, теж зареєстрована в EGI і належить до числа найактивніших серед усіх національних ВО.



Рис. 20. Учасники виїзної сесії Відділення фізики і астрономії НАН України у Львові в ІФКС НАН України. Зліва направо: Ю. Височанський, В. Клепиков, М. Шовгенюк, М. Козловський, А. Загородній, І. Мриглод, А. Алексеев, О. Івасишин, В. Немошкаленко, Б. Остафійчук, Я. Яцків, І. Юхновський, А. Свідзинський, С. Мельничук, В. Варюхін, А. Наумовець, О. Іванків, Д. Тарашченко, І. Стасюк, М. Пацаган, М. Токарчук. 2002

В лютому 2002 року в Інституті фізики конденсованих систем НАН України відбулася виїзна сесія Відділення фізики і астрономії НАН України за участі членів бюро ВФА, представників академічних установ фізичного профілю та університетів західної України. На сесії були представлені останні досягнення Інституту, високо оцінені членами делегації.

У 2003 р. І.М. Мриглоду, М.В. Токарчуку та Ю.К. Рудавському за цикл наукових робіт «Теорія динамічних властивостей та фазові переходи у рідких



Рис. 21. Ігор Юхновський з дружиною Ніною вітають Мирослава Головка з обранням членом-кореспондентом НАН України. 2003

магнетиках» присуджено премію НАН України ім. С.І. Пекаря. Зроста також академічна група в ІФКС НАН України: у 2003 р. членом-кореспондентом НАН України за спеціальністю «фізика м'якої речовини» обрано М.Ф. Головка, а в 2006 р. за спеціальністю «фізика м'якої речовини, статистична фізика» — І.М. Мриглода.

У 2006 р. після чергових виборів директором ІФКС НАН України обрано І.М. Мриглода. І.Р. Юхновський став почесним директором Інституту. На той час після закінчення своєї каденції народного депутата у Верховній Раді України четвертого скликання він обійняв посаду Голови новоствореного центрального органу виконавчої влади зі спеціальним статусом — Українського інституту національної пам'яті. Заступником директора з наукової роботи призначено Т.М. Брику, а вченим секретарем — О.Л. Іванківа, якого після переходу на роботу в Український інститут національної пам'яті на цій посаді в цьому ж році змінив Р.С. Мельник.

У 2007 р. відділ теорії металів та сплавів реорганізовано у відділ комп'ютерного моделювання багаточастинкових систем (Т.М. Брик). Методами класичної та першопринципної молекулярної динаміки у відділі досліджуються структурні, динамічні та електронні властивості твердих тіл, рідин, молекулярних і рідкокристалічних систем, границі розділу



Рис. 22. Директор ІФКС НАН України І.М. Мриглад. 2006

фаз і біологічні системи. До складу відділу входить також група з релятивістичної теорії прямих взаємодій.

У 2010 р. в рамках відділу СТеКС утворено лабораторію статистичної фізики складних систем (Ю.В. Головач), тобто систем, що складаються з багатьох взаємодіючих агентів і проявляють колективну поведінку, яка не є адитивним наслідком поведінки їхніх окремих компонент. Таким чином, в Інституті було започатковано новий міждисциплінарний напрям досліджень, що базується на застосуваннях методів статистичної фізики до опису різноманітних об'єктів, включаючи нефізичні.

У 2000–2010 рр. в Інститут одержав нові важливі результати. Запропоновано сімейство нових числових алгоритмів (понад сорок) для комп'ютерного моделювання динамічних властивостей багаточастинкових систем методом молекулярної динаміки, визначено найефективніші з них. Показано, що за умови використання однакового ресурсу, нові алгоритми точніші за стандартні (типу Верле, Фореста, Сузукі тощо) на фактор, що змінюється від 10 до 10^5 , залежно від порядку алгоритму. Запропоновано нові алгоритми для числового розв'язання рівнянь руху в спінових системах із позиційним безладом. Доведено їх стійкість та ефективність при дослідженнях спінових рідин і фероколоїдів (І.М. Мриглод, І.П. Омелян).

Сформульовано концепцію ефективних структурних взаємодій у фізиці м'якої речовини і запропоновано теоретичні та комп'ютерні методи їх розрахунку. Показано, що структурні взаємодії є домінуючими в системах, що утворені об'єктами з різними просторовими масштабами (А.Д. Трохимчук).

Вперше доведено факт появи нових поправок до скейлінгу при фазовому переході другого роду в системах із термодинамічними в'язями. Запропоновано формалізм опису фазових переходів у таких системах і вказано на особливості, що можуть спостерігатися експериментально (І.М. Мриглод).

Вперше проведено систематичні комп'ютерні дослідження впливу валентності катіона на структуру його гідратної оболонки, в результаті яких виявлено ефект втрати певної кількості атомів водню, що інтерпретується як ефект катіонного гідролізу. Показано, що зі збільшенням валентності катіонів зростає стабільність їх гідратаційних структур. Це підтверджено експериментально в дослідженнях із раманівської спектроскопії. З'ясовано, що катіонний гідроліз може стимулювати виникнення поліядерних іонних комплексів, поява яких суттєво впливає на термодинамічні та інші властивості розчинів (М.Ф. Головка, М.Ю. Дручок, Т.М. Брик).

Створено ренормгрупову теорію ефективної критичної поведінки у складних системах. Для кращого врахування умов експерименту теорію узагальнено на опис систем із структурними неоднорідностями, анізотропією та фрустраціями. Теоретичний аналіз критичної поведінки знайшов широке застосування при дослідженні структурно-невпорядкованих і фрустрованих магнетиків (Ю.В. Головач, М.Л. Дудка).

Розроблено статистичну теорію опису процесів міграції радіонуклідів у ґрунтах і ґрунтових водах. Розроблено квантову теорію реакційно-дифузійних процесів для опису систем «метал-адсорбат-газ», яка застосована до опису оксидзації чадного газу та синтезу аміаку на поверхнях металів (І.Р. Юхновський, М.В. Токарчук, І.П. Омелян, В.В. Ігнатюк).

У теорії систем із сильними електронними кореляціями, до яких належать кристалічні сполуки з перехідними та рідкісноземельними елементами, в рамках моделі Фалікова-Кімбала та узагальненої псевдоспін-електронної моделі, що враховує вплив локально-ангармонічних мод, досліджено ефективні міжелектронні взаємодії, які сформовані короткосяжними кореляціями, описано рівноважні стани та фазові переходи між ними, зокрема, переходи між однорідними та модульованими фазами, фазові розшарування, переходи до надпровідного стану, а також нестійкості сегнетоелектричного типу (І.В. Стасюк, А.М. Швайка, К.В. Табунщик, Т.С. Мисакович, О.Д. Данилів).

Розроблено багаточастинковий формалізм опису резонансного непружного розсіяння світла та Х-променів у сильноскорельованих електронних системах із врахуванням процесів динамічного екранування зарядових збуджень, а також утворення нерівноважної дірки в іонному залишку для випадку поглинання Х-фотонів. Пояснено перебудову спектрів і резонансних профілів при переході метал-діелектрик та при утворенні зарядового впорядкування, які спостерігаються на експериментах із розсіяння синхротронного випромінювання (А.М. Швайка, О.П. Матвеев).

Запропоновано мікроскопічні багатостанові моделі з базисним врахуванням локальних кореляцій для опису фазових переходів та опису польових ефектів у сегнетоелектриках, у яких співіснують впорядкування сегнето- та антисегнетоелектричного типу. Досліджено діелектричні аномалії та вплив зовнішнього тиску на фазові переходи в кристалах DMAAIS та DMAGaS, передбачено і описано спостережений вперше на експерименті поперечний польовий ефект у кристалі фосфіту гліцину, проаналізовано механізм часткового придушення спонтанної поляризації в кристалах сегнетової солі під дією поперечного електричного поля (І.В. Стасюк, О.В. Величко).

У рамках базисного підходу проаналізовано основні мікроскопічні механізми впливу деформацій різних симетрій на міжчастинкові взаємодії, розроблено мікроскопічні моделі та досліджено деформаційні та польові ефекти у сегнетоелектриках із фазовими переходами типу лад-безлад, зокрема сім'ї KN_2PO_4 , сегнетової солі та квазіодновимірних типу CsH_2PO_4 , які володіють п'єзоелектричними та електрострикційними властивостями. Розроблено підхід до опису їх динамічних діелектричних, акустичних і інших характеристик та описано явища п'єзоелектричного резонансу, затискання високочастотним електричним полем і мікрохвильової дисперсії (Р.Р. Левицький, А.П. Моїна, А.С. Вдович).

Сьогодення ІФКС НАН України

У 2011 р. на наступну каденцію директором Інституту обрано І.М. Мриглода, його заступниками з наукової роботи призначені Т.М. Брик та О.Л. Іванків, вченим секретарем став Р.С. Мельник, заступником із загальних питань — М.І. Пацаган. Почесний директор Інституту І.Р. Юхновський від 2010 р. став радником Президії НАН України. В такому складі дирекція працює дотепер після чергових перевиборів у 2016 р. Розширився також склад академічної групи Інституту: у 2012 р. академіком НАН України за спеціальністю «фізика рідкого стану» обрано І.М. Мриглода і він став одним із наймолодших дійсних членів НАН України, а в 2015 р. членом-кореспондентом НАН України за спеціальністю «нанобіофізика, фізика складних систем» обрано Ю.В. Головача.

У 2016 р. в умовах хронічного недофінансування НАН України і на виконання Постанови Президії НАН України № 11 від 20.01.2016 р. «Про фінансування НАН України у 2016 році» наукова структура Інституту зазнала змін. Відділ теорії модельних спінових систем було об'єднано з відділом квантової статистики, відділ квантово-статистичної теорії процесів каталізу — з відділом комп'ютерного моделювання багаточастинкових систем, відділ теорії нерівноважних процесів — з відділом теорії розчинів. Останній змінив свою назву на відділ теорії м'якої речовини. Таким чином, до структури Інституту входять чотири наукові відділи.

Відділ статистичної теорії конденсованих систем (завідувач Ю.В. Головач) — історично перший відділ Інституту, створений у 1969 р. З того часу його керівниками були І.Р. Юхновський, М.П. Козловський, Ю.В. Головач. Відділ займається розвитком аналітичних методів у теорії фазових переходів, розробкою моделей опису фазових переходів, вивченням критичної поведінки просторово-обмежених систем та спінових моделей із домішками, розробкою нових методів цифрової обробки оптичної інформації для прикладних задач. До складу відділу входить лабораторія статистичної фізики складних систем (завідувач М.Л. Дудка), що була створена в 2010 р. і де досліджується статична та динамічна критична поведінка неупорядкованих магнетиків, конформацийні властивості полімерних макромолекул, розвиваються кількісні підходи до вивчення складних мереж і проблем соціогуманітарних наук.

Відділ теорії м'якої речовини (завідувач М.В. Токарчук), створений у 2016 р. шляхом об'єднання відділів теорії розчинів (існував від 1980 р. і незмінним керівником якого був М.Ф. Головка) та відділу теорії нерівноважних процесів (існував від 1995 р.). У відділі розвиваються аналітичні та числові методи статистичної фізики; досліджуються ефекти сольватації та асоціації у розчинах електролітів та поліелектролітів; вивчаються властивості складних та асоційованих рідин, а також плинів у пористих середовищах та поблизу міжфазних поверхонь; досліджуються ефективні взаємодії та явища полідисперсності в колоїдних системах; розвиваються нові ефективні методи

комп'ютерного моделювання біологічних рідин та опису реакційно-дифузійних процесів у просторово неоднорідних системах.

Відділ квантової статистики (завідувач О.В. Держко), створений у 1980 р. та об'єднаний у 2016 р. із відділом теорії модельних спінових систем (існував від 1995 р.). Його попередніми керівниками були І.О. Вакарчук, Ю.К. Рудавський, І.В. Стасюк. Тематика наукових досліджень охоплює теорію сильно-скорельованих електронних систем (моделі Габарда, Фалікова-Кімбала, Гайзенберга), дослідження їх енергетичного спектру, термодинаміки, динаміки та явищ переносу; опис фазових переходів та ефектів бістабільності і дослідження динаміки кристалічних систем із локально-ангармонічними елементами структури; опис надхолодних газів та інтеркальованих шаруватих кристалічних структур (моделі Бозе-Фермі-Габарда та Бозе-Габарда); моделювання фазових переходів типу лад-безлад та дослідження ефектів, що зумовлені впливом зовнішніх полів (електричне поле, всесторонній тиск), у складних сегнетоелектричних кристалах; моделювання динаміки ґратки в складних кристалах; вивчення класичних і квантових спінових моделей, зокрема, малої вимірності та за наявності фрустрацій.

Відділ комп'ютерного моделювання багаточастинкових систем (завідувач Т.М. Брик) створений у 2007 р. на базі відділу теорії металів і сплавів (існував від 1990 р.) та об'єднаний у 2016 р. із відділом квантово-статистичної теорії процесів каталізу (існував від 2001 р.). Тематика відділу включає: моделювання складних макро-молекулярних і біологічних систем за допомогою методів молекулярної динаміки, дисипативної динаміки та Монте Карло; моделювання металічних і складних молекулярних систем на основі першопринципних методів; розвиток теорії колективних процесів і критичних явищ у простих, багатокомпонентних та іонних плинах; дослідження фізико-хімічних процесів на границях розділу фаз, розвиток кінетичної теорії розріджених газів, дослідження фундаментальних проблем прямих взаємодій у релятивістичній фізиці.

Серед основних результатів останніх років можна виділити такі. Розвинено мікроскопічну теорію критичної точки рідина-газ, дано опис термодинамічних властивостей системи рідина-газ в околі критичної точки. Описано процес створення зародка нової фази (нуклеація). Знайдено відношення радіусів первинної краплі рідини у газовій фазі і первинної бульбашки газу в рідкій (І.Р. Юхновський). У 2017 р. І.Р. Юхновському спільно з М.О. Перестюком присуджено премію НАН України ім. М.М. Боголюбова за цикл наукових робіт «Асимптотичні методи нелінійної механіки та статистичної фізики».

Розвинуто теорію рідин у пористих середовищах, вперше досліджено вплив пористості на властивості рідин, зокрема на фазові діаграми в молекулярних орієнтаційно-впорядкованих плинах (М.Ф. Головка, Т.М. Пацаган).

Для опису ефектів асиметрії за розмірами і зарядами іонів в електролітах розвинуто статистико-польову теорію плинів. Досліджено критичну по-

ведінку газ-рідина, розраховано фазові діаграми і температури кросоверу та показано, що на відміну від інших відомих підходів, ця теорія правильно описує усі основні тенденції, що спостерігалися експериментально (О.В. Пацаган, І.М. Мриглов).

Розвинуто метод опису впливу зовнішнього поля на критичну поведінку тривимірних систем із використанням основних принципів статистичної механіки (М.П. Козловський).

Розвинуто методи молекулярної динаміки складних біохімічних систем із природною багатомасштабністю. Побудовано нові алгоритми, які дозволили подолати обмеження на точність, ефективність та доступний часовий інтервал. На прикладі моделі гідролізованого дипептиду аланіну продемонстровано прискорення розрахунків більш ніж у 100 разів порівняно з тими, що базуються на інших відомих підходах (І.П. Омелян).

Методи аналізу і концептуальний апарат опису колективних ефектів у складних фізичних системах застосовано для опису формально подібних явищ у хімічних, біологічних, соціальних та інших системах, що складаються із багатьох агентів нефізичної природи. Так, застосування теорії складних мереж і перколяції для дослідження статистичних властивостей мереж громадського транспорту дозволило запропонувати еволюційну модель зростання таких мереж і дослідити їх стійкість до випадкових і спрямованих атак. Інші групи робіт присвячені аналізу системи кількісного оцінювання наукової діяльності, вивченню скейлінгу в динаміці поведінки індивідуумів у віртуальному просторі, застосуванні теорії складних мереж до опису еволюції мови. Вперше в Україні започатковано системні дослідження з нового міждисциплінарного напрямку — фізики складних систем (Ю.В. Головач, О.І. Мриглов, В.В. Пальчиков).

Побудовано мезоскопічні моделі для опису широкого класу матеріалів (рідкокристалічні дендримери та еластомери, наночастинки золота та метало-органічні комплекси, функціоналізовані полімерами). Досліджено фазові діаграми та умови формування наноструктурованих фаз. Виявлено ефекти пам'яті при переході рідкокристалічного еластомера через точку рідкокристалічного переходу. Відтворено експериментально спостережувані ефекти реорієнтації нематичного директора і формування шеврон-структури при одновісній деформації зразка. Вивчено фотоіндуковані фазові переходи для випадку азобензиновмісних полімерів (Я.М. Ільницький).

Для білків запропоновано модель скороченого опису, яка дозволяє описувати процес утворення амилоїдних фібрил. Досліджено вплив електростатичного поля на реакцію згортання та агрегації поліаланіну. Запропоновано новий метод розрахунку електростатичних взаємодій у комп'ютерних симуляціях, який ґрунтується на теорії реакції поля (А.Б. Баумкетнер).

Досліджено фазові переходи та ефекти міжчастинкових взаємодій у квантових ґраткових бозе- (бозе-фермі-) системах, в тому числі ґраткових систе-

мах бозе-атомів та атомних бозон-ферміонних сумішах на оптичних ґратках, системі бозе-частинок у двовимірній ґратці типу графену, іонних (протонних) провідниках, де частинки описуються статистикою Фермі або Паулі. Описано динаміку підсистеми протонів у протонних провідниках із водневими зв'язками в рамках орієнтаційно-тунельної моделі, що враховує двостадійний механізм транспорту протонів (І.В. Стасюк, О.В. Величко, В.О. Краснов, О.А. Воробйов, Н.І. Павленко, О.Л. Іванків, Р.Я. Стеців, Т.С. Мисакович). У 2014 р. І.В. Стасюку спільно з Ю.Б. Гайдідеем та Б.І. Левом присуджено премію НАН України ім. О.С. Давидова за цикл робіт «Теорія динамічних та стохастичних властивостей конденсованих систем із конкуруючими взаємодіями».

Для вивчення особливостей формування дисипативних структур досліджено модель реакції окислення чадного газу на поверхні платини, що враховує ефекти адсорбційної перебудови поверхні каталізатора. Вивчено процес виникнення однорідних часових коливань типу граничного циклу і знайдено умову їх виникнення. Проведено аналіз такої реакційно-дифузійної системи і виявлено два шляхи втрати нею стійкості — через біфуркацію Хопфа, що веде до появи в системі автоколивань, або ж через біфуркацію Тюрінга з формуванням регулярних просторових структур. Розглянуто випадки конкурентної реалізації обох сценаріїв і вивчено відповідні просторово-часові дисипативні структури (І.М. Мриглод, І.С. Бзовська).

Досліджено виникнення феромагнетизму в плоскостонних моделях Мільке-Тасакі. Ці теоретичні розробки складають інтерес у зв'язку з пошуком феромагнітних матеріалів без традиційних «магнітних» атомів (О.В. Держко, М.В. Максименко).

На основі комп'ютерного моделювання та розв'язків аналітичної моделі встановлено доекспонентну релаксацію зсувного напруження в розплаві заліза при тиску та температурі, які відповідають зовнішній оболонці ядра Землі, що дозволило пояснити значення модулів зсуву з геофізичних даних. Дослідження розплавів рубідію при високих тисках на основі першопринципного моделювання дозволили встановити структурний перехід при зростанні тиску, який приводить до особливостей у динамічній поведінці. Для надкритичних рідин встановлено роль лінії Відома як лінії динамічного кросоверу для позитивної дисперсії звукових збуджень (Т.М. Брик).

На основі оригінальної методики розв'язано серію задач про основні стани для спінових моделей типу Ізінґа і еквівалентних їм моделей ґраткового газу, а також задачу для моделі класичних спінів Гайзенберга на ґратках із трикутних драбинок. Знайдено квазіперіодичні впорядкування, що є аналогом квазікристалічних, але без заборонених елементів симетрії. Ці результати пояснюють виникнення певних структур у низці магнетиків, а також розкривають механізм утворення квазіперіодичних (квазікристалічних) структур (Ю.І. Дубленич).

Розроблено теоретичні методи оптичного розпізнавання образів, захисту та цифрової обробки інформації, а також цифрової обробки і синтезу кольорів. Вперше запропоновано і реалізовано цілком новий принцип кольороподілу та синтезу кольорового зображення для цифрового друку, який забезпечує найвищі стандарти щодо якості відтворення кольорів на відбитку та дає суттєву (понад 50%) економію кольорових фарб. У випадку застосування подібної технології для відтворення зображення на екрані кольорового монітора забезпечується значна економія споживання енергії (М.В. Шовгенюк).

Отримані результати сприяли росту авторитету Львівської школи статистичної фізики і теорії конденсованої речовини як в Україні, так і за її межами. Основні здобутки цієї школи — це низка нових та ефективних методів статистичної фізики, зокрема метод колективних змінних у різних модифікаціях (І.Р. Юхновський, І.О. Вакарчук, Ю.К. Рудавський, М.П. Козловський, І.М. Мриглод, Ю.В. Головач, І.М. Ідзик, М.А. Кориневський, О.В. Пацаган), статистична теорія іонно-молекулярних систем (І.Р. Юхновський, М.Ф. Головки, І.Й. Куриляк, Є.М. Сов'як, Ю.В. Калужний, О.О. Пізіо, А.Д. Трохимчук), квантова теорія сильноскорельованих електронних, протонних та спінових систем (І.В. Стасюк, Р.Р. Левицький, О.В. Держко, А.М. Швайка), оригінальні методи нерівноважної статистичної фізики (М.В. Токарчук, І.М. Мриглод, І.П. Омелян, Т.М. Брик), мікроскопічна теорія металів і сплавів (З.О. Гурський, М.В. Ваврух), комп'ютерне моделювання рівноважних та динамічних властивостей рідин, полідисперсних систем, кристалів та стекол, біологічних систем (Т.М. Брик, І.П. Омелян, І.М. Мриглод, А.Ф. Коваленко, Я.М. Ільницький, А.Б. Баумкетнер, Н.І. Павленко, М.Ю. Дручок), фізика складних систем (Ю.В. Головач, В.В. Пальчиков, М.Л. Дудка, В.Б. Блавацька, О.І. Мриглод) тощо.

Підготовка наукових кадрів вищої кваліфікації

В Інституті нині працюють два академіки НАН України (І.М. Мриглод, І.Р. Юхновський), три члени-кореспонденти НАН України (Ю.В. Головач, М.Ф. Головки, І.В. Стасюк¹), 23 доктори та 33 кандидати наук. Середній вік науковців складає близько 48 років. Інститут і структурні підрозділи, з яких він зорганізувався, стали доброю школою для майбутніх керівників цілої низки вищих навчальних закладів: Іван Вакарчук був ректором Львівського національного університету імені Івана Франка, а згодом Міністром освіти і науки України, Юрій Рудавський — ректором Національного університету «Львівська політехніка», Іван Копич — ректором Львівської комерційної академії, Василь Височанський — довголітнім першим проректором ЛНУ імені Івана Франка, Петро Костробій — першим проректором НУ «Львівська

¹16 вересня 2019 р., коли рукопис статті вже був готовий, І.В. Стасюк відійшов у вічність.

політехніка». Свого часу в Інституті також працював перший ректор Волинського державного університету Анатолій Свідзинський. Вихованці Інституту очолювали кафедри: у Львівському національному університеті імені Івана Франка — кафедру теоретичної фізики (І.О. Вакарчук і В.М. Ткачук), кафедру астрофізики (М.В. Ваврух), кафедру фізики конденсованих систем (Г.В. Понеділок), кафедру програмування (В.С. Височанський), у Національному університеті «Львівська політехніка» — кафедру вищої математики (Ю.К. Рудавський), кафедру прикладної математики (П.П. Костробій), кафедру інженерного матеріалознавства та прикладної фізики (Г.В. Понеділок), у Львівському національному медичному університеті імені Данила Галицького — кафедру медичної інформатики (О.Я. Сабан), у Львівському торгово-економічному інституті (Львівській комерційній академії) — кафедру вищої математики (Ю.В. Козицький), кафедру економічного прогнозування та ризику (І.М. Копич).

Зараз при Інституті функціонують аспірантура та докторантура і працює спеціалізована рада із захистів докторських і кандидатських дисертацій. Інститут має ліцензію МОН України на провадження освітньої діяльності у сфері вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня. При ІФКС НАН України працюють дві філії кафедр Національного університету «Львівська політехніка». Провідні фахівці ІФКС НАН України читають курси лекцій як з класичних курсів теоретичної фізики, так і з нових дисциплін, таких як комп'ютерне моделювання фізичних процесів та паралельне програмування тощо. При ІФКС НАН України створено спеціалізований комп'ютерний клас для навчання студентів. Працівники Інституту керують курсовими та дипломними роботами і викладають спецкурси також у Львівському національному університеті імені Івана Франка, в Українській академії друкарства, Українському католицькому університеті.

У 2009 р. в Інституті вперше в Україні відбувся спільний міжнародний захист дисертаційної роботи перед спецрадою Інституту та журі Університету Нансі, на якому в один день було прийнято рішення про присвоєння пошукувачу О.Є. Капикраняну вчених ступенів кандидата фізико-математичних наук та доктора філософії. Згодом відбулося ще кілька подібних захистів. Нині ця робота успішно продовжується в рамках міжнародного коледжу докторантів з фізики складних систем, засновниками якого виступили університети Ляпціга (Німеччина), Лотарінгії (Франція), Ковентрі (Великобританія) та ІФКС НАН України.

Інститут є одним із наймолодших закладів в системі НАН України з огляду на середній вік науковців завдяки постійному поповненню випускниками університетів. З одного боку, молоді дослідники переймають існуючі традиції наукової праці, з іншого — йдуть у ногу з часом і несуть відповідальність за нові сучасні ідеї та проекти. Від 2000 року в Інституті діє Рада молодих вчених, у 2012 році за її ініціативою створено львівський осередок проекту Young

Minds Європейського фізичного товариства «ICMP — Young Minds». Завдяки участі в Young Minds молоді науковці ІФКС отримують гранти від Європейського фізичного товариства на проведення Всеукраїнської школи-семінару та Конкурсу молодих вчених, а також заходів, спрямованих на популяризацію науки.

Міжнародна співпраця — невід’ємна риса Інституту

Зі створенням Інституту значно розширилася географія країн і перелік наукових центрів, із якими співпрацюють наші науковці. Тривалі наукові стажування у провідних світових центрах стали звичною практикою. Щорічно близько 40% наукових співробітників Інституту перебувають із візитами (~45 відряджень на рік) або ж виконують програми стажування (7–11 щорічно) у закордонних наукових центрах. У свою чергу, ІФКС НАН України щороку приймає близько 20–30 науковців із інших країн. Результатами міжнародної співпраці стають спільні наукові публікації (понад 50% статей у співавторстві із зарубіжними партнерами) у провідних світових журналах. Така співпраця відкриває додаткові можливості з доступу до сучасних суперкомп’ютерів та інформаційних ресурсів, сприяє актуалізації тематики досліджень, дозволяє знаходити кошти для участі в міжнародних конференціях (близько 10 щорічно) і створює добрий ґрунт для підготовки міжнародних проектів. Так, для прикладу, Т.М. Брик стажувався у всесвітньо відомих експертів із класичного та першопринципного комп’ютерного моделювання Ю. Гафнера (Відень, Австрія), Л. Клейнмана (Остін, США) та Т. Геймета (Х’юстон, США); А.Д. Трохимчук — у класика теорії рідин Д. Гендерсона (Прово, США), Ю.В. Калужний — в одного із творців статистичної механіки простих і квантових плинів Дж. Стелла (Стоні Брук, США), А.Ф. Коваленко — у Ф. Хірати (Японія), котрий одним із перших застосував методи статистичної механіки до опису реальних хімічних та біологічних об’єктів.

Поряд із пошуком нових можливостей для співпраці активно розвивалися уже усталені колаборації. Так, на початку 90-х розпочалася довголітня співпраця груп М.Ф. Головка та професора Ж.-П. Бадіалі з Університету імені П’єра і Марії Кюрі. Спільні дослідження стосувалися теорії поверхневих явищ, електрохімії, статистичної фізики та теорії м’якої речовини. Спільно виконано цілу низку міжнародних проектів, серед яких два проекти INTAS, проект Eco-Net, в рамках якого розроблена Ж.-П. Бадіалі теорія корозії була використана для моделювання процесів саморуйнування матеріалів, що містять радіоактивні речовини. Завдяки цій співпраці ІФКС став одним із перших інститутів НАН України, що встановив регулярні контакти з CNRS, які ефективно продовжуються дотепер уже з учнями Ж.-П. Бадіалі.

Інший приклад такої співпраці, яка тривала впродовж двох десятиліть, стосується проектів з Інститутом теоретичної фізики Університету Йогана

Кеплера в Лінці (Австрія), що охоплювали дослідження критичних явищ і динамічної поведінки в конденсованій речовині. З австрійської сторони керівником цього співробітництва був професор Р. Фольк, з української — І.М. Мриглюд, а активними учасниками були також науковці з групи Ю.В. Головача. За ініціативу та персональну участь у проектах, спрямованих на укріплення співпраці між країнами Центральної та Східної Європи, Р. Фольк став першим почесним доктором ІФКС НАН України.

Важливою для Інституту стала довголітня міжнародна співпраця Ю.В. Головача та його учнів з К. фон Фербером із Університету Ессена (а потім — Фрайбурга, Німеччина), присвячена дослідженню зіркових полімерів, із професором Б. Бершем із Університету Анрі Пуанкаре Нансі-1 (Франція) із дослідження критичної поведінки дво- та тривимірних систем під впливом структурного безладу, неоднорідностей і просторових обмежень, із професором Р. Кенною (Ковентрі, Англія) з дослідження фізики складних систем. Її результат — велика кількість спільних міжнародних проектів, зокрема чотирьох в рамках Сьомої рамкової програми ЄС, спільне з західними партнерами наукове керівництво аспірантами та спільні захисти дисертацій.

Сьогодні Інститут підтримує тісні контакти з понад 50 провідними дослідницькими центрами з 23 країн світу, серед яких: Університет імені П'єра і Марії Кюрі (від 2018 року університет Сорбони — Еколь Нормаль Суперієр) (Париж, Франція), Університети Джорджтауна, Північної Кароліни, Бригама Янга, Сан-Дієго (США), Альбертський (Едмонтон, Канада), Лотарингії (Нансі, Франція), Ковентрі (Великобританія), Дортмунда (Німеччина), Римський «La Sapienza» (Італія), Любляни (Словенія), Флоренції (Італія), Альп (Гренобль, Франція), Марії Склодовської-Кюрі (Люблін, Польща), Медичний та Технічний університети Відня (Австрія), Білоруський державний технічний університет (Мінськ), Галілейський дослідницький центр з прикладної математики (Ізраїль), Інститут фізичної хімії ПАН (Варшава, Польща), Королівський технологічний інститут (Стокгольм, Швеція), Інститут хімічних процесів АН ЧР (Прага, Чехія) та багато інших.

Упродовж останнього десятиріччя науковці Інституту на конкурсній основі виграли більше 30 міжнародних грантів від Європейської Комісії (7 Рамкова програма, Горизонт 2020), CRDF, CNRS, INTAS, Eco-Net, УНТЦ, Фонду Гумбольдта, Центру спільних досліджень Transregio 80, Департаменту енергії США, Національної стипендіальної програми Словаччини, програми імені Фулбрайта, Міжнародного центру теоретичної фізики ім. Абду Салама, проектів двостороннього наукового співробітництва з Польщею, Німеччиною, Австрією, Францією, Білоруссю, Чехією, Словаччиною.

Конференційна діяльність

Інститут активно продовжує роботу з організації конференцій в Україні. Так у 2004 р. Інститут виграв гранти на організацію двох Дослідницьких конференцій НАТО «Іонна м'яка речовина: нові тенденції в теорії і застосуваннях» і «Ефекти розмірності та нелінійності в фероїках». У 2005 р. на міжнародному рівні відродилися традиційні конференції зі статистичної фізики, які організовувалися тут ще з початку 1970-х. Першою з них стала конференція «Статистична фізика 2005: сучасні проблеми і нові застосування» (2005). Згодом у Львові були проведені Третя (2009), Четверта (2012) та П'ята (2019) конференції «Статистична фізика: сучасні проблеми і застосування», які були присвячені, відповідно, 100-літньому ювілею М.М. Боголюбова, 140-річчю від дня народження Мар'яна Смолуховського та 110-літтю М.М. Боголюбова і 50-літтю від часу утворення відділу СТєКС.



Рис. 23. Учасники конференції «Статистична фізика 2005» при вході до головного корпусу НУ «Львівська політехніка». 2005

Інститут уже як визнаний у світі науковий центр став організатором проведення низки щорічних міжнародних конференцій із давньою історією і традиціями. Зокрема, до таких великих форумів відносяться Щорічна конференція Європейської та Японської груп із молекулярних рідин «Складні рідини. Сучасні тенденції в дослідженні, розумінні та застосуванні» (2010) та 36-та Конференція Середньоевропейського співробітництва в статистичній фізи-

ці — МЕСО-36 (2011).

В Інституті також започатковано серію міжнародних конференцій, тематика яких пов'язана з науковою діяльністю та науковими відкриттями вчених, які жили і працювали у Львові. Зокрема, у 2009 і 2011 роках було проведено Робочі наради Планера-Смолуховського з рідкокристалічних колоїдів, присвячені вкладу в світову науку професорів Львівського університету — Юліуша Планера (першовідкривач термотропних рідких кристалів) та Мар'яна Смолуховського (один із засновників статистичної фізики), а в 2017 р. — Улямівську робочу нараду з комп'ютерних симуляцій: виклики та можливості в молекулярних симуляціях, присвячену 70-літтю методу Монте Карло, одним із ключових розробників якого був корінний львів'янин Станіслав Улям. Ці конференції знайшли хороший відгук серед іноземних колег і сприяли популяризації науки в Україні.

Інститут проводить серію щорічних конференційних зібрань. До них, насамперед, слід віднести Ізінгівські читання — щорічні майстерні з фазових переходів і критичних явищ, присвячені праці Ернста Ізінга, в якій він розв'язав найпростішу нетривіальну модель феромагнетика і яка згодом була названа в його честь. Читання започаткував Ю.В. Головач у 1997 р. Завдяки вдало вибраній формі зі запрошенням провідних фахівців із різних країн світу для читання лекцій студентам і молодим вченим, Ізінгівські читання стали популярним майданчиком для росту професійної майстерності. Про їх авторитет яскраво свідчить той факт, що з 2004 р. видавництвом World Scientific (Singapore) видається серія оглядових монографій під загальною назвою «Order, Disorder and Criticality. Advanced Problems of Phase Transition Theory» із лекціями читань, яка на сьогодні налічує вже п'ять томів.



Рис. 24. Учасники Всеукраїнської школи-семінару та конкурсу молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини в ІФКС НАН України. 2018

Іншим щорічним зібранням, яке проводиться в Інституті, є Всеукраїнська школа-семінар та конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини. Їх пройшло вже дев'ятнадцять і вони користуються

великим успіхом серед молодих фізиків-теоретиків України. Крім премій переможцям конкурсу вручаються також заохочувальні призи за найкращі доповіді учасників школи, а також присуджується одна стипендія І.Р. Юхновського. Також щорічно в січні проводяться Йорданські читання, на яких представляються найвагоміші результати, отримані в Інституті попереднього року, в травні — Фестивалі науки, а в листопаді — Робочі наради з фізики м'якої речовини.

Популяризація науки

Працівники Інституту проводять значну роботу з популяризації науки. Одним із прикладів може служити міждисциплінарний міський семінар «Обрії науки», де на одному майданчику зустрічаються вчені з різних наук, які популярно розказують про актуальні проблеми. Одним із керівників семінару є Ю.В. Головач. Іншим прикладом успішної праці у цьому напрямі стало запровадження у Львові програми «Львів науковий», серед ініціаторів якої були науковці Інституту (І.М. Мриглюд та А.Д. Трохимчук). Важливою в плані популяризації була участь у Днях Львова у Києві «Україна–Львів–Європа» (Київ, Мистецький Арсенал, 2013), де Інститут мав окремий павільйон і доволі успішно презентував свої розробки. Спеціально до цієї виставки був створений проморолик про ІФКС НАН України, який дотепер користується надзвичайною популярністю.

Окремо хочеться відзначити діяльність молодих вчених Інституту в цій сфері. Вони організували низку цікавих і нетривіальних заходів. Перший з них — «Нічне небо жовтня», проведений спільно з астрономічною обсерваторією ЛНУ ім. І. Франка (2013), проходив у форматі ночі відкритих дверей в астрономічній обсерваторії і зібрав близько тисячі дорослих та дітей. Іншим заходом, організованим спільно з кафедрою експериментальної фізики ЛНУ ім. І. Франка, були «Дні світла у Львові». Цікавою була також подія «Фізика вдень і вночі», яка складалась із двох заходів: «Фізика вночі: астрономічна обсерваторія» та «Фізика вдень: неділя дослідів». Остання була щедрою на захопливі експерименти та демонстрації з лазерами та іскровими зарядами, з рідким азотом та гелієм, можна було спостерігати за справжньою левітацією, дивами, які може витворяти світло (інтерференція, дифракція, поляризація, люмінесценція, голографія), як вода закипає без нагрівання, який насправді броунівський рух, як створити магнітну і ньютонівську рідину, закип'ятити воду в надувній кульці і зробити справжнісіньку хмару в пляшці.

Інститут поза Інститутом

Важливою особливістю, характерною для Інституту фізики конденсованих систем НАН України від самих початків творення його колективу, є атмосфе-

ра доброзичливості, демократії та взаємної поваги і підтримки, в якій працюють його співробітники. Тут традиційно панує і активно підтримують культ родини та сімейні цінності. Важливу роль у цьому відіграє спільне проведення часу поза роботою, сімейне дозвілля, туристичні подорожі, щорічні спільні новорічні вечори.



Рис. 25. Сходження на найвищу вершину України. Зліва направо: А. Тимчук, М. Козловський, Л. Булавін, Т. Брик, О. Іванків, І. Юхновський.



Рис. 26. На вершині Говерли. Зліва направо І.М. Мриглод, О.С. Бакай, І.Р. Юхновський із правнуком Ігорем і онукою Яриною. 2015

Так, у 1970–80-х рр. молоді працівники відділу СТеКС, а згодом і Львівського відділення статистичної фізики, регулярно здійснювали туристичні походи в гори. Найактивнішим провідником цієї діяльності був О.О. Пізіо. Обідні перерви часто проходили за грою в шахи. З середини 1980-х щотижня відбувалися футбольні матчі, а зі створенням Інституту започатковано добру традицію щорічних виїздів у Карпати на Покрову. У 2015 році під час Ювілейних читань «Статистична фізика ХХІ століття» (Татарів) відбулося сходження учасників читань на Говерлу.



Рис. 27. Працівники Інституту і члени їх родин на Новорічному вечорі в ІФКС НАН України. 2006

Пам'ятними для працівників та членів їх родин є новорічні вечори в Інституті, які мають давню тяглість і свої традиції. До таких заходів, як правило, є причетною профспілкова організація, яку у відділі СТеКС очолював В.С. Височанський, у Львівському відділенні статистичної фізики — М.В. Ваврух, Ю.К. Рудавський та І.М. Ідзик, а в Інституті — І.М. Ідзик, П.А. Глушак та А.Д. Трохимчук.

Незабутніми і важливими були події Помаранчевої революції та Революції Гідності, в яких працівники Інституту брали найактивнішу участь. Під час Революції Гідності за ініціативи Інституту була створена Сотня Юрія Вербицького задля вираження солідарності академічної спільноти зі справою, за яку віддав своє життя молодий вчений. Сотня організувала низку науково-популярних заходів на Майдані, які проводилися для учасників Революції Гідності.



Рис. 28. Дружня команда ІФКС НАН України в парку біля Верховної Ради під час Помаранчевої революції. 2004

Післямова

Дорога тривалістю у півстоліття, яку пройшов колектив Інституту фізики конденсованих систем НАН України, виявилася непростою і сповненою багатьох перешкод, про які у цій статті практично не згадувалося. Але шлях цей ми пройшли гідно і зроблено за цей час чимало. Інститут фізики конденсованих систем НАН України сформувався і виріс в один із провідних у галузі теорії конденсованої речовини та комп'ютерного моделювання дослідницьких центрів. Львівська школа статистичної фізики є добре знаною у світі. Здоровим, дуже дієвим і активно працюючим у свої 94 роки є її засновник і творець Інституту Ігор Рафаїлович Юхновський. Великим авторитетом і пошаною серед наукової спільноти користуються вчені, які асоціюються з цілими напрямками досліджень — М.Ф. Головка, І.В. Стасюк, Ю.В. Головач, Ю.В. Калюжний, М.В. Токарчук, Т.М. Брик, Р.Р. Левицький, О.В. Держко, А.Д. Трохимчук, М.П. Козловський, О.В. Пацаган, М.В. Шовгенюк, А.М. Швайка, Я.М. Ільницький та багато інших. Активними, амбітними і вже знаними в науковому співтоваристві є представники середнього покоління — А.Б. Баумкетнер, В.Б. Блавацька, М.Л. Дудка, М.Ю. Дручок, Т.М. Пацаган, А.С. Вдович, Т.М. Верхоляк, О.І. Мриглод, О.П. Матвеев. Маємо чудову плеяду молодих науковців — М.Б. Красницька, П.В. Сарканич, О.М. Крупницька, В.Я. Баліга, О.А. Добуш та інші. Усі вони продовжують активно працювати і це вселяє надію, що попереду ще чимало цікавого і що ця дорога матиме своє продовження.

Статистична теорія конденсованих систем

Ігор Мриглод, Олег Держко

Коротка передісторія та основні поняття. Фізика конденсованої речовини як новий об'єднуючий напрям досліджень, що має на меті вивчення властивостей речовини в різних конденсованих фазах, почав формуватися в середині минулого століття [1, 2]. На першому етапі такі окремі ділянки, як кристалографія, магнетизм, еластичність тощо були згруповані у фізику твердого тіла. Тут, як у багатьох інших випадках творення нових синергетичних напрямків у фізиці, свою вагому роль відіграла теорія, котра на той момент дозволила з єдиних позицій розглядати різноманітні властивості твердотільних систем, що добре моделюються атомами, які коливаються у вузлах кристалічної ґратки, а їхні електронні рівні розмиваються і формують відповідну зонну структуру. Такого типу моделі (першопринципні або ж електроніонні) взаємодіючих атомів із інертними локалізованими та рухомими валентними електронами досі широко застосовуються і мають хороші перспективи у зв'язку з розвитком комп'ютерної техніки. Вони дозволяють, зокрема, пояснити властивості великої кількості твердотільних матеріалів. Як свого роду альтернативу до них можемо розглядати інший клас моделей (квазічастинкових), що почав активно розвиватися наприкінці першої третини минулого століття у зв'язку з формуванням концепції елементарних збуджень або ж квазічастинок (фонони, магнони, полярони тощо), які ведуть себе як ферміони (і нагадують реальні частинки типу електронів) або ж як бозони (з колективним спектром, типовим, наприклад, для звукових збуджень). Для такого типу моделей можна отримувати відповідні функції відгуку і розраховувати експериментально спостережувані характеристики, як питому теплоємність чи діелектричну функцію. З математичної точки зору квазічастинки ведуть себе як майже реальні «частинки», що слабо взаємодіють між собою і формують свого роду газ. Таким чином, можна провести паралель із системою слабо взаємодіючих класичних частинок у газовій фазі, а отже, приходимо до концептуально єдиної проблеми, що вимагає розвитку теорії взаємодіючих багаточастинкових систем, зокрема у випадку, коли роль взаємодій зростає.

У чомусь схожий і далеко непростий шлях у спробах зрозуміти як із газової фази формується рідкий стан і пояснити властивості плинів пройшла і фізика рідин. Більше 140 років тому, а саме в 1873 році, Йоганнес Дидерик Ван дер Ваальс у своїй дисертації запропонував рівняння, що описує перехід газу у фазу рідини і навпаки. Це рівняння було отримане для моделі неідеального газу, що якісно враховувала притягальну взаємодію між частинками, які мають власний розмір. За цей результат Ван дер Ваальс був удостоєний Нобелівської премії з фізики в 1910 році [3]. З того часу впродовж багатьох десятиліть

однією з основних проблем теорії багатьох частинок залишається рівноправне врахування усіх типів взаємодій, що вкрай важливо для опису реальних систем. Для того, щоби проілюструвати наскільки непростою виявилася ця проблема, можна пригадати цікавий епізод, що мав місце на Міжнародній конференції зі статистичної механіки в Амстердамі в 1937 році, котра була приурочена до 100-річчя з дня народження Ван дер Ваальса. На одній із сесій, на якій головував Гендрік Крамерс, під час дискусії він поставив на голосування питання: чи здатна статистична механіка описати рідкий стан? Результат був 50 до 50 із «ні» від Петера Дебая, лауреата Нобелівської премії з хімії за 1936 рік «за внесок у розуміння молекулярної структури в ході досліджень дипольних явищ і дифракції рентгенівських променів та електронів у газах».

З теоретичної точки зору в обох випадках, зокрема при вивченні як твердотільних систем, так і густих плинів, йдеться про системи, що формуються великим числом частинок, які взаємодіють між собою, а результат такої взаємодії — можливість формування різних фаз із властивостями, що суттєво відрізняються від поведінки колективу таких же частинок без взаємодії. Слід відмітити, що поряд із добре відомими конденсованими фазами (такими, як тверді тіла та рідини), до середини минулого століття виявлено низку фаз, які визначаються характером орієнтаційного впорядкування молекул при їх позиційному безладі (рідкі кристали) чи впорядкуванням магнітних або ж дипольних моментів частинок у вузлах кристалічних ґраток (магнітні чи полярні стани). Ще цікавішою є природа більш екзотичних конденсованих фаз (надпровідної та надплинної), які виникають при низьких температурах і в яких на макрорівні проявляються квантові властивості окремих частинок, що формують систему. Про це ще буде йтися далі детальніше. Наслідком такого досить швидкого розвитку подій і намагання виділити основні риси та схожі моменти в розумінні механізмів формування і змін конденсованих фаз у різних матеріалах стала поява нового великого напрямку досліджень, відомого як фізика конденсованих середовищ або ж фізика конденсованої речовини.

Спільним для об'єктів фізики конденсованої речовини є те, що мова іде про багаточастинкові системи із взаємодіями. Відповідно, частинки в таких системах сильноскорельовані через прямі взаємодії між ними, а також через специфіку деяких станів, у яких вони перебувають, зокрема поблизу переходів між різними фазами. Важливою характеристикою таких об'єктів є їхня велика різноманітність (diversity). Один із найцитованіших фізиків ХХ століття Марвін Коен у зв'язку з цим відмітив [1], що саме така різноманітність і є причиною того, що науковцям, котрі працюють у ділянці «фізика конденсованої речовини», яка продовжує інтенсивно розвиватися, важко, на відміну від скажімо астрофізиків, дійти згоди, коли їх просять сформулювати список найважливіших проблем.

Кілька прикладів того, як термін *конденсована речовина* почав вперше

використовуватися на практиці. У 1963 році у видавництві Shpringer-Verlag почав виходити журнал під назвою «Physics of Condensed Matter», що приймав до розгляду статті англійською, французькою та німецькою мовами. Об'єднуючий термін *конденсована матерія* вперше використали в назві наукового підрозділу Філіп Уоррен Андерсон, Нобелівський лауреат з фізики у 1977 році, та його колега Волкер Гайне, замінивши назву своєї групи у Кавендишській лабораторії Університету Кембріджа з теорії твердого тіла на теорію конденсованої речовини. Відбулося це в 1967 році.

Навесні 1969 року І.Р. Юхновський за активної підтримки академіка М.М. Боголюбова створив у Львові Відділ статистичної теорії конденсованих систем (СТеКС) у складі Інституту теоретичної фізики АН УРСР. Таким чином, в Україні виник перший науковий підрозділ, наукова тематика якого мала на меті опис великого різноманіття конденсованих станів методами статистичної фізики. Слід відмітити, що крок цей був дуже вчасним, бо на той час почав активно формуватися цілком новий теоретичний інструментарій для вирішення складних проблем фізики багаточастинкових систем. Згадаємо у цьому зв'язку, зокрема, фундаментальні праці Миколи Миколайовича Боголюбова [4, 5], які фактично змінили методологію теорії конденсованої речовини і відкрили цілком нові перспективи, пов'язані з усе ширшим використанням методів статистичної механіки.

Дещо про стани конденсованої речовини. Подальший розвиток цього напрямку супроводжувався як появою нових теоретичних та експериментальних методів і підходів до дослідження конденсованих систем, так і новими знахідками принципово нових конденсованих станів речовини. Так, для прикладу, у 1982 році Даніель Шехтман (ізраїльський фізик і хімік, лауреат Нобелівської премії з хімії за 2011 рік «за відкриття квазікристалів») виявив, що деякі алюмінієво-марганцеві сплави продукують незвичні дифрактограми, які неможливі у кристалах із трансляційною симетрією. Фактично ці результати стали першими спостереженнями нового впорядкованого стану з далеким порядком, котрий отримав назву квазікристали. Перші квазікристалічні матеріали були термодинамічно нестійкими і при нагріванні утворювали регулярні кристали. Проте в 1987 році отримано і досліджено перші стабільні квазікристали, що дало змогу виробляти великі зразки і відкрило нові можливості для потенційних застосувань. У 2009 році вчені повідомили [6] про перший природний квазікристал-мінерал, знайдений в річці Хатирка на сході Росії.

Квантовий стан типу спінової рідини був теоретично передбачений Філом Андерсоном у 1973 році як основний стан для системи квантових спінів $s = 1/2$ на трикутній ґратці з антиферромагнітною гайзенберґівською взаємодією найближчих сусідів, де сусідні спіни прагнуть орієнтуватися у протилежних напрямках. Цей стан названо «рідиною», оскільки він є неупорядкованим (порівняно з ферромагнітним) і нагадує рідину, яка є неупорядкованою

порівняно з кристалом. Проте, на відміну від інших неупорядкованих станів, квантовий спіновий рідинний стан може зберігатися до дуже низьких температур. У 2000 р. вперше було виявлено квантовий спіновий рідинний стан у хлорокупраті цезію Cs_2CuCl_4 із трикутною ґраткою [7], а згодом він спостерігався в органічному ізоляторі Мота [8] (див. також [9]).

Кожну конденсовану фазу можна описати з допомогою відповідного параметра порядку. Такий опис передбачає, що флуктуації, які характеризують відхилення в системі від відповідного термодинамічного стану, будуть малими, а отже вони не руйнуватимуть відповідний порядок, а можуть лише незначно зменшувати його рівень. Питання про вплив флуктуацій на впорядкування вивчали багато дослідників. У 60-х роках ХХ століття Мермін, Вагнер і Гогенберг [10, 11] за допомогою нерівностей Боголюбова довели, що в низьковимірних системах із неперервною симетрією не може існувати параметра порядку. Доказ Мерміна і Вагнера стосувався плоскої моделі Гайзенберга, а Гогенберг довів аналогічну теорему для двовимірної надплинності і надпровідників. Ці роботи поставили під сумнів можливість фазового переходу в таких системах. Однак, майже в той же час, були опубліковані результати досліджень, виконані методом високотемпературних розвинень (див., для прикладу, [12]), в яких для двовимірної системи спінів було виявлено різну поведінку сприйнятливості і кореляційних функцій у низькотемпературній та високотемпературній ділянках, що говорило про наявність фазового переходу в таких системах. Незалежно до висновку про можливість залежного від температури фазового переходу в двовимірних системах дійшов і Березинський [13, 14], проте повне розуміння фізики такого фазового переходу було досягнуто в роботах Костерліца і Таулесса [15, 16], які побудували його кількісну теорію. Данкан Галдейн розвинув теорію одновимірних спінових систем і показав, що властивості таких систем кардинально відрізняються від властивостей аналогічних систем вищої вимірності. На основі топологічних міркувань він показав, що ланцюжки з цілим і півцілим спіном повинні мати якісно різні властивості. Нобелівську премію з фізики в 2016 р. було присуджено Д. Таулессу, Д. Галдейну і Дж.М. Костерліцу за «теоретичні відкриття топологічних фазових переходів і топологічних фаз матерії». Таким чином, у фізику конденсованої речовини увійшло поняття топологічного порядку для характеристики певних станів квантової матерії, коли звичайний параметр порядку відсутній. Пізніше з'явилася теорія топологічних ізоляторів — нових дво- та тривимірних систем, які в об'ємі є звичайними ізоляторами, але характеризуються металічними властивостями на поверхні, а вивчення майоранівських зв'язаних станів і неабелевої квантової статистики виникло з задач, де топологічно стійкі об'єкти відіграють важливу роль.

Ідею часового кристалу вперше сформулював у 2012 році Френк Вільчек (американський фізик, лауреат Нобелівської премії з фізики 2004 року «за відкриття асимптотичної свободи в теорії сильних взаємодій»). Він задався

питанням про можливість спонтанної самоорганізації багаточастинкової системи з наступним періодичним у часі її рухом. Такий тип динамічної перебудови мав би відрізнятися від інших відомих прикладів самоорганізації у класичних системах (конвекційні комірки, хімічні коливні реакції тощо) і виникати через механізм спонтанного порушення симетрії, що є відповідальним за широкий клас явищ, зокрема таких як намагніченість феромагнітних матеріалів (порушення симетрії обертання) або перехід із фази рідини до кристалу (порушення симетрії щодо малих просторових зміщень). При цьому багаточастинкова система спонтанно переходить у стан, що описується розв'язком із нижчою симетрією порівняно зі симетрією самих рівнянь. Згодом було показано, що ідея Вільчека не може бути реалізована у первинному вигляді, проте в такий спосіб відкрили новий і цікавий напрям пошуків, який зрештою увінчався успіхом. Так, у 2016 році запропонували інші сценарії для спостереження ефекту порушення симетрії щодо часових трансляцій [17], які впродовж року були досліджені та реалізовані у двох незалежних експериментальних групах [18, 19].

Як бачимо уже з вищенаведених прикладів, фізика конденсованого стану охоплює величезний спектр задач, що стосуються якнайрізноманітніших систем. Розмаїття конденсованих систем і явищ, що їм властиві, роблять фізику конденсованої речовини однією із найдинамічніших галузей сучасної фізики, що тісно переплітається з багатьма іншими науками, зокрема хімією, матеріалознавством, біологією. Вивчення фізики конденсованого середовища передбачає використання великого числа експериментальних методик дослідження різноманітних властивостей матеріалів і багатьох методів теоретичної фізики для розробки математичних моделей, які допомагають зрозуміти їхню фізичну поведінку і виявити певні загальні закономірності.

Зупинимося далі на прикладах деяких напрямів досліджень із статистичної теорії конденсованих станів, які розвивалися, зокрема, у Львові — спершу у Відділі статистичної теорії конденсованих систем, а згодом і в Інституті фізики конденсованих систем НАН України (створений у 1990 році на базі наукового колективу, що виріс із відділу СТєКС).

Системи заряджених частинок (електроліти, електронний газ, плазма, а також спіновий лід). Коли мова йде про статистичну теорію систем заряджених частинок, то чи не найпростіша модель, яка може бути при цьому розглянута, трактує іони як заряджені тверді кульки в середовищі з діелектричною сталою. Хоча в цій моделі взаємодія між двома іонами (1 і 2) є обернено пропорційною до відстані між ними, тобто є далекосяжною $\propto 1/|\mathbf{R}_1 - \mathbf{R}_2|$ (закон Кулона), уже в рамках найпростішої теорії в цілому електронейтральній системі можна показати, що через наявність у системі величезного числа інших іонів ефективна взаємодія між ними матиме екранований характер $\propto \exp(-\kappa|\mathbf{R}_1 - \mathbf{R}_2|)/|\mathbf{R}_1 - \mathbf{R}_2|$, тобто виникає ефективний радіус взаємодії $r_D = 1/\kappa$, де κ — параметр екранування Дебая-Гюкеля.

При цьому κ прямує до нуля з ростом температури або ж із зменшенням густини заряджених частинок — тоді «відновлюється» вихідна взаємодія Кулона (теорія Дебая-Гюкеля (1923)). До такого висновку приводить наближений розв'язок рівняння Пуасона для електростатичного потенціалу, якщо врахувати, що густина заряду в правій стороні цього рівняння залежить від шуканого потенціалу через розподіл Больцмана. Знаючи ефективну міжчастинкову взаємодію, можна знайти потенціальну енергію електроліту, а в результаті всі його термодинамічні властивості. Розгляд П. Дебая і Е. Гюкеля згодом повторили і вдосконалили. Так, зокрема, в уже згаданій монографії М.М. Боголюбова [4] система заряджених частинок розглядалася в рамках формалізму так званих s -частинкових функцій розподілу $F_s(\mathbf{R}_1, \dots, \mathbf{R}_s)$, які пов'язані з ймовірністю виявити s частинок в околі точок простору $\mathbf{R}_1, \dots, \mathbf{R}_s$ у термодинамічно великій системі; звичайно розглядають лише функції розподілу нижчих порядків з $s = 1, 2$ чи $s = 3$. З одного боку, такі функції дозволяють обчислити спостережувані властивості (наприклад, тиск), а з іншого — вони задовольняють (нескінчену) систему рівнянь, яку можна наближено розв'язати в тому чи іншому випадку. Так, у випадку кулонівської взаємодії між частинками виникає малий параметр $\epsilon \propto \kappa^3$ і розв'язок для $F_2(\mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2)$ за степенями малої величини ϵ вже в найнижчому порядку відтворює результати теорії Дебая-Гюкеля. Але метод Боголюбова дозволяє піти значно далі (вищі наближення, врахування короткосяжного відштовхування; а якщо електроліт не сильний, то не всі молекули розпалися на іони і слід враховувати мультипольні моменти нейтральних молекул). Багато результатів у цій ділянці отримали І.Р. Юхновський, М.Ф. Головка та їхні учні (див., для прикладу, монографію [20], яка стала настільною книгою для кількох поколінь фізиків, які досліджували розчини електролітів). В основі цих досліджень був метод колективних змінних, сформульований І.Р. Юхновським у 50–60-х роках ХХ століття, який дозволяв коректно враховувати як короткосяжні, так і далекосяжні взаємодії, а також явно включати до розгляду розчинник і описувати ефекти сольватації в розчинах.

Цілу низку властивостей класичних систем заряджених частинок можна зрозуміти лише в рамках нерівноважної теорії, котра дозволяє описувати часові кореляції в динаміці, розраховувати коефіцієнти переносу та функції відгуку системи на зовнішні збурення. У 80-х роках розпочинаються дослідження і в цьому напрямі. Для засвоєння методів нерівноважної статистичної фізики до Москви скеровується М.В. Токарчук, який отримав змогу працювати під керівництвом проф. Д.М. Зубарева, учня М.М. Боголюбова. З того часу розпочалися у Львові дослідження іонних систем методами нерівноважної статистичної фізики (див., для прикладу, [21]).

На перший погляд чимось подібною є й інша фундаментальна модель, що важлива у фізиці простих металів (як натрій чи калій) і описує однорідний електронний газ із кулонівським відштовхуванням електронів у середовищі

з рівномірно розподіленим позитивним зарядом, який походить від іонів і забезпечує загальну електронейтральність системи. Але електрони в цій моделі потребують уже квантового (а не класичного) розгляду і це істотно змінює теорію. Електрони як ферміони зі спіном $s = 1/2$ (в одиницях $\hbar$) описуються антисиметричною багаточастинковою хвильовою функцією і для них виконується принцип Паулі. Коли мова йшла про класичні частинки (іони), то про їх кінетичну енергію навіть не згадувалося — її врахування в теорії тривіальне. Але у квантовому випадку все інакше. Навіть якщо б між ферміонами не було взаємодії (ідеальний газ ферміонів), то через принцип Паулі електрони матимуть величезну кінетичну енергію. Наприклад, якщо йдеться про густину ферміонів $N/V = 3 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$, що приблизно відповідає густині колективізованих електронів у натрії, то їхні імпульси досягатимуть значення $k_F \approx 10^8 \text{ см}^{-1}$ (в одиницях $\hbar$); відповідна енергія — $E_F \approx 3.5 \text{ eV}$ (енергія Фермі), а температура — $T_F \approx 4 \cdot 10^4 \text{ K}$ (температура Фермі). І хоча кімнатна температура (300 K) є порівняно малою в порівнянні з температурою Фермі, в електронному газі слід враховувати також і взаємодію Кулона. Внески від кінетичної енергії електронів, що зумовлені статистикою Фермі, та від кулонівського відштовхування між електронами по різному залежать від густини. Густина електронного газу N/V прийнято характеризувати параметром r_s , $r_s = r_0/a_0$, де $V/N = 4\pi r_0^3/3$, а $a_0 \approx 0.5 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ — це радіус Бора, і маємо, наприклад, для натрію $r_s \approx 3.9$. При великих густинах ($r_s \ll 1$) кінетична енергія домінує. У такому електронному газі двочастинкова функція розподілу «відчуває» перш за все, відштовхування, що зумовлене принципом Паулі, а відштовхування Кулона, яке, як і для класичних частинок, виявляється екранованим, можна розглядати як незначну поправку. При малих густинах ($r_s \gg 1$) електрони втрачають квантовість (середня відстань між електронами стає більшою за довжину хвилі де Бройля і електрони можна розрізнати), тоді домінуватиме кулонівська взаємодія і згідно з передбаченням Вігнера може утворитися кристал із локалізованих зарядів (кристалізація Вігнера, 1934). З середини шістдесятих років минулого століття задача про однорідний електронний газ стала випробувальним полігоном для формалізму функціоналу електронної густини (В. Кон, Л. Шем, 1965). Альтернативний підхід, що базувався на методі зміщень і колективних змінних [22], розвивали майже в той самий час І.Р. Юхновський, М.В. Ваврух та їхні учні.

Зовсім в іншому контексті теорія сильних електролітів Дебая-Гюкеля знайшла своє застосування через майже дев'яносто років після її створення. У працях Р. Мьоснера і співробітників [23] вивчався так званий спіновий лід — магнетик Ізінга з дипольною взаємодією, де спіни (магнітні моменти) Ізінга розміщені у вузлах тривимірної ґратки пірохлору. Виявилося, що при низьких температурах низькоенергетичні збудження над основним станом мають форму магнітних монополів — точкових дефектів, що взаємодіють через магнітну взаємодію Кулона. Тому теорія Дебая-Гюкеля у застосуванні до спіно-

вого льоду описує магнітостатичний внесок у вільну енергію спінового льоду, а в результаті дозволяє пояснити ряд спостережуваних властивостей таких сполук як $\text{Dy}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ чи $\text{Ho}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$, що є прикладами магнітних матеріалів, у яких реалізується модель спінового льоду.

Надплинність, конденсація Бозе-Айнштайна, рідкий гелій і холодні атоми. Квантова статистика передбачає цілком різні властивості для двох квантових рідин: рідкого гелію-4 (ядро атома He^4 містить два протони і два нейтрони) і рідкого гелію-3 (ядро атома He^3 містить два протони і один нейтрон). Атоми рідкого He^4 є бозонами, а атоми рідкого He^3 — ферміони. Бозони описуються симетричною багаточастинковою хвильовою функцією, а ферміони — антисиметричною. Ідеальний газ бозонів (без взаємодії між бозонами) при достатньо низьких температурах ($T_{\text{БЕС}} \approx 3.14 \text{ K}$, якщо б атоми He^4 не взаємодіяли) переходить у квантовий колективний стан, у якому всі частинки мають нульовий імпульс (конденсація Бозе-Айнштайна). І хоча взаємодіями між атомами рідкого He^4 не можна нехтувати (оскільки, зокрема, атоми взаємонепроникні і при наближенні двох атомів виникає короткосяжне відштовхування, яке слід враховувати при густинах, типових для рідкого He^4), очікувалося, що квантова статистика бозонів приводитиме до незвичайних властивостей для рідкого He^4 . І справді, у січні 1938 року на сусідніх сторінках журналу *Nature* були опубліковані дві статті (Петра Капіці, а також Джона Аллана і Дона Майзнера), у яких йшлося про явище надплинності в рідкому He^4 — втрату в'язкості при температурах, нижчих за $T_\lambda \approx 2.17 \text{ K}$. При $T = T_\lambda$ відбувається фазовий перехід у надплинну фазу, котрий спостерігав майже 10 років до того Вілем Кейс; цей перехід супроводжується аномальною поведінкою температурної залежності теплоємності, температурний профіль якої нагадує грецьку літеру λ (звідси і назва λ -перехід).

І хоча над теорією рідкого He^4 працювали такі відомі дослідники, як Л.Д. Ландау, М.М. Боголюбов, Р. Фейнман і багато інших теоретиків, повної мікроскопічної теорії надплинності Бозе-рідини досі не створено. Так, наприклад, експерименти з рідким He^4 показують, що навіть при $T = 0$ в одностинковому Бозе-конденсаті перебуває занадто мало атомів He^4 в порівнянні з передбаченнями теорії. Інший приклад — експериментальне значення максимальної швидкості, з якою надплинний He^4 ще може текти капілярами, є набагато меншим за теоретично передбачене.

І.Р. Юхновський, І.О. Вакарчук та їхні учні теж працювали у цій ділянці теорії конденсованих систем (див., для прикладу, [24]); основні їхні праці стосуються застосування методу колективних змінних до аналізу хвильової функції основного стану рідкого He^4 , теорії спектру збуджень, а також термодинаміки рідкого He^4 , теорії λ -переходу, аналізу Бозе-конденсації за наявності взаємодій.

Нова ера розпочалася в середині дев'яностих минулого століття після створення методів лазерного сповільнення атомів до майже нульових швид-

костей, що відповідає досягненню наднизьких температур. Так було спостережено конденсацію Бозе-Айнштейна в холодному (десятки нанокельвінів) газі Бозе-атомів. Через малу густину (це газові, а не рідкі системи) міжатомна взаємодія не маскує явище конденсації, але потрібно брати до уваги потенціал пастки, в яку «завантажено» частинки, що є, скажімо, 10^5 Бозе-атомів, наприклад, ^{87}Rb . Крім того, цілочисельне значення спіну (в одиницях $\hbar$) — це не обов'язково нуль, а може бути, скажімо, 1 чи 2. Реалізовано також суміші Бозе- і Фермі-атомів. Надплинність виявляється як незникні (персистентні) довготривалі потоки в тороїдних пастках. Вдалося створити також і ґраткові моделі бозонів (оптичні ґратки). Фізика холодних атомів — це сьогодні ціла індустрія, яка важлива для глибшого розуміння природи конденсованих систем. Дослідження у цьому напрямку проводяться, зокрема, в групі І.В. Стасюка (див., наприклад, [25]).

Сильні електронні кореляції. Зонна теорія кристалічних твердих тіл (створена, перш за все, Ф. Блохом) почала розвиватися в часи утвердження квантової механіки. При цьому розглядався квантовий рух електрона у просторово періодичному полі, що формується рештою зарядів, із врахуванням статистики Фермі, якій задовольняють електрони. Незважаючи на численні успіхи в поясненні багатьох спостережуваних властивостей, така теорія зустрічається із труднощами, коли мова йде, скажімо, про різні оксиди перехідних металів. Зонна теорія передбачає, що, наприклад, NiO — це провідник, але він є ізолятором. Ще в сорокових роках минулого століття кілька дослідників (Н. Мот, Р. Пайерлс та інші) запропонували цьому пояснення, яке базувалося на врахуванні взаємодії між електронами. Якщо ця взаємодія є досить сильною, то відбувається перехід Мота, в результаті якого формується фаза діелектрика (ізолятор Мота). Перехід супроводжується перебудовою спектру енергій системи з формуванням у ньому енергетичної щілини.

Найпростіша теорія переходу Мота міститься уже в моделі Габарда [26]. У ній: 1) електрони можуть тунелювати (перестрибувати) між вузлами ґратки; 2) два електрони з різними проекціями спіну ($\uparrow$ чи $\downarrow$) відштовхуються на одному вузлі. Діаграмна техніка для операторів Габарда була запропонована в роботі [27].

Новий спалах інтересу до моделі Габарда виник у дев'яностих роках минулого століття, коли відкрили високотемпературні надпровідники, тобто матеріали, які поведуться як надпровідники при незвично високих температурах. У 1986 році співробітники швейцарської лабораторії комп'ютерної фірми ІВМ Георг Беднорц та Александр Мюллер [28] відкрили сплав, надпровідні властивості якого зберігаються і при 30 К. До того надпровідність спостерігалася лише для значно нижчих температур. У чому ж специфіка високотемпературних надпровідників? Для прикладу, La_2CuO_4 — материнська сполука купратних високотемпературних надпровідників — є типовим ізолятором Мота. Хоча зонна теорія передбачає, що колективізовані електрони Cu мали б хара-

ктеризуватися металічною поверхнею Фермі, електрони через сильні кореляції виявляються локалізованими; вони несуть спин $s = 1/2$ у вузлах із Cu і взаємодіють з коротосяжною взаємодією J_{ij} , яка часто обмежується лише найближчими сусідами у вузлах i та j . Модельний Гамільтоніан La_2CuO_4 для температурного інтервалу $\sim 10^2$ К можна записати у вигляді²: $H = \sum_{i<j} J_{ij} \mathbf{s}_i \cdot \mathbf{s}_j + \dots$, де s^x , s^y і s^z матриці Паулі, розмірність яких 2×2 пов'язана з двома можливими значеннями проекції спіну. Якщо замінити незначну частину атомів La на атоми Sr ($\text{La}_{2-\delta}\text{Sr}_\delta\text{CuO}_4$) чи замінити лантан на барій ($\text{Ba}_x\text{La}_{5-x}\text{Cu}_5\text{O}_{5(3-y)}$) [28]), забравши певну частину електронів із раніше напівзаповненої електроною квадратної ґратки, у вузлах якої перебували іони Cu, і створивши в такий спосіб дірки в ідеальній конфігурації ізолятора, то нова сполука стане надпровідною до температур порядку 10^2 К. Тобто в ній реалізуватиметься квантовий когерентний стан, у якому заряд тече без опору. Однак у зонній теорії описати таке явище не вдається, а тому потрібно було розвивати теорії, які краще враховують сильні електронні кореляції, які, зокрема, описує модель Габарда [29].

Інша причина поживлення інтересу до моделі Габарда мала чисто методологічну причину і пов'язана з розвитком методу динамічного середнього поля (В. Мецнер і Д. Фольхардт, 1989) — формалізму [30], який дає надійні результати при описі властивостей моделі Габарда. Формально обчислення виконуються для вимірності простору $D \rightarrow \infty$, але отримані результати задовільно пояснюють і те, що відбувається у тривимірному випадку $D = 3$ (див., для прикладу, [31]).

І хоча первинно модель Габарда використовувалася для опису поведінки сильно корельованих електронів у твердих тілах, проте з часом було запропоновано чимало її модифікацій. Так, для прикладу, якщо модель стосується бозе-частинок, то це так звана модель Бозе-Габарда, яку разом із моделлю Фермі-Габарда використовують для опису поведінки деяких надхолодних атомів у оптичних ґратках [32]. Це дуже динамічна ділянка досліджень, яка лежить на стику квантової оптики, атомної фізики і фізики конденсованого стану. Оптичні методи дозволяють змінювати константи взаємодій та інші параметри моделі, що відкриває цікаві перспективи отримання нових станів матерії і вивчення фазових діаграм у системах бозе- і/або фермі-атомів. Відповідно існує ціле сімейство узагальнень стандартної (ферміонної та бозонної) моделі [33], які застосовуються до сумішей і враховують взаємодію дальших сусідів, а також інші багаточастинкові ефекти.

Ще одна важлива фундаментальна проблема фізики конденсованої речовини — це пояснення магнетизму колективізованих (зонних) електронів і ви-

²Коли мова йде про десятки електронвольт, то «бачимо» атоми з їх енергетичними спектрами (розсіяння X-променів), якщо ж йдеться про електронвольти — «працює» модель Габарда (зонні спектри), а коли мова йде про міліелектронвольти, то ті атоми ведуть себе як система спінів у моделі Гайзенберга (магнітна сприйнятливості).

никнення, зокрема, найпростішого феромагнітного стану, коли всі спіни електронів (магнітні моменти) скорельовані в одному напрямі. Для прикладу, в залізі такий порядок існує для температур, нижчих за температуру Кюрі (для заліза це 1043 K), а для вищих температур він зникає. То що ж змушує електрони узгоджено вилаштовувати свої спіни при низьких температурах? Взаємодія між електронами — кулонівська і від спінів не залежить. Прямі взаємодії магнітних моментів мають масштаб 1 K, а феромагнетизм існує до температур $\sim 10^3$ K. Одним із перших механізм скорельовування електронних спінів зрозумів Вернер Гайзенберг. Оскільки електрони є ферміонами, то їхня хвильова функція, яка є добутком просторової і спінової частин, має бути антисиметричною. Через кулонівське відштовхування електронів можна зменшити енергію електронної системи, якщо просторова частина хвильової функції буде антисиметричною. Тоді спінова частина хвильової функції мусить бути симетричною, а через те, що спін пропорційний до магнітного моменту, то відповідний стан виявляється феромагнітним. Кулонівська взаємодія впорядковує спіни через статистику Фермі і масштаб енергій для цього явища (пов'язаний з Куловою взаємодією) становить 10^3 K.

Зазвичай феромагнетики, які використовуються для практичних цілей, пов'язані з перехідними чи рідкісноземельними елементами («магнітні» елементи), які є доволі дорогими. Тому якщо б вдалося синтезувати феромагнітні матеріали без таких елементів, то прорив у технологіях був би неймовірним. Теоретики мають деякі пропозиції: наприклад, про теорію феромагнетизму без традиційних магнітних атомів (таких як кобальт, залізо чи нікель) див. [34]. Цікаво також, що за певних умов модель Габарда приводить до складніших магнітних впорядкувань. Магнетизм, зумовлений сильними електронними кореляціями — одна з актуальних проблем сучасної фізики конденсованих систем (див. також [35]).

Фазові переходи та критичні явища. З фазовими перетвореннями ми зустрічаємося щодня. Найзвичніші приклади стосуються рідкої води: якщо її нагріти до 100°C, то вона перетвориться у водяну пару, а якщо її охолодити до 0°C, то вона перетвориться у лід. Інший приклад — залізо. Цей матеріал при температурі, нижчій за температуру Кюрі $T_C \approx 770^\circ\text{C}$, має феромагнітні властивості (виникає спонтанний магнітний момент), а при температурах, що вищі за T_C , веде себе як парамагнетик (магнітний момент зникає). Фазові переходи можна пояснити в рамках термодинаміки і статистичної фізики з використанням поняття про так званий параметр порядку. Для переходу з феромагнітного у парамагнітний стан, зумовленого зміною температури, за такий параметр природно вибрати намагніченість, яка має ненульове значення в низькотемпературній фазі, але зникає при температурі Кюрі та дорівнює нулю у високотемпературній парамагнітній фазі. Якщо параметр порядку зникає (з'являється) неперервно, то маємо справу з неперервним фазовим переходом. Статистична механіка пропонує чимало мікроскопічних моделей,

які містять фазовий перехід. Чи не найпопулярнішою досі залишається модель Ізінга, в якій у кожному вузлі ґратки є спин (елементарний магнітний момент), що може приймати два значення: «спин вгору» ($\sigma = 1$) і «спин вниз» ($\sigma = -1$); кожний спин взаємодіє з найближчими сусідами. Феромагнітна (антиферомагнітна) взаємодія «заставляє» спini орієнтуватися в одному напрямі (протилежних напрямках). Крім того, кожний спин взаємодіє із зовнішнім магнітним полем. У 1944 році Л. Онзагер показав як знайти термодинамічні властивості такої моделі на квадратній ґратці за відсутності поля. І хоча у тривимірному випадку точний розв'язок досі не знайдено, фізична картина поведінки, скажімо, феромагнітної моделі Ізінга на простій кубічній ґратці добре вивчена. При нульовій температурі всі спini Ізінга (феромагнітно) впорядковані, як диктує взаємодія найближчих сусідів; параметр порядку має максимальне значення. Із ростом температури включаються температурні флуктуації і параметр порядку починає визначатися й іншими станами, в яких вже частина спінів має інший напрям, а тому значення параметра порядку зменшується. Намагніченість (параметр порядку) M можна отримати, коли усереднити за всіма можливими станами всіх спінів, ймовірність появи яких контролює температура. Намагніченість $M = \langle \sum_n \sigma_n \rangle$ можна трактувати як моду флуктуацій магнітного моменту з хвильовим вектором $\mathbf{k} = 0$ (нескінчена довжина хвилі) $M_{\mathbf{k}=0}$. При наближенні до критичної температури T_c поведінка системи поблизу точки неперервного фазового переходу визначається лише довгохвильовими модами намагніченості $M_{\mathbf{k} \rightarrow 0}$, що приводить до появи особливого типу симетрії — симетрії ренормалізаційної групи, яка відображає виникнення у системі далекосяжних кореляцій. За рахунок останніх «згладжуються» (усереднюються на масштабах менших за кореляційну довжину) мікроскопічні деталі у поведінці окремих моделей і виникає явище універсальності — усе різноманіття критичної поведінки (поведінки поблизу критичної точки T_c) систем із неперервними фазовими переходами розбивається на певні класи універсальності, кожний із яких залежить від просторової вимірності, числа компонент відповідного параметра порядку, домінуючого типу взаємодії тощо. Основні поняття та ідеї теорії критичних явищ були сформульовані наприкінці 60-х – початку 70-х років минулого століття у роботах Лео Каданова, Кеннета Вільсона, Майкла Фішера.

Мікроскопічна теорія критичних явищ, що базувалася на методі колективних змінних, почала розвиватися в роботах І.Р. Юхновського 70-х років ХХ століття [36]. Основні її положення викладені в монографії [37], яка була перевидана в 1987 році англійською мовою у видавництві World Scientific. Суттєвими перевагами запропонованого підходу було те, що метод колективних змінних дозволяє у природній спосіб отримати флуктуаційний функціонал моделі і послідовно виключати з опису короткосяжні флуктуації. При цьому показано, як виникає ренормгрупова симетрія при наближенні до критичної точки і запропоновано схеми розрахунку як універсальних, так і неуні-

ніверсальних (специфічних для кожної моделі) характеристик. Ці ідеї отримали свій подальший розвиток у роботах Ю.К. Рудавського, І.О. Вакарчука, М.П. Козловського та багатьох інших (див., зокрема, [38]).

Цікаво, що подібна картина може спостерігатися також і в квантовій багаточастинковій системі при нульовій температурі, де на відміну від температурних флуктуацій параметра порядку домінуючу роль відіграють флуктуації квантової природи, а їх інтенсивність контролюється, скажімо, зовнішнім тиском, магнітним полем чи параметром, що описує конкуруючі взаємодії в гамільтоніані. Найпростіший приклад — це спин-1/2 модель Ізінга в поперечному полі (квантова модель Ізінга). Гамільтоніан моделі містить доданок Зеємана, що не комує з доданком взаємодії Ізінга. Некомутативність при цьому і виступає джерелом квантових флуктуацій. Поки поперечне поле рівне нулеві, маємо справу з моделлю Ізінга. Включення поля призводить до флуктуації намагніченості (параметра порядку), а коли поле набуває критичного значення — намагніченість зникає. Квантова модель Ізінга використовувалася до опису властивостей низки реальних об'єктів, зокрема сегнетоелектриків [39, 40]. Важливим здобутком став розвиток мікроскопічної теорії [41] індукованих оптичних ефектів у діелектричних кристалах (електро- і п'єзооптичні ефекти, електро- і п'єзогірація, магнітооптичний ефект), на основі якої було описано та передбачено характер аномалій оптичних характеристик в околі точок структурних і сегнетоелектричних фазових переходів. Подальші дослідження були спрямовані на опис фазових переходів та фізичних ефектів, зумовлених сильними квантовими кореляціями частинок, в електронних системах із переходами «метал-діелектрик» і змінною валентністю, високотемпературних надпровідниках, кристалічних і молекулярних системах із водневими зв'язками, сегнетоелектриках, магнетиках, іонних провідниках, інтеркальованих кристалічних структурах, а також системах квантових частинок на оптичних ґратках.

Є багато інших прикладів квантових фазових переходів. І хоча вони відбуваються при нульовій температурі, квантова критична точка може впливати і на властивості системи при скінчених температурах. Це дозволяє, для прикладу, пояснити несподівану перехідну (кросоверну) поведінку деяких матеріалів [42, 43]. На критичну поведінку фізичних систем суттєвим чином можуть також впливати і такі фактори як конкуренція або ж анізотропія взаємодій [44, 45], різного типу домішки [46], умови просторового обмеження [47] чи термодинамічні в'язі [48]. Теорія критичних явищ дає інструментарій для вивчення великого числа явищ, які стосуються процесів перколяції або ж конформаційних властивостей макромолекулярних систем [49], а також об'єктів, у яких ці процеси присутні водночас і має місце їх взаємодія. При цьому експериментально спостережувані ефекти можуть демонструвати кросовер від поведінки, типової для різних класів універсальності зі змінними, визначеними впливом контрольних параметрів і близькістю до критичної

точки. Окремим напрямком досліджень у фізиці критичних явищ є динамічна поведінка, для опису якої необхідно використовувати більш софістичні методи і підходи [50].

М'яка речовина. Якщо нагріти мідний дріт, то він розтягнеться. Коли ж нагріти кусок гуми, то він скоротиться. Математично це виглядає так: при температурі T довжина зразка $l(T) = l(T_0)[1 + \alpha(T - T_0)]$, де коефіцієнт лінійного температурного розширення для міді $\alpha > 0$, але для гуми $\alpha < 0$. Така відмінність не є випадковою: гума — це сукупність заплутаних клубків довгих молекул і при зміні температури в ній (на відміну від міді, де змінюється середня відстань між сусідніми атомами), відбувається перебудова цих ланцюгів із зміною числа можливих реалізацій того самого макроскопічного стану. Ці відмінності зрештою приводять до того, що знаки коефіцієнта температурного розширення виявляються різними. Приклад теорії макромолекулярних систем, що базується на ідеях П. Флорі і дозволяє розрахувати ентропійний внесок у вільну енергію, що пропорційний логарифму числа реалізацій молекули із заданою відстанню між кінцями, а також внесок від короткосяжного відштовхування твердосферних мономерів-намистинок, з яких утворена ця полімерна молекула, див. роботу [51]. Із сконструйованої в такий спосіб вільної енергії Гібса можна знайти середній розмір полімерної молекули, а отже і коефіцієнт лінійного температурного розширення α . Від'ємний знак коефіцієнта лінійного температурного розширення гуми приводить до того, що вона нагрівається, коли раптово розтягується. Про це знали ще на початку дев'ятнадцятого століття (такі дослідження проводив, зокрема, і Джеймс Джоуль), але лише зовсім недавно [52] було виявлено, що зміна температури натуральної гуми (каучуку) може сягати до $\Delta T \approx 25$ К (для $T_0 = 314$ К) при зміні тиску в кілька сотень МПа (атмосферний тиск становить приблизно 0.1 МПа). Хоча теорії цього гігантського барокалоричного ефекту в каучуку досі не існує, проведені експерименти відкривають цікаві можливості зі створення нового робочого тіла холодильника, використання якого не шкодило б довкіллю.

Полімерні молекули — це лише один із прикладів систем, що представляють собою величезний клас матеріалів, які називають м'якою матерією. Поняття м'якої речовини виникло майже півстоліття тому в групі П'єра-Жіля де Жена, лауреата Нобелівської премії, іноземного члена НАН України. Загалом, коли говоримо про м'яку речовину, в теорії маємо справу з макроскопічними системами, що складаються з мезоскопічних утворень або частинок розміром від одного нанометра до одного мікрометра (розмір молекули води, для прикладу, становить близько 0.3 нанометра). Такі утворення можуть бути стійкими чи виникати динамічно. Окрім них, у системі присутні також менші частинки (вода, іони тощо). Тому про м'яку речовину часом говорять як про складний плин чи колоїдну систему, хоча перелік об'єктів, що належать до фізики м'якої речовини, є надзвичайно великим і різноманітним. Так сю-

ди, зокрема, відносяться рідкокристалічні системи і практично усі біологічні об'єкти. М'якість цього класу матеріалів зумовлена їхньою малою жорсткістю (попри високу об'ємну стисливість) до механічних напружень чи зсувів, що пов'язано з порівняно великими відстанями між мезоскопічними складовими (порівняно з відстанями в кристалічних тілах). Стан таких об'єктів також дуже чутливий до різного типу флуктуацій. Усі ці особливості: дисперсність у розмірах частинок і структурна складність, значна роль ентропійних внесків і багатомасштабність у часовій поведінці тощо — роблять теорію м'якої речовини надзвичайно складною і цікавою водночас.

Успіхи в розвитку теорії електролітів, що були досягнуті в школі І.Р. Юхновського та базувалися на низці нових методів і підходів, дозволили згодом узагальнити теорію на опис асоціативних ефектів та кластерування у складних рідинах [53, 54]. Це дозволило пояснити, зокрема, аномальні низькотемпературні особливості подвійного електричного шару [55], зрозуміти роль внутрімолекулярного електронного переносу [56] тощо. У теорії асоціативних рідин методом багатогустинного формалізму було проведено дослідження впливу димеризаційних, полімеризаційних та сіткоподібних кластерів на властивості рідин. Дослідниками Інституту детально вивчаються полімери [57], колоїдні [58] та полідисперсні [59] системи, рідкокристалічні [60] і біологічні [61] об'єкти.

Теорія м'якої речовини відкриває широкі можливості і в частині створення нових матеріалів із потрібними властивостями. Так, ефективні взаємодії між мезоскопічними частинками в них сильно залежать від впливу частинок менших розмірів. Через розрахунок та аналіз ефективних взаємодій, змінюючи вміст малих частинок, відкривається шлях до їх модифікації, а отже до змін термодинамічних, структурних та інших характеристик системи в цілому. Цікаві результати в цьому напрямі отримані в роботі [62], що формулює концепцію ефективних структурних взаємодій.

Методи теорії рідин, розвинуті в Інституті, поширено на опис поведінки плинів у пористих середовищах [63]. Ці роботи продовжують дослідження, розпочаті ще в 80-х роках із вивчення властивостей плинів в умовах просторово обмежених систем (див., для прикладу, [64]).

Для опису нерівноважних процесів у конденсованій речовині запропоновано метод узагальнених колективних мод, який дозволяє в єдиному підході досліджувати спектри узагальнених колективних збуджень, часові кореляційні функції, функції відгуку, а також вивчати просторово-часові залежності коефіцієнтів переносу в густих плинах і сумішах [65]. Побудовано теорію негідродинамічних колективних мод у багатокомпонентних рідинах, що дозволило вперше послідовно описати такі колективні процеси, як структурна релаксація, теплові хвилі та оптичні збудження фононного типу [66].

Замість підсумків. У рамках такого короткого матеріалу практично неможливо розказати про надзвичайно динамічний складний і актуальний на-

прям досліджень, яким була і залишається теорія конденсованої речовини. З одного боку, тут йдеться про величезне різноманіття об'єктів, кількість яких щороку зростає. З іншого боку, маємо справу з багатим спектром конденсованих фаз, які в них можуть спостерігатися. Уся ця різноманітність вимагає розвитку дуже специфічних інструментів для експериментальних досліджень і сильно ускладнює розвиток теорії, бо в свою чергу призводить до появи цілого «звіринця» моделей, які слід розглядати. Проте певного оптимізму тут додає те, що чимало явищ та ефектів, які спостерігаються експериментально, мають багато схожих рис, а основні математичні труднощі можуть бути згруповані в певні блоки ключових проблем, що є спільними для конденсованої речовини в цілому. Серед основних викликів, котрі стосуються теорії, можна виділити такі ключові: структурна складність, колективна поведінка, рівноправне врахування взаємодій, їх конкуренція, багатосортність, полідисперсність, універсальність, мультимасштабність, емерджентність тощо. Деякі з цих проблем уже знайшли свої схеми і варіанти для знаходження математичного розв'язку проблеми. Інші — знаходяться лише на певних початкових етапах дослідження. Разом з тим, є уже багато прикладів того, що теорію (часто в поєднанні з комп'ютерним експериментом) можна успішно використовувати для розв'язання прикладних задач, які стосуються Чорнобильської проблематики [67, 68], для пошуку нових адсорбентів чи розробки перспективних матеріалів [69–71].

І певний (вважаємо, що цілком достойний) вклад у ці успіхи внесли науковці колективу ІФКС НАН України.

Література

1. Cohen Marvin L. Essay: Fifty Years of Condensed Matter Physics, *Phys. Rev. Lett.* **101** (2008) 250001: 1–5.
2. Kohn W. Condensed Matter Physics in the twentieth century, *Rev. Mod. Phys.* **71** (1999) S59–S77.
3. van der Waals J.D. The equation of state for gases and liquids. — In: Nobel Lectures in Physics, 1910, p. 254–265.
4. Боголюбов Н.Н. Проблемы динамической теории в статистической физике. — М.-Л.: Гостехиздат, 1946.
5. Боголюбов М.М. Лекції з квантової статистики. Питання статистичної механіки квантових систем. — К.: Радянська школа, 1949. — 228 с.
6. Bindi L., Steinhardt P.J., Yao N., Lu P.J. Natural quasicrystals, *Science* **324** (2009) 1306.
7. Coldea R., Tennant D.A., Tsvetlik A.M., Tylczynski Z. Experimental realization of a 2D fractional quantum spin liquid, *Phys. Rev. Lett.* **86** (2001) 1335–1338.
8. Shimizu Y., Miyagawa K., Kanoda K., Maesato M. *et al*, Spin Liquid State in

- an Organic Mott Insulator with a Triangular Lattice, *Phys. Rev. Lett.* **91** (2003) 107001.
9. Savary L., Balents L. Quantum spin liquids: a review, *Rep. Prog. Phys.* **80** (2017) 016502.
 10. Mermin N.D., Wagner H. Absence of ferromagnetism or antiferromagnetism in one- or two-dimensional isotropic Heisenberg models, *Phys. Rev. Lett.* **17** (1966) 1133.
 11. Hohenberg P.C. Existence of long-range order in one and two dimensions, *Phys. Rev.* **158** (1967) 383.
 12. Stanley H.E., Kaplan T.A. Possibility of a phase transition for the two-dimensional Heisenberg model, *Phys. Rev. Lett.* **17** (1966) 913.
 13. Berezinskii V.L. Destruction of long-range order in one-dimensional and two-dimensional systems having a continuous symmetry group. I. Classical systems, *JETP* **32** (1971) 493.
 14. Berezinskii V.L. Destruction of long-range order in one-dimensional and two-dimensional systems possessing a continuous symmetry group, II. Quantum systems, *JETP* **34** (1972) 610.
 15. Kosterlitz J.M., Thouless D.J. Long range order and metastability in two dimensional solids and superfluids. (Application of dislocation theory), *J. Phys. C* **5** (1972) 124.
 16. Kosterlitz J.M., Thouless D.J. Ordering, metastability and phase transitions in two-dimensional systems, *J. Phys. C* **6** (1973) 1181.
 17. Yao N.Y., Potter A.C., Potirniche I.-D., Vishwanath A. Discrete time crystals: Rigidity, criticality, and realizations, *Phys. Rev. Lett.* **118** (2016) 186401.
 18. Zhang J., Hess P.W., Kyprianidis A., P.Becker, A.Lee, Smith J., Pagane G., Potirniche I.-D., Potter A.C., Vishwanath A., Yao N.Y., Monroe C. Observation of a discrete time crystal, *Nature* **543** (2017) 217–220.
 19. Choi S., Choi J., Landig R., Kucsko G., Zhou H., Isoya J., Jelezko F., Onoda S., Sumiya H., Khemani V., von Keyserlingk C., Yao N.Y., Demler E., Lukin M.D. Observation of discrete time-crystalline order in a disordered dipolar many-body system, *Nature* **543** (2017) 221–225.
 20. Юхновский И.Р., Головкин М.Ф. Статистическая теория равновесных систем. — К.: Наук. Думка, 1980. — 372 с.
 21. Zubarev D.N., Tokarchuk M.V. Nonequilibrium statistical hydrodynamics of ionic systems, *Theor. Math. Phys.* **70** (1987) 164–178.
 22. Юхновский И.Р. Статистичний оператор і колективні змінні. I. Перетворення зміщення, *Укр. фіз. журн.* **9** (1964) 702–714.
 23. Castelnovo C., Moessner R., Sondhi S.L. Debye-Hückel theory for spin ice at low temperature, *Phys. Rev. B* **84** (2011) 144435.
 24. Вакарчук І.А., Юхновський І.Р. Разделение «нормального» и «сверхтекучего» движений в уравнении Шредингера при помощи метода смещений и коллективных переменных, *Теор. мат. физ.* **18** (1974) 90–107.

25. Stasyuk I.V., Krasnov V.O. Repulsion-attraction asymmetry in the Bose-Fermi-Hubbard model, *Physica B* **552** (2019) 96–103.
26. Hubbard J. Electron correlations in narrow energy bands, *Proc. R. Soc. London* **276** (1963) 238–257.
27. Slobodyan P.M., Stasyuk I.V. Diagram technique for Hubbard operators, *Theor. Math. Phys.* **64** (1974) 616–620.
28. Bednorz J.G., Müller K.A. Possible high T_c superconductivity in the Ba-La-Cu-O system, *Z. Phys. B* **64** (1986) 189.
29. Plakida N.M., Yushankhai V.Yu., Stasyuk I.V. On the role of kinematic and exchange interactions in superconducting pairing of electrons in the Hubbard model, *Physica C* **160** (1989) 80–88.
30. Metzner W., Vollhardt D. Correlated lattice fermions in $d = \infty$ dimensions, *Phys. Rev. Lett.* **62** (1989) 324.
31. Shvaika A.M. Dynamical mean-field theory of correlated hopping: A rigorous local approach, *Phys. Rev. B* **67** (2003) 075101.
32. Bloch I. Ultracold quantum gases in optical lattices, *Nat. Phys.* **1** (2005) 23–30.
33. Omjyoti Dutta, Gajda Mariusz, Hauke Philipp *et al*, Non-standard Hubbard models in optical lattices: a review, *Rept. Prog. Phys.* **78** (2015) 066001.
34. Tasaki H. From Nagaoka's ferromagnetism to flat-band ferromagnetism and beyond: An introduction to ferromagnetism in the Hubbard model, *Prog. Theor. Phys.* **99** (1998) 489.
35. Derzhko O., Richter J., Maksymenko M. Strongly correlated flat-band systems: The route from Heisenberg spins to Hubbard electrons, *Int. J. Mod. Phys. B* **29** (2015) 1530007.
36. Yukhnovskii I.R. Statistical sum of Ising three-dimensional model, *Dokl. Akad. Nauk SSSR* **232** (1974) 312–315.
37. Юхновский И.Р. Фазовые переходы второго рода. Метод коллективных переменных. — Київ: Наукова думка, 1985, 224 с.
38. Yukhnovskii I.R., Kozlovskii M.P., Pylyuk I.V. Microscopic Theory of Phase Transitions in the Three-Dimensional Systems. — Eurosvit, Lviv, 2001.
39. Levitsky R.R., Korynevsky N.A., Stasyuk I.V. Dynamics of ferroactive crystals of orthophosphate type, *Ferroelectrics* **21** (1978) 481–483.
40. Levitskii R.R., Zachek I.R., Verkholyak T.M., Moina A.P. Dielectric, piezoelectric, and elastic properties of the Rochelle salt $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: A theory, *Phys. Rev. B* **67** (2003) 174112.
41. Stasyuk I.V., Kotsur S.S. The microscopic theory of the gyration and electrogyration in dielectric crystals, *Phys. Status Solidi B* **117** (1983) 557–568.
42. Sachdev S. Quantum criticality: Competing ground states in low dimensions, *Science* **288** (2000) 475.
43. Rüegg Ch., Normand B., Matsumoto M., Furrer A., McMorro D.F., Krämer K.W., Güdel H.-U., Gvasaliya S.N., Mutka H., Boehm M. Quantum magnets under pressure: Controlling elementary excitations in TlCuCl_3 , *Phys. Rev. Lett.*

- 100 (2008) 205701.
44. Patsahan O.V., Mryglod I.M. Critical behavior of the restricted primitive model, *J. Phys.: Condens. Matter* **16** (2004) L235–L241.
 45. Diehl H.W., Shpot M. Critical behavior at m-axial Lifshitz points: Field-theory analysis and ϵ -expansion results, *Phys. Rev. B* **62** (2000) 12338.
 46. Folk R., Holovatch Yu., Yavorskii T. Critical exponents of a three-dimensional weakly diluted quenched Ising model, *Phys. Usp.* **46** (2003) 169–191.
 47. Diehl H.W., Shpot M. Surface critical behavior in fixed dimensions $d < 4$: Nonanalyticity of critical surface enhancement and massive field theory approach, *Phys. Rev. Lett.* **73** (1994) 3431.
 48. Mryglod I.M., Omelyan I.P., Folk R. Ferromagnetic phase transition in a Heisenberg fluid: Monte Carlo simulations and Fisher corrections to scaling, *Phys. Rev. Lett.* **86** (2001) 3156.
 49. Blavatska V., von Ferber Ch., Holovatch Yu. Polymers in long-rang-correlated disorder, *Phys. Rev. E* **64** (2001) 041102.
 50. Blavatska V., Dudka M., Folk R., Holovatch Yu. Critical dynamics and effective exponents of magnets with extended impurities, *Phys. Rev. B* **72** (2005) 064417.
 51. Bhattacharjee S.M., Giacometti A., Maritan A. Flory theory for polymers, *J. Phys.: Condens. Matt.* **25** (2013) 503101.
 52. Bom N.M., Imamura W., Usuda E.O., Paixão L.S., Carvalho A.M.G. Giant barocaloric effects in natural rubber: A relevant step toward solid-state cooling, *ACS Macro Letters* **7** (2018) 31.
 53. Holovko M.F., Kalyuzhnyi Y.V. On the effects of association in the statistical theory of ionic systems. Analytical solution of the PY-MSA version of the Wertheim theory, *Mol. Phys.* **73** (1991) 1145–1157.
 54. Kalyuzhnyi Y.V., Stell G. On the effects of association in fluids with spherically symmetric interactions, *Mol. Phys.* **78** (1993) 1247–1258.
 55. Holovko M., Kapko V., Henderson D., Boda D. On the influence of ionic association on the capacitance of an electrical double layer, *Chem. Phys. Lett.* **341** (2001) 363–368.
 56. Vakarin E.V., Holovko M.F. Piotrowiak P. Ion-pairing effects in intramolecular transport, *Chem. Phys. Lett.* **363** (2002) 7–12.
 57. von Ferber Ch., Holovatch Yu. Copolymer networks and stars: Critical exponents, *Phys. Rev. E* **56** (1997) 6370.
 58. Trokhymchuk A., Henderson D., Nikolov A., Wasan D.T. Entropically driven ordering in a binary colloidal suspension near a planar wall, *Phys. Rev. E* **64** (2001) 012401.
 59. Kalyuzhnyi Yu., Kahl G. Phase coexistence in polydisperse liquid mixtures: Beyond the van der Waals approximation, *J. Chem. Phys.* **119** (2003) 7335–7343.
 60. Ilnytskyi J.M., Wilson M.R. Molecular models in computer simulation of liquid crystals, *J. Mol. Liq.* **92** (2001) 21–28.
 61. Baumketner A., Bernstein S.L., Wyttenbach Th., Bitan G., Teplow D.B., Bowers

- M.T., Shea J.E. Amyloid β -protein monomer structure: A computational and experimental study, *Protein Sci.* **15** (2006) 420–428.
62. Henderson D., Wasan D.T., Trokhymchuk A. Effective interaction between large spheres immersed into a multicomponent hard-sphere fluid, *J. Chem. Phys.* **119** (2003) 11989–11997.
63. Holovko M., Patsahan T., Dong W. Fluids in random porous media: Scaled particle theory, *Pure Appl. Chem.* **85** (2012) 115–133.
64. Pizio O., Henderson D., Sokolowski S. Density profiles of chemically reacting simple fluids near impenetrable surfaces, *J. Phys. Chem.* **99** (1995) 2408–2411.
65. Mryglod I.M., Omelyan I.P., Tokarchuk M.V. Generalized collective modes for the Lennard-Jones fluid, *Mol. Phys.* **84** (1995) 235–259.
66. Mryglod I.M. Generalized statistical hydrodynamics of fluids: Approach of generalized collective modes, *Condens. Matter Phys.* **1** (1998) 753–796.
67. Yukhnovskii I.R., Tokarchuk M.V., Omelyan I.P., Zhelem R.I. Statistical theory for diffusion of radionuclides in ground and subterranean water, *Radiat. Phys. Chem.* **59** (2000) 361–375.
68. Yukhnovskii I.R., Tokarchuk M.V., Ignatyuk V.V., Kobryn A.E., Omelyan I.P., Zhelem R.I., Dmytriv G.S., Ivankiv O.L. Studies on nonequilibrium physico-chemical processes in the system «Fuel containing masses–aqueous solutions of radioactive elements», *Condens. Matter Phys.* **12** (1997) 63–96.
69. Chengara A., Nikolov A.D., Wasan D.T., Trokhymchuk A., Henderson D. Spreading of nanofluids driven by the structural disjoining pressure gradient, *J. Colloid Interface Sci.* **280** (2004) 192–201.
70. Druchok M., Luksic M. Carboxylated carbon nanotubes corked with tetraalkylammonium cations: A concept of nanocarriers in aqueous solutions, *J. Mol. Liq.* **270** (2018) 203–211.
71. Kastelic M., Dill K.A., Kalyuzhnyi Yu.V., Vlachy V. Controlling the viscosities of antibody solutions through control of their binding sites, *J. Mol. Liq.* **270** (2018) 234–242.

Комп'ютерне моделювання структури і динаміки багаточастинкових систем

Тарас Брик, Ярослав Ільницький, Андрій Баумкетнер,
Вікторія Блавацька, Ігор Омелян

Одним з основних напрямків досліджень в Інституті фізики конденсованих систем НАН України є комп'ютерне моделювання фізико-хімічних процесів. На відміну від традиційних підходів опису явищ природи на основі диференційних рівнянь суцільного середовища, які широко використовуються для вивчення механічних, гідродинамічних та теплових процесів, новітні підходи комп'ютерного моделювання базуються на мікроскопічній атомістичній структурі середовища та ефективних взаємодіях між атомами, електронами з іонами у випадку явного врахування електронної підсистеми. Сучасний поступ нанотехнологій був би неможливим без чіткого розуміння природи явищ, що мають місце на атомарному та молекулярному рівнях, а це визначає актуальність та необхідність сучасних наукових досліджень із використанням комп'ютерного моделювання.

Атомістичне моделювання строго базується на законах статистичної фізики, що дозволяє однозначно контролювати основні термодинамічні параметри досліджуваних реальних систем: температуру, тиск тощо. Власне, сам підхід комп'ютерного моделювання реальних матеріалів та процесів на мікроскопічному рівні по-суті є проміжним між теорією та експериментом методом пізнання природи явищ. Від створення першого, найпростішого, методу комп'ютерного моделювання Монте Карло ця галузь знань пройшла через революційні зміни, пов'язані з виникненням принципово нових алгоритмів, які на даний час дозволяють моделювати реальні фізичні процеси з використанням мільярдів частинок, що, по-суті, є високоточними комп'ютерними експериментами. В цілому можна розрізняти два основні напрямки в комп'ютерному моделюванні: стохастичний та детерміністичний підходи. Стохастичний підхід базувався на випадковому генеруванні конфігурацій атомарних частинок із певним принципом вибірки реалістичних конфігурацій, з яких можна було визначити всю термодинаміку та мікроскопічну структуру досліджуваної системи. Детерміністичний підхід, навпаки, ґрунтується на послідовності конфігурацій, отриманих з інтегрування ньютонівських рівнянь руху для частинок. У ньютонівських рівняннях сили, що діють на частинки, визначаються на кожному часовому кроці з відомих ефективних взаємодій між атомами чи іонами. Такий підхід для стану рівноваги детерміністично пов'язує усі конфігурації, що дозволяє розраховувати з комп'ютерного моделювання методом молекулярної динаміки часові кореля-

ції між різними величинами, та приводить до можливості обрахунку усіх можливих коефіцієнтів переносу: дифузії, в'язкості, теплопровідності, електропровідності.

Історично перші задачі у Львівському відділенні статистичної фізики ІТФ АН УРСР (від 1990 Інститут фізики конденсованих систем НАН України), в яких застосовувалось комп'ютерне моделювання, виникли в середині 1980-х років із міжнародної співпраці з групою доктора Карла Хайнцінгера, який був одним із піонерів моделювання водних розчинів електролітів у Німеччині. Усвідомлюючи перспективу комп'ютерного атомістичного моделювання, І.Р. Юхновський ставив завдання співробітникам, які брали участь в українсько-німецькій співпраці, зокрема А. Трохимчуку та О. Сабану, встановити та використати німецький пакет програм молекулярної динаміки на львівських електронно-обчислювальних машинах (які були ще до появи персональних комп'ютерів). Паралельно, І. Омелян створював свій власний пакет молекулярної динаміки, який почав продукувати нові наукові результати в дослідженнях транспортних властивостей у рідинах на початку 1990-х.

Міжнародна співпраця була надзвичайно корисною для ознайомлення з методами комп'ютерного моделювання, перенесення методик, нових підходів та програмних пакетів до Львова, розширення кола задач, які досліджувались в ІФКС НАН України. В 1995–1996 роках Т. Брик був залучений до розробки пакету молекулярної динаміки SIMUL в Технічному університеті Відня (Австрія), який в першу чергу був спрямований на розрахунок одночастинкових та колективних часових кореляційних функцій в одно- та двокомпонентних рідинах. З кінця 1990-х появилася можливість паралелізації програм комп'ютерного моделювання на існуючих європейських та американських суперкомп'ютерах. У 1997–1999 рр. Т. Брик виконував паралелізацію пакету першопринципного моделювання в Університеті Техасу (Остін, США), а Я. Ільницький в 1999–2003 рр. розробляв паралелізований пакет програм GBMOLDD для ефективної молекулярної динаміки полімерних рідких кристалів та виконував паралелізацію низки спеціалізованих алгоритмів Монте Карло в Університеті Дарема (Великобританія). Пізніше Я. Ільницький розробив споріднений пакет засобів для виконання моделювання мезоскопічним методом дисипативної динаміки. Важливий внесок у розвиток комп'ютерного моделювання в ІФКС НАН України зробили І. Омелян, А. Трохимчук, А. Баумкетнер, Т. Пацаган, М. Дручок. Набуті нові напрямки в моделюванні та задачі розширювали спектр досліджень в ІФКС НАН України. Серед них, саме завдяки міжнародній співпраці в ІФКС — моделювання границь розділу рідина-кристал, рідкокристалічних та фоточутливих макромолекул, полімерних щіток, біомолекул у водному середовищі, першопринципне моделювання конденсованих систем при високих тисках.

Оскільки комп'ютерне моделювання вимагає значних обчислювальних зусиль, надзвичайно корисним для прогресу цих досліджень стало створення

в 2001 році обчислювального кластеру ІФКС, який по-суті був першим в системі Національної академії наук України розрахунковим кластером для паралелізованих задач (16 процесорів, продуктивність 12.5 Гфлопс). Поява Українського академічного гріду, який об'єднує потужні обчислювальні кластери наукових установ Києва, Львова, Харкова та інших в єдину систему, дозволила виконувати високопродуктивні розрахунки та моделювання, використовуючи грид-інфраструктуру. Станом на 2018 рік оновлений кластер ІФКС має 280 процесорних одиниць із піковою потужністю 2.4 Тфлопс.

Науковці ІФКС НАН України беруть активну участь у навчальному процесі, зокрема, викладають навчальні курси з комп'ютерного моделювання фізичних процесів у Національному університеті «Львівська політехніка» на створений у 2005 р. філії кафедри прикладної фізики і наноматеріалознавства. Студенти мають змогу отримати теоретичні знання з методів комп'ютерного моделювання та практичні навички роботи з розрахунковим кластером ІФКС. Від 2016 р. посилений курс комп'ютерного моделювання та декілька спецкурсів, зокрема з першопринципної молекулярної динаміки та з моделювання біологічних систем, викладають аспірантам ІФКС у рамках провадження освітньої діяльності у сфері вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня на підставі ліцензії МОН України.

Широкий спектр наукових досліджень із використанням різних методик комп'ютерного моделювання, важливі результати, отримані за допомогою комп'ютерного моделювання, та розробки нових алгоритмів дозволили ІФКС НАН України зайняти провідне місце серед наукових установ України за цим напрямком. Найважливіші досягнення в області комп'ютерного моделювання фізичних процесів охоплюють розробку нових високоточних алгоритмів чисельного моделювання руху частинок, першопринципне моделювання молекулярної динаміки конденсованих систем при високих тисках, встановлення особливостей динаміки надкритичних флюїдів, моделювання структури та динаміки рідкокристалічних та полімерних систем, агрегації білків у водних розчинах.

Моделювання з перших принципів конденсованих систем при високих тисках

Назва «першопринципне (по латині — *ab initio*) моделювання» походить від того, що електронна підсистема, яка відповідає за утворення хімічних зв'язків, розраховується на квантовому рівні без жодних модельних припущень. Отриманий таким чином розподіл електронної густини визначає сили, що діють на іони, та, відповідно, рух атомарних частинок. Важливою перевагою першопринципного комп'ютерного моделювання є відсутність необхідності знати ефективні атом-атомні потенціали взаємодії, які є вхідними для класичної молекулярної динаміки. Як правило, ефективні атом-атомні потен-

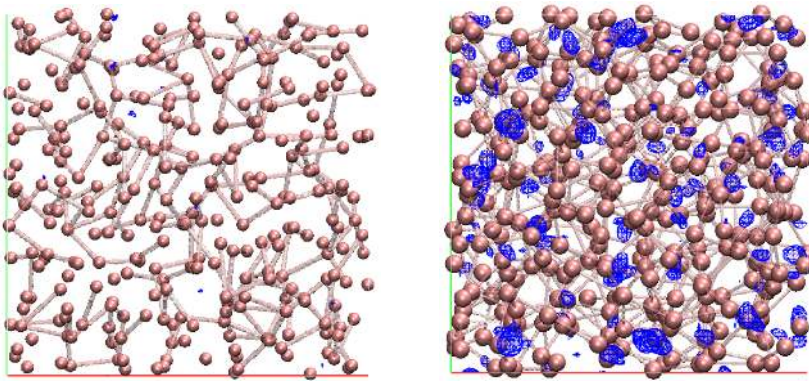


Рис. 1. Ізоповерхні функцій локалізації електронів в міжвузельному просторі в розплаві Rb при тисках 1.2 ГПа (зліва) та 27.4 ГПа (справа). При низьких тисках всі електрони делокалізовані, а при високих тисках — частково локалізовані.

ціали не можуть правильно відобразити усієї різноманітності взаємодій між атомами, особливо при утворенні/розриві ковалентних та водневих зв'язків. У першопринципному моделюванні явне врахування електронної підсистеми та мінімізація електронних ступенів вільності приводить до рівноважних конфігурацій із миттєвим розподілом електронної густини. На основі першопринципного моделювання є можливість досліджувати тверді тіла, рідини, складні молекулярні системи в умовах, для яких реальні експерименти є практично неможливі. Зокрема, основні фундаментальні знання про будову, атомний склад, температуру, швидкість поширення звуку в ядрі та зовнішній оболонці ядра Землі походять із першопринципного комп'ютерного моделювання кристалічного та рідкого заліза і його сплавів із легкими елементами при надвисоких тисках до 400 ГПа.

За допомогою моделювання методом *ab initio* молекулярної динаміки досліджено структурні, електронні та динамічні властивості рідкого рубідію [1, 2] при температурі 573 K та в області зміни зовнішнього тиску до 27.4 ГПа. Температура відповідала проведеним експериментам із розсіювання рентгенівських променів для тисків до 6.6 ГПа, а задача полягала в розрахунку динамічних структурних факторів, обчисленні швидкості поширення колективних збуджень у металічному розплаві при високих тисках та порівнянні з експериментом. При високих тисках електронна підсистема відчуває геометричні обмеження (накладаються остовами атомів), що приводить до часткової локалізації електронів у міжвузловому просторі. Для кристалів такі процеси електронної локалізації при досягненні певного критичного тиску приводять до екзотичного фазового переходу метал-неметал, оскільки неме-

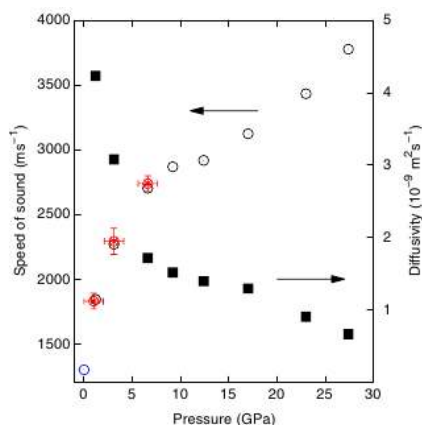


Рис. 2. Динамічний кросовер в одночастинковій динаміці (дифузія) та в колективній динаміці (швидкість поширення звуку) для рідкого Rb при $T=573$ К. Хрестиками зображено результати експериментів із розсіювання рентгенівських променів.

талічний стан виникає при зростанні тиску. Для розплавів протягом довшого часу не було зрозуміло, чи існують у металічних розплавах подібні області локалізації електронів. Були розраховані ізоповерхні функцій локалізації електронів для найнижчого та найвищого тисків у моделюванні (Рис. 1); це допомогло встановити, що при високих тисках електронна підсистема розплаву містить частково локалізовані в міжіонному просторі електрони. Наявність такої часткової локалізації сильно впливає на динамічні властивості металічного розплаву. Важливим результатом є уповільнення спаду коефіцієнта дифузії для розплаву Rb в області тисків 10–17 ГПа (Рис. 2), що може бути лише наслідком зміни ефективного діаметра частинок. Це узгоджується з отриманими результатами для електронної підсистеми, оскільки при тиску зовнішні електрони витискаються у міжвузельний простір і частково локалізуються. Саме при таких тисках для швидкості звуку — при малих тисках розрахована швидкість звуку чудово узгоджується з результатами експериментів із розсіювання рентгенівських променів (червоні символи з похибками експерименту на Рис. 2), коли спостерігається сповільнення росту з тиском, що є свідченням структурного переходу рідина–рідина внаслідок перебудови електронної структури та ефективних розмірів атомарних частинок.

Методами першопринципного комп'ютерного моделювання досліджено структуру та динамічні властивості ряду рідин за умов, характерних для зовнішньої оболонки ядра Землі та границі «зовнішня оболонка ядра — мантія». З аналізу структури та динаміки утворення хімічних зв'язків вдалося встано-

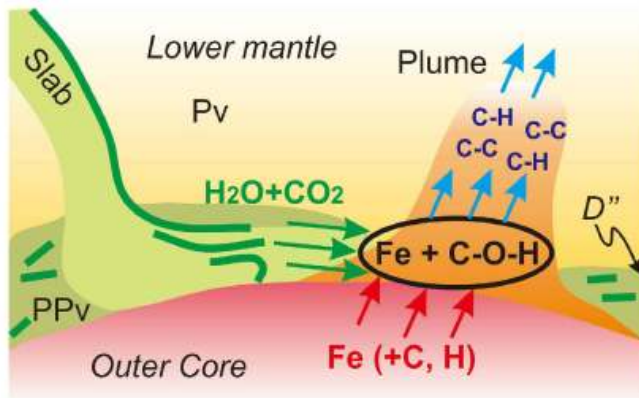


Рис. 3. Схема впливу іонів заліза на синтез високомолекулярних гідрокарбонатів при високих тисках, характерних для границі розділу зовнішнього ядра Землі та мантії.

вити, що залізо при високих тисках та температурах відіграє роль каталізатора в синтезі високомолекулярних гідрокарбонатів (Рис. 3). Це опосередковано вказує на роль заліза на границі розділу зовнішньої оболонки ядра та мантії в синтезі важких гідрокарбонатних сполук та, зокрема, нафти [3].

Моделювання надкритичних флюїдів методом молекулярної динаміки

Динамічні властивості надкритичних флюїдів викликають надзвичайний інтерес через високу чутливість колективної динаміки до фазового стану системи, а тому на початку 2000-х років запропоновано використовувати наявність так званої позитивної дисперсії звукових збуджень для ідентифікації флюїдів рідинного типу. Пізніше на основі комбінації комп'ютерного моделювання та експериментів із непружного розсіювання рентгенівських променів на надкритичному аргоні [4] було запропоновано, що формальний поділ надкритичних флюїдів на флюїди рідинного та газового типів на основі наявності позитивної дисперсії звукових збуджень повинен проходити по лінії Відома та її формальному продовженні в область високих температур.

З метою перевірки гіпотези про роль лінії Відома в поділі на основі динаміки на два типи надкритичних флюїдів у роботі [5] проведено комп'ютерне моделювання методом молекулярної динаміки для надкритичного аргону при чотирьох значеннях температури. Отримано дисперсійні криві та залежні від хвильового числа швидкості звуку $c_L(Q)$, які характеризують наявність позитивної дисперсії. Для низьких густин отримано ненульову пози-

тивну дисперсію, що свідчить про інший (ніж в'язкопружний) механізм появи позитивної дисперсії, який проявляється саме при малих густинах. Із метою в'яснення питання ненульової позитивної дисперсії звуку для флюїдів малої густини проведено аналіз власних динамічних мод та їх внесків до динамічних структурних факторів у рамках термо-в'язкопружної моделі підходу узагальнених колективних мод (УКМ). Комп'ютерні дослідження показали, що позитивна дисперсія звуку, яка зменшується майже лінійно з густиною в області високих густин (в'язкопружний механізм), переходить у плато з деяким ненульовим значенням позитивної дисперсії. Якщо продовжити лінійну залежність позитивної дисперсії, то вона повинна зникати при густинах, коли спостерігається мінімум кінематичної в'язкості та термодифузії, що дуже добре узгоджується з результатами аналітичної теорії, в якій за позитивну дисперсію акустичних збуджень відповідає взаємодія зі структурною релаксацією [6]. Аналітична теорія є дійсною лише на межі гідродинамічного режиму, тому необхідним є аналіз динамічних мод та їх внесків у динамічний структурний фактор для того, щоб зрозуміти природу ненульового плато позитивної дисперсії звуку при низьких густинах. Такий аналіз динамічних власних мод та їх внесків у динаміку надкритичного аргону проведено в роботі [6] на основі термо-в'язкопружної моделі (Рис. 4). Важливо, що поза гідродинамічною областю така модель дозволяє існування негідродинамічних теплових хвиль, що можуть існувати на мікроскопічних масштабах, однак повністю загасають на макроскопічних відстанях. Саме внески від негідродинамічних теплових мод до динамічних структурних факторів відповідають при низьких густинах за відхилення від гідродинамічного поширення звуку, тоді як для густих флюїдів такі внески практично рівні нулю.

Паралельно розвивалися уявлення про наявність так званої «лінії Френкеля» на фазовій діаграмі плинів, що розділяє газоподібні плини від плинів рідинного типу. Для аналізу умов, запропонованих для означення «лінії Френкеля», проведено моделювання молекулярної динаміки надкритичного неону вздовж ізотермічної лінії, для якої існують експерименти з розсіяння Х-променів. Показано, що припущення про існування низькочастотного обрізання за частотою для поперечних колективних збуджень (на чому базується підхід «лінії Френкеля») суперечить як результатам молекулярної динаміки, так і аналітичним результатам термов'язкоеластичної моделі [7]. Проаналізовано вирази для позитивної дисперсії звуку та питомої теплоємності в підході «лінії Френкеля» та виявлено його основні протиріччя з узагальненою гідродинамічною теорією.

Моделювання рідкокристалічних систем

Моделювання рідкокристалічних систем виконувалось на низці просторово-часових масштабів та за різного рівня деталізації потенціалів міжчастинко-

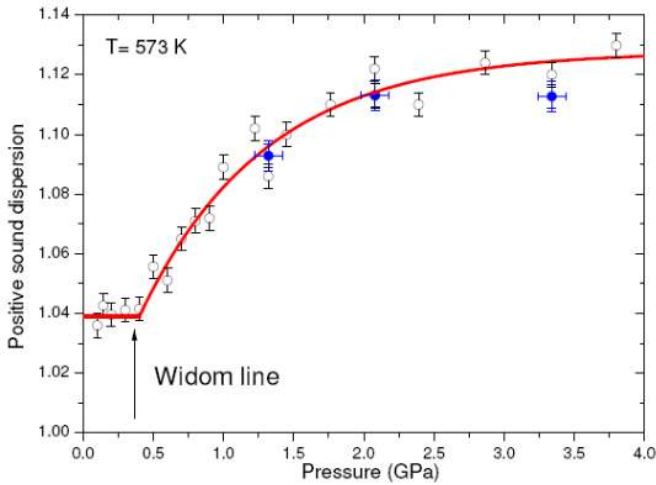


Рис. 4. Залежність позитивної дисперсії звукових збуджень від тиску для надкритичного аргону. Заповнені символи — результати експериментів із непружного розсіювання рентгенівських променів, а прозорі кружечки — результати комп'ютерного моделювання. Ці результати свідчать про різку зміну поведінки позитивної дисперсії звуку в області лінії Відома, що дозволяє розрізнити динаміку рідинного та газового типів.

вої взаємодії, від напіватомістичних до ґраткових моделей. Рівень деталізації вибирався в кожному конкретному випадку, виходячи як із фізико-хімічних особливостей досліджуваного явища, так і з точки зору практичної доцільності, тобто витрати комп'ютерного часу.

Ґраткові системи

Ґраткова модель Лібволя-Лешера та запропоновані споріднені до неї моделі були вивчені за допомогою методу Монте Карло зі застосуванням технік переважування та скінченно-вимірного скейлінгу [8]. Це дало можливість дослідити зміну характеру протікання орієнтаційного фазового переходу між нематичною та ізотропною фазами залежно від параметрів потенціалу взаємодії та від наявного в системі розведення нерідкокристалічними частинками. Пізніше ці програмні засоби було розвинуто на випадок n -компонентних спінових систем та наявності нескорельованого та скорельованого безладу. Використовуючи кластерні алгоритми Монте Карло Свендсена-Ванга та Вольфа, вивчено вплив безладу типу ліній домішок на характер протікання магнітного фазового переходу в низці спінових моделей.

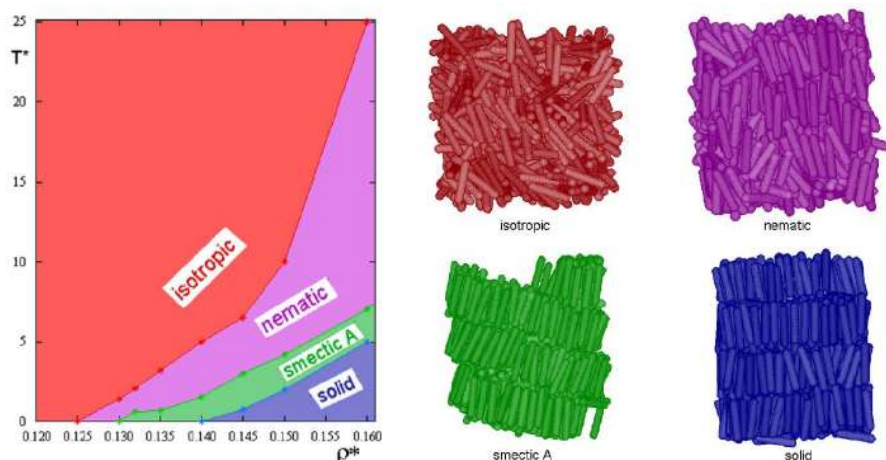


Рис. 5. Фазова діаграма густина–температура системи м'яких сфероциліндрів (зліва) та ілюстрація симетрії відповідних фаз, отриманих за допомогою комп'ютерних симуляцій (справа).

Низькомолекулярні системи

Подальші дослідження рідкокристалічних систем виконано із залученням напіватомістичних потенціалів для анізотричних молекул, а саме потенціалу типу Кігари, що описує м'яке відштовхування молекул сфероциліндричної форми, та потенціалу Гей-Берне з ізоенергетичними поверхнями, близькими до еліпсоїдної форми. Досліджено фазову діаграму м'яких сфероциліндричних молекул у широкому інтервалі параметра анізотрії [9]. Фазова діаграма, побудована для різних густин і температур, виявилася близькою до її аналога для твердих сфероциліндрів із тією ж анізотрією, але з можливістю використання для системи м'яких частинок методів молекулярної динаміки (Рис. 5). Також вивчено коефіцієнт обертової в'язкості системи частинок, що взаємодіють за допомогою потенціалу Гей-Берне, залежно від параметрів взаємодії та термодинамічних параметрів системи.

Рідкокристалічні полімери

Обидва типи взаємодій, а саме потенціали Кігари та Гей-Берне, які призводять до появи рідкокристалічних фаз, залучено до універсальної паралелізованої програми GBMOLDD для моделювання рідкокристалічних макромолекул довільної молекулярної архітектури. Однією з перших задач, до якої застосовано ці програмні засоби, було дослідження рідкокристалічного дендримера, що перебуває в рідкокристалічному розчиннику [10] (Рис. 6). Ана-

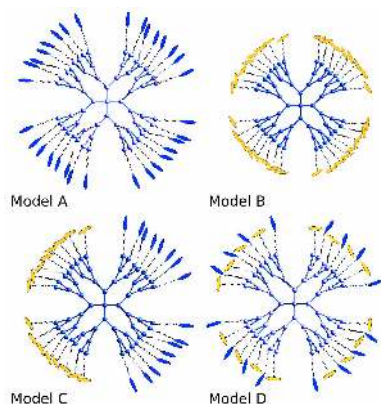


Рис. 6. Напів-атомістичні моделі карбосилованих рідкокристалічних дендримерів третьої генерації з різним типом рідкокристалічних кінцівок [9].

ліз результатів вказав на те, що дендритна серцевина практично завжди перебуває у близькій до сферичної конформації, тоді як рідкокристалічні групи відчувають сильний вплив фази середовища, що призводить до зміни загальної форми макромолекули при зміні фази розчинника (сферична — для ізотропного розчинника, паличкоподібна — для нематичного розчинника і з виразним приєднанням рідкокристалічних груп до найближчого шару для смектичної фази розчинника). Така зміна форми впливає на реологічні властивості макромолекули в задачах їх транспорту через канали і пори.

Інша система, яку було розглянуто, — це розплав гребінчатих рідкокристалічних полімерів. Проведено детальне дослідження їх фазової діаграми, як і структурних та динамічних властивостей у впорядкованій смектичній та ізотропній фазах [11]. Пізніше ця задача була узагальнена шляхом гелювання смектичної фази і утворення рідкокристалічного еластомера [12]. Такі системи широко досліджені як експериментально, так і теоретично, і мають великий практичний інтерес із точки зору виготовлення т.зв. штучних м'язів. Властивості еластомера вивчено на предмет керованих температурою ефектів пам'яті при переході системи зі смектичної до ізотропної фази і назад, а також видів деформації при накладенні одновісного видовження. Відтворено спостережувану експериментально анізотропію у відгуку на одновісну деформацію, як і зигзагоподібні деформації смектичних шарів (Рис. 7).

Фоточутливі полімери

Одним із різновидів рідкокристалічних полімерів є азобензиновмісні полімери. Азобензинові групи є хромофорами та здатні фотоізомеризуватись, тобто

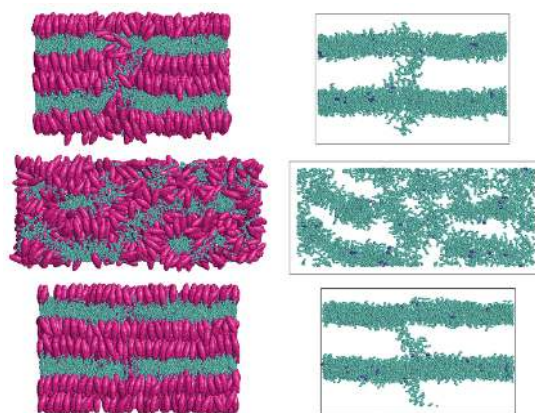


Рис. 7. Ефекти пам'яті в рідкокристалічному еластомері (верхній ряд — початкова ламеларна фаза, середній ряд — ізотропна фаза, отримана внаслідок нагрівання, нижній ряд — відновлена ламеларна фаза в результаті охолодження ізотропної фази).

перемикались між своїм *trans*- і *cis*-станами під впливом опромінення з відповідною довжиною хвилі та інтенсивністю. Така властивість призвела до їх використання при виготовленні дифракційних ґраток та в носіях цифрових записів. Одним із найзагадковіших ефектів є формування в азобензиновмісній плівці поверхневого рельєфу при її опроміненні двома пучками інтерферуючого опромінення, які формують оптичне поле з можливістю модуляції різного типу. У випадку аморфних плівок поверхневий рельєф формується при температурах, суттєво нижчих за температуру переходу плівки в стан скла, і точний мікроскопічний механізм цього явища залишається невідомим та широко дискутується.

З метою встановлення можливих механізмів цих явищ проведено моделювання процесів формування поверхневого рельєфу в азобензинових плівках із використанням молекулярної динаміки та базованих на ній методів, що включають стохастичні елементи, пов'язані з фотоізомеризацією. Так, симуляції двох видів матеріалів: рідкокристалічного типу (гнучкий остовний ланцюг і відносно довгий бічний ланцюг) і аморфного типу (жорсткий остовний ланцюг і короткий бічний ланцюг, Рис. 11) виявили в них протилежний знак деформації елемента об'єму при опроміненні [11]. Це добре узгоджується зі спорідненими експериментальними даними з деформації вільно пливучої застиглої краплі азобензинових полімерів такого типу та формування в них траншей та виступів у світлих ділянках при їх опроміненні через оптичну маску.

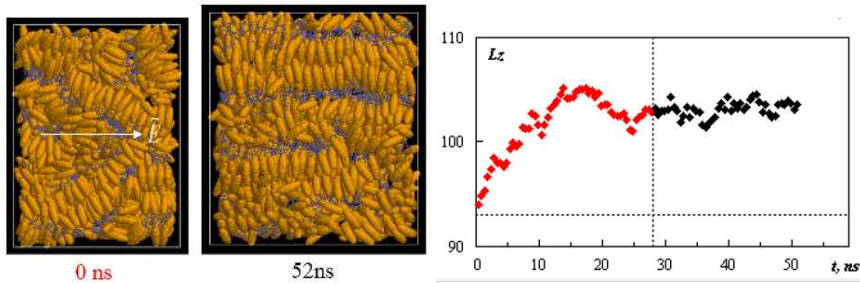


Рис. 8. Механізм фотоіндукованих деформацій в аморфних азобензинових полімерах. Переорієнтація азобензінів перпендикулярно до вектора електричного поля опромінення E і переорієнтація основних ланцюгів паралельно до E (зліва і по центру). Результат: видовження зразка у напрямку E (справа, точки зліва від пунктирної лінії — під опроміненням, точки справа — після вимкнення опромінення) [11].

Декоровані наночастинки

Наночастинки (золота, платини, міді, магнітних сплавів тощо), декоровані функціональними групами, мають величезне практичне застосування в медицині, каталітичних процесах як барвники скла та як елементи фотохромних приладів. Побудовано мезоскопічні моделі декорованих наночастинок із двома типами функціональних груп: звичайні рідкокристалічні (які репрезентують, наприклад 5CB та ін.) та хромофорні (здебільшого азобензини). Для випадку звичайних рідкокристалічних груп розглянуто вплив поверхневої густини декорування та способу приєднання рідкокристалічних груп (подовжній чи поперечний) на фазову діаграму об'ємних фаз декорованих частинок. В результаті симуляцій встановлено сильну кореляцію між густиною декорування, анізотрією частинки в об'ємній фазі та симетрією самої фази. При зростанні густини декорування частинки послідовно змінюють форму від паличкоподібної (формують смектичну фазу) до дископодібної (формують гексагонально упаковану стовпцеву фазу) і згодом до сферично-симетричної (формують кубічні фази). У визначених інтервалах густини декорування спостерігаються бістабільність і можливість співіснування фаз, де симетрія відносно фази може бути порушена шляхом накладення зовнішнього впорядковуючого поля відповідної симетрії.

При декоруванні наночастинок хромофорними групами вивчено вплив опромінення на формування гелю (при малій концентрації наночастинок у розчиннику) та об'ємних фаз (при розгляді розплаву наночастинок) [13, 14]. Гель інтерпретується в термінах мережі між наночастинками, де вузлами слугують наночастинки, а ребрами — декоруючі ліганди, між якими формується

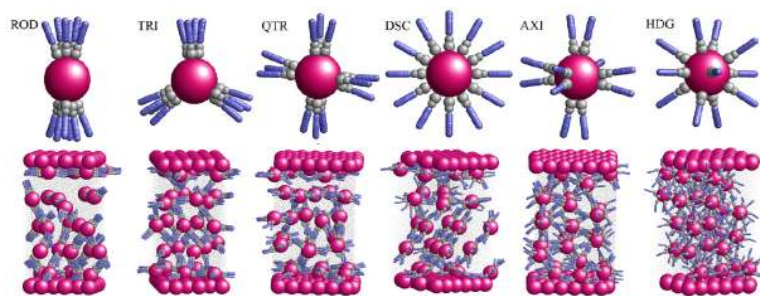


Рис. 9. Ілюстрація структури наногелю, сформованого декорованими наночастинками в порі, заповнений розчинником, залежно від просторового розподілу лігандів на поверхні наночастинки [14].

зв'язок завдяки сильному притягання між *trans*-азобензинами. При опроміненні такої системи ультрафіолетовим світлом відбувається фотоізомеризація азобензинів у *cis*-ізомер і розрив цих зв'язків. Завдяки моделюванню пульсуючого опромінення вивчено динаміку формуванню гелю в порі та його властивості як мережі — середній ранг вузлів, локальний коефіцієнт кластерності, максимальний розмір кластера, наявність перколяції між стінками пори, ефективна константа пружності гелю та ін. Вивчено залежність цих характеристик від концентрації наночастинок. У подальшому аналіз розширено на різні випадки декорування наночастинок, при яких ліганди не просто випадково розташовані на їх поверхні, а формують регулярний шаблон (полярне та екваторіальне декорування тощо). Встановлено шаблони, що призводять до формування механічно найстійкішого гелю та передумови найефективнішого каталізу гелю з наночастинок золота з просторового розподілу наночастинок у такому гелі [14].

Досліджено вплив опромінення на формування впорядкованих об'ємних фаз у розплаві наночастинок, декорованих азобензиновими лігандами. За відсутності опромінення смектична фаза формується або спонтанно, або ініціюється накладенням сильного орієнтуючого поля. Спонтанне формування вимагає досить тривалих часів і в результаті цього зазвичай виникає полідоменний смектичний зразок. Стосовно методу з орієнтуючим полем, то можливість його фізичної реалізації залежить від величини дипольного та магнітного моментів азобензину, які при використанні певних груп заміщення можуть бути досить незначними, ускладнюючи їх переорієнтацію. Комп'ютерні симуляції вказують на те, що завдяки впливу опромінення і подальшої фотоізомеризації азобензинів можна досягнути прискорення часу формування впорядкованої фази від 2 до 10 разів та досягнути цього ефекту в широкому інтервалі температур. В результаті отримано монодоменні смектичні зразки [13].

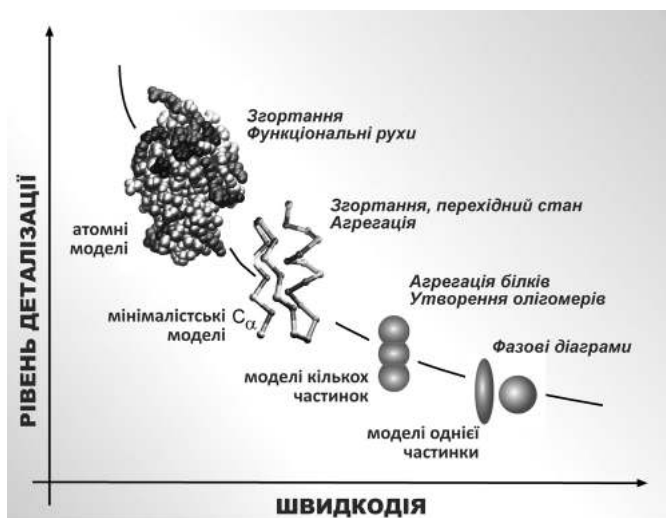


Рис. 10. Математичні моделі, що використовуються в комп'ютерному моделюванні білків.

Моделювання макромолекулярних систем та дослідження агрегації білків

Білки — це один із чотирьох основних видів біологічних молекул. Вони виконують ключові біологічні функції та складають понад 50% всієї сухої речовини в тваринних клітинах. Оскільки в своєму природному середовищі (внутріклітинному просторі) більшість білків розчинені у воді, методи комп'ютерного моделювання, розвинуті для систем м'якої речовини (як рідини чи полімеру), переважно застосовні до білків.

З огляду на складність хімічної будови для білків не існує однієї математичної моделі, яка придатна для всіх проблем. Натомість використовується широкий спектр моделей, кожна з яких має свої межі застосовності. Основні моделі та задачі, в яких вони використовуються, проілюстровані на Рис. 10. Наприклад, для дослідження процесу згортання білків та з'ясування деталей їхніх функціональних рухів, використовуються моделі з повним атомним представленням. Для дослідження процесів, що включають велике число білків, моделі необхідно спрощувати, в багатьох випадках до рівня представлення білка однією взаємодіючою частинкою. Існує обернена залежність між рівнем хімічної деталізації моделі білка та її швидкодією.

У білків існують й інші визначні особливості, які вимагають застосування спеціальних підходів моделювання. По-перше, як системи у рідкому стані, білки мають нетипово довгий час релаксації. Якщо, наприклад, розглянути

час згортання, то він змінюється в межах від 1 мкс у найшвидших білках до 1 хв у найповільніших. У воді часовий крок комп'ютерних симуляцій задається параметрами відштовхувального потенціалу і становить порядку 1 фемтосекунди. Відповідно для того, щоб спостерігати одиночний акт згортання в атомному представленні білка в явному розчиннику, необхідно зробити порядку 10^9 часових кроків. Це число необхідно збільшити приблизно в 100 раз, якщо є потреба оцінити статистику часу згортання. Не дивлячись на значний прогрес у розвитку комп'ютерних технологій, сьогодні проводити такі довгі симуляції неможливо. Як наслідок, виникає потреба в розвитку методів, які дозволяють пришвидшити динаміку модельованих систем. Низка таких методів, які відомі під загальною назвою покращеної конфігураційної вибірки (enhanced sampling), запропоновано останнім часом, включаючи метод обміну репліками та моделювання в мультиканонічному ансамблі. Принцип дії цих методів полягає в тому, щоб полегшити системам втечу з кінетичних пасток, які утворюються конфігураціями, що відповідають локальним мінімумам потенціальної енергії. Зокрема в підході мультиканонічного ансамблю ця мета досягається завдяки застосуванню певного деформуючого перетворення, що застосовується до потенціальної енергії. Зазвичай деформуюча функція отримується ітеративним шляхом із певної кількості попередньо виконаних симуляцій. Працівниками ІФКС запропоновано покращення цього алгоритму [15], внаслідок якого число необхідних ітерацій скоротилося вдвічі.

По-друге, навіть із застосуванням методик покращеної вибірки, моделювання білків у явному розчиннику залишається надскладною задачею. Це твердження особливо актуальне, коли йдеться про взаємодію кількох білків, як це відбувається, наприклад, в процесі агрегації. В цьому випадку єдиним порятунком є спрощення досліджуваної системи шляхом побудови моделі скороченого опису. При цьому необхідно зберегти атомне представлення білка, оскільки процес самоасоціації цих молекул дуже чутливий до їхньої хімічної будови. Водночас модель повинна бути достатньо простою, щоб дозволити оперативно проводити симуляції на сучасних комп'ютерах.

Працівниками ІФКС запропоновано модель [16], що дозволяє задовольнити обидві ці вимоги. Дана модель, яка носить назву RAPID, розроблена для пептиду поліаланіну та використовує атомну архітектуру білка, зв'язану зі стандартним силовим полем, а вплив розчинника описується за допомогою ефективних потенціалів або неявного розчинника. Повна потенціальна енергія в цій схемі $U = U_0 + \Delta G_{\text{sol}}$ включає в себе енергію пептиду у вакуумі U_0 та енергію сольватації ΔG_{sol} . Остання розбивається на електростатичну ΔG_{el} та неполярну ΔG_{np} частини, $\Delta G_{\text{sol}} = \Delta G_{\text{el}} + \Delta G_{\text{np}}$. Модель добре відтворює конформаційну статистику пептиду, одержану в явному розчиннику. Подальші тести, проведені для кількох пептидних ланцюгів, показують, що модель також правильно описує експериментально спостережувану схильність поліаланінів до зростаючої тенденції збиратися в β -листи зі зростаючою довжиною

пептидного ланцюга. Дослідження впливу електричного поля на білки [17] демонструють, що запроваджена модель придатна для моделювання згортання та агрегації дрібних пептидів з атомною роздільною здатністю.

Використання методів дисипативної динаміки частинок

Метод дисипативної динаміки виник у середині 1990-х років як модифікація методу Ланжевенової (і до певної міри Бравнової) динаміки, при якому зберігається сумарний імпульс системи і, відповідно, відтворюється граничний перехід до гідродинамічного опису плинів. Опис виконується на рівні мезоскопічних фрагментів молекул із 5–10 атомів, які представлено як м'які кульки. Пряма взаємодія між кульками, як і сила тертя і випадкова сила, які діють на кульки зі сторони розчинника і сукупно формують термостат, описуються парними взаємодіями з окремими фрагментами розчинника, а не як взаємодія з усередненим середовищем. У результаті цього виконується третій закон Ньютона і, крім того, розчинник бере безпосередню участь у формуванні впорядкованих морфологій.

Роботи з використанням цього методу можна розбити на декілька груп. До першої належать дослідження масштабних властивостей розмірних характеристик (радіус гірації, гідродинамічний радіус та для лінійного полімера — відстань між його кінцями) та властивостей форми (асферичність, протяжність та дескриптор форми) лінійних та зіркоподібних молекул у розчиннику різної якості. Встановлено, що відомі закони скейлінгу лінійного полімерного ланцюжка виконуються з високою точністю на мезоскопічному рівні опису, підтверджуючи в чисельний спосіб його самоподібність. Спостережено цікаву поведінку асферичності зіркового полімеру при зміні якості розчинника, зокрема її максимум поблизу тета-точки (в якій, через екранування взаємодій, ланцюжок веде себе як випадкове блукання). Така поведінка пояснена конкуренцією між ентальпійним та ентропійним вкладом у вільну енергію залежно від якості розчинника, підтвердження якої отримано з функцій розподілу асферичності окремих гілок зіркового полімеру.

Інша група робіт присвячена агрегації та самоорганізації кополімерних макромолекул. Так, вивчено формування об'ємних фаз у розплаві кополімерів для випадків їх лінійної, зіркової та гребінчастої архітектури. У всіх випадках молекулярна вага молекули була однаковою, що дало можливість сконцентрувати увагу на ефектах зміщення границь впорядкованих структур (зокрема гексагонально впакованих циліндрів, гіроїдної та ламеларної морфологій) залежно від молекулярної топології. Досліджено також властивості форми молекул та їх характерних фрагментів залежно від морфології. Вивчено процес міцелоутворення в зіркових кополімерах різного типу (мікто-зірки, діблок зірки та ін.) у розчині. При зрості концентрації розчину отримано таку послідовність агрегатів: сферичні міцели, несферичні міцели та поліме-

розоми. Перехід від сферичної до несферичної міцели відбувається континуально, в той час як перехід від несферичної міцели до полімерозоми — стрибком, який нагадує фазовий перехід першого роду.

Третя група робіт присвячена вивченню симетрії морфологій та переходів між ними у порі зі стінками, які декоровані полосоподібними щітками, а середина пори заповнена сумішшю з двох незмішуваних компонент. Отримано низку фаз: ламеларну, колоноподібну та ізольовані напівкраплі залежно як від геометрії пори (її ширина та відстань між полосами, порівняно з довжиною ланцюжків щітки), так і від компонентності суміші. Досліджено переходи між морфологіями при плавній зміні компонентності. Потрібна морфологія може бути експериментально зафіксована шляхом її фото- чи хеміогелювання.

Комп'ютерне моделювання полімерних макромолекул методом Монте Карло

Модель випадкових блукань без самоперетинів (Self-avoiding walks — SAW) на періодичній ґратці є однією з найбільш успішних при чисельному описі універсальних конформаційних властивостей гнучких полімерних макромолекул у хороших розчинниках. Властивості SAW на сьогодні детально досліджено як аналітично, так і в рамках чисельних підходів.

Цікавим питанням є поведінка полімерних макромолекул у розчинах за присутності структурних неоднорідностей (у гелях, колоїдних розчинах, внутрішньоклітинних середовищах). У рамках моделі випадкових блукань такі середовища моделюються за допомогою невпорядкованої ґратки, частина вузлів якої містить точкові дефекти. Численні комп'ютерні симуляції привели до висновку про існування двох можливих режимів поведінки SAW на невпорядкованих ґратках: слабого безладу, коли концентрація вузлів ґратки, дозволених для блукання, є значно нижчою від перколяційної, та сильного безладу, коли невпорядкована ґратка знаходиться на порозі перколяції і в системі можна знайти перколяційний кластер дозволених вузлів, що простягається по всій довжині ґратки в усіх напрямках (Рис. 11). У режимі слабого безладу універсальні конформаційні властивості SAW (такі, як ротаційно інваріантні характеристики розміру та форми, зокрема так звана асферичність Ad) не змінюються незалежно від концентрації, в той час, як в режимі сильного безладу вони є нетривіальними і належать до нового класу універсальності. Це явище можна пояснити: слабкий безлад не змінює вимірності ґратки, а перколяційний кластер є фрактальним об'єктом із фрактальною вимірністю, залежною від вимірності простору.

У роботах [18–20] досліджувались універсальні конформаційні властивості моделі SAW на перколяційному кластері зі застосуванням чисельного алгоритму збіднено-збагаченого методу Розенблюта (PERM), розвинуеного в роботах Грасбергера. Цей метод базується на алгоритмі зростаючого ланцюж-

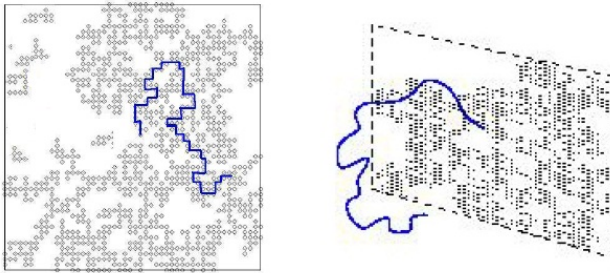


Рис. 11. Схематичне зображення траєкторії SAW на двовимірній ґратці із перколяційним кластером (ліворуч) та поблизу поверхні, концентрація адсорбуючих вузлів на якій рівна перколяційній (праворуч).

ка Розенблюта, що бере свій початок із перших днів Монте Карло симуляцій полімерних систем. У підході Розенблюта вузли, що вже зайняті траєкторією, оминаються без відкидання всього зростаючого ланцюжка, а статистична похибка коректується наданням ваги кожній конфігурації. Ефективність алгоритму зумовлена підходом контролю популяцій, що базується на подоланні вагових флуктуацій зростаючого ланцюжка шляхом збіднення статистики конфігураціями із надто низькими вагами і збагачення копіями високовагових конфігурацій. Збіднення та збагачення проводились шляхом вибору верхнього і нижнього порогових значень ваги $W_{\min}$ і $W_{\max}$, які постійно оновлюються в процесі симуляцій. В результаті в цих роботах у рамках чисельного підходу отримано найточніші на сьогодні оцінки універсальних ротаційно інваріантних характеристик розміру та форми гнучких полімерних макромолекул у розчинах за присутності складних структурних неоднорідностей та кількісно показано зростання асиметрії типових просторових конфігурацій макромолекул, зумовлених присутністю дефектів.

Дослідження поведінки полімерів поблизу неупорядкованих поверхонь є дуже важливим, оскільки більшість субстратів, з якими маємо справу в фізичних процесах, є енергетично (або структурно) неупорядкованими. Структурні неоднорідності суттєво впливають, зокрема, на особливості агрегації протеїнів та конформаційних переходів в основний стан глобули. В роботі [21] аналізувались особливості поведінки полімерних макромолекул поблизу неупорядкованої адсорбуючої фрактальної поверхні в формі двовимірного перколяційного кластера (Рис. 11). Чисельно показано сповільнення процесу адсорбції на поверхні, фрактальна вимірність якої є меншою, ніж Евклідова вимірність площини. Також проаналізовано особливості конформаційних переходів «klubok-глобула» гнучких лінійних полімерних ланцюжків

у неупорядкованих середовищах в рамках моделі SAW на перколяційних ґратках та вперше отримано чисельні оцінки критичної температури θ -переходу для випадку вузлової перколяції [22].

Розробка нових ефективних алгоритмів для розв'язування рівнянь руху в комп'ютерному моделюванні простих і складних молекулярних систем

Метод молекулярної динаміки (МД) є одним з основних у комп'ютерному моделюванні при дослідженні різноманітних властивостей простих і складних рідин. Вперше запропонований 60 років тому для опису еластичних зіткнень твердих кульок, цей метод у подальшому був адаптований для вивчення простих рідин із реалістичнішими потенціалами взаємодії. Впродовж декількох останніх десятиліть МД підхід інтенсивно розвивався для опису значно складніших біомолекулярних систем, включаючи білки у водних розчинах. Багато МД алгоритмів для розв'язання рівнянь руху атомів і молекул у рідинних системах було запропоновано впродовж довгої історії комп'ютерного моделювання.

Незважаючи на вагомі попередні досягнення, побудова більш ефективних МД алгоритмів залишається вкрай актуальною задачею. Це твердження особливо вірне у випадку складних біохімічних систем, зокрема, білків, що становлять значний інтерес у сучасній хімії, біології і медицині. Такі рідинні системи характеризуються співіснуванням динамічних процесів, що відбуваються на суттєво різних часових масштабах (від фемто- до мілісекунд). Наявність різних масштабів надзвичайно утруднює проведення комп'ютерного моделювання. Справа в тому, що для складних рідин існуючі алгоритми можуть забезпечити лише посередню точність та ефективність МД обчислень. Наприклад, враховуючи потужності сучасних суперкомп'ютерів, стандартні алгоритми не здатні підійти навіть до мікросекундної області, тоді як характерний час згортання білків може сягати мілісекунд чи навіть секунд у випадку складних моделей.

Упродовж останніх двадцяти років (1998–2018) І.П. Омелян зі співавторами запропонував цілу низку нових ідей, схем і підходів, які дозволили подолати обмеження на точність, ефективність та доступний часовий інтервал в МД симуляціях як простих, так і складних рідин. У ранніх роботах [23–26] було удосконалено існуючі алгоритми для інтегрування трансляційного і обертового руху в молекулярних моделях із жорсткими атомними зв'язками. Відмінною особливістю цих алгоритмів від попередніх є точне відтворення жорсткої структури молекул без застосування ітераційних процедур. Узагальнення алгоритмів для простих рідин на спінові моделі було предметом розгляду в роботах [27–29]. Вони показали, зокрема, що інтегрування руху можна провести таким чином, щоб точно зберегти всі закони збереження (імпульсу, енер-

гії та інші), незважаючи на наближений характер траєкторій частинок. Оптимізація декомпозиційних алгоритмів типу Верле, Фореста-Рута та Сузукі другого і четвертого порядку по часовому кроці також була проведена [30–32]. В результаті досягнуто значно вищої точності інтегрування при однакових затратах комп'ютерного часу. Побудову алгоритмів вищого порядку із залученням не тільки сил, але й їх градієнтів здійснено в роботі [33]. Повну класифікацію усіх декомпозиційних алгоритмів, включно до шостого порядку, проведено в роботі [34]. Тут ідентифіковано декілька десятків нових схем, деякі з яких є особливо визначні в контексті ефективності. Значною перевагою декомпозиційного підходу є його симплектичність, тобто здатність збереження фазового об'єму системи і, як наслідок, забезпечення надзвичайно стабільних розв'язків рівнянь руху. Використовуючи екстраполяцію сил [35], модифікацію градієнтів [36], техніку обробки траєкторій [37] і поєднання з точними розв'язками [38], досягнуто подальшого зростання ефективності декомпозиційних алгоритмів.

Запропоновано нову теорію [39] для інтегрування рівнянь руху в класичних системах, що базується на канонічному перетворенні фазового простору та експоненційних декомпозиціях пропагатора часової еволюції. Це дало змогу зняти ряд обмежень, які присутні в стандартних схемах із багатокроковим інтегруванням. У результаті отримано нові високопродуктивні МД алгоритми другого і четвертого порядків за часовим кроком. Продемонстровано, що при тих самих затратах комп'ютерного часу такі алгоритми значно покращують точність розрахунку фазових траєкторій частинок. Запропоновану теорію можна застосовувати не тільки до простих, але й до полярних систем для розрахунку часових кореляційних функцій, узагальнених коефіцієнтів переносу та інших величин.

Розвинуто підхід мультимасштабної молекулярної динаміки для дослідження рівноважних, термодинамічних та структурно-конформаційних властивостей води та складних хіміко-біологічних рідин. У рамках цього підходу отримано нові алгоритми в різних статистичних ансамблях (мікроканонічному, канонічному, ізокінетичному та інш.) для подолання існуючого бар'єру на розмір часового кроку при інтегруванні рівнянь руху атомів і молекул у складних моделях рідин за одночасної присутності трансляційних, обертових і вібраційних ступенів вільності [40–44]. Високу ефективність одержаних алгоритмів підтверджено в МД симуляціях води. Зокрема розмір зовнішнього часового кроку вдалося збільшити від 20 фемтосекунд для мікроканонічного ансамблю до 5 пікосекунд у канонічно-ізокінетичному термостаті, що дало змогу суттєво прискорити МД розрахунки.

Удосконалено метод екстраполяції сольватаційних сил у складних біохімічних рідинах при поєднанні МД з теорією інтегральних рівнянь [45] у рамках оптимального канонічно-ізокінетичного ансамблю. На прикладі моделі гідролізованого дипептиду аланіну продемонстровано, що новий метод зда-

тний оперувати з гігантськими зовнішніми кроками розміром порядку до десятків пікосекунд, забезпечуючи цим пришвидшення розрахунків від 100 до 500 разів у порівнянні зі звичайним методом МД без екстраполяцій. Запропонований метод узагальнено [46–48] і застосовано до складніших моделей біологічних рідин, які включають, зокрема, білки (мініпротеїн і протеїн G), розчинені у воді, та інші складні макромолекули (асфальтен в толуені). В результаті досягнутого прискорення вдалося вперше згорнути мініпротеїн із повністю розгорнутого стану, використовуючи лише інтервал 60 наносекунд (в стиснутій часовій шкалі, де повільні процеси враховуються теорією інтегральних рівнянь), тоді як середній час його самоорганізації у звичайному підході МД сягає 9 мікрсекунд (пришвидшення складає 150 разів).

Література

1. T. Bryk, S. De Panfilis, F.A. Gorelli, E. Gregoryanz, M. Krisch, G. Ruocco, M. Santoro, T. Scopigno, A.P. Seitsonen. Dynamical Crossover at the Liquid-Liquid Transformation of a Compressed Molten Alkali Metal, *Phys. Rev. Lett.* 111, p. 077801 (2013).
2. F.A. Gorelli, S. De Panfilis, T. Bryk, L. Ulivi, G. Garbarino, P. Parisiades, M. Santoro. Simple-to-Complex Transformation in Liquid Rubidium, *J. Phys. Chem. Lett.* 9, p. 2909 (2018).
3. A.B. Belonoshko, T. Lukinov, A. Rosengren, T. Bryk, K.D. Litasov. Synthesis of heavy hydrocarbons at the core-mantle boundary, *Scientific Reports* 5, 18382 (2015).
4. G.G. Simeoni, et al. The Widom's line as the crossover between liquid-like and gas-like behaviour in supercritical fluids, *Nature Physics* 6, p. 503 (2010).
5. F.A. Gorelli, T. Bryk, M. Krisch, G. Ruocco, M. Santoro, T. Scopigno. Dynamics and thermodynamics beyond the critical point, *Scientific Reports*. 3, p. 1203: 1–5 (2013).
6. T. Bryk, et al. Collective excitations in supercritical fluids: Analytical and molecular dynamics study of «positive» and «negative» dispersion, *J. Chem. Phys.* 133, p. 024502 (2010).
7. T. Bryk, F. Gorelli, I. Mryglod, G. Ruocco, M. Santoro, T. Scopigno. Behavior of Supercritical Fluids across the «Frenkel Line», *J. Phys. Chem. Lett.* 9, p. 2909 (2018).
8. J. Ilnytskyi. Modified Lebwohl-Lasher model for investigation of nematic-isotropic phase transition in liquid crystals, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 323, p. 113–128 (1998).
9. D.J. Earl, M.R. Wilson, J. Ilnytskyi. Computer simulations of soft repulsive spherocylinders, *Mol. Phys.* 99, no 20, p. 1719–1726 (2001).
10. M.R. Wilson, L.M. Stimson, J. Ilnytskyi. The influence of lateral and terminal

- substitution on the structure of a liquid crystal dendrimer in nematic solution: A computer simulation study, *Liq. Cryst.* 33, no 10, p. 1167–1175 (2006).
11. J. Ilnytskyi, D. Neher, M. Saphiannikova. Opposite photo-induced deformations in azobenzene-containing polymers with different molecular architecture: Molecular dynamics study, *J. Chem. Phys.* 135, p. 044901 (2011).
 12. J. Ilnytskyi, M. Saphiannikova, D. Neher, M.P. Allen. Modelling elasticity and memory effects in liquid crystalline elastomers by molecular dynamics simulations, *Soft Matter*, 8, p. 11123–11134 (2012).
 13. J. Ilnytskyi, A. Slyusarchuk, M. Saphiannikova. Photocontrollable Self-Assembly of Azobenzene-Decorated Nanoparticles in Bulk: Computer Simulation Study, *Macromolecules* 49, no 23, p. 9272–9282 (2016).
 14. J.M. Ilnytskyi, A. Slyusarchuk, S. Sokołowski. Gelation of patchy ligand shell nanoparticles decorated by liquid-crystalline ligands: computer simulation study, *Soft matter* 14, no 19, p. 3799–3810 (2018).
 15. A. Baumketner, Y. Hiwatari. Running multicanonical simulations on deformed energy surface: Application to a model protein, *J. Phys. Soc. Jpn.* 71, no 3, p. 1001–1002 (2002).
 16. B. Ni, A. Baumketner. Reduced atomic pair-interaction design (RAPID) model for simulations of proteins, *J. Chem. Phys.* 138, no. 6. P. 064102 (2012).
 17. A. Baumketner. Electric Field as a Disaggregating Agent for Amyloid Fibrils, *J. Phys. Chem. B* 118, no 50, p. 14578–14589 (2014).
 18. V. Blavatska, W. Janke. Scaling behavior of self-avoiding walks on percolation clusters, *Europhys. Lett.* 82, no 6, p. 66006–66011 (2008).
 19. V. Blavatska, W. Janke. Multifractality of self-avoiding walks on percolation clusters, *Phys. Rev. Lett.* 101, no 12, p. 125701: 1–4 (2008).
 20. V. Blavatska, W. Janke. Shape anisotropy of polymers in disordered environment, *J. Chem. Phys.* 133, no 18, p. 184903: 1–7 (2010).
 21. V. Blavatska, W. Janke. Polymer adsorption on a fractal substrate: numerical study, *J. Chem. Phys.* 136, no 10, p. 104907: 1–10 (2012).
 22. V. Blavatska, W. Janke. Polymers in crowded environment under stretching force: Globule-coil transitions, *Phys. Rev. E* 80, no 5, p. 051805: 1–10 (2009).
 23. I.P. Omelyan. On the numerical integration of motion for rigid polyatomics: The modified quaternion approach, *Computers in Physics* 12, no 1, p. 97–103 (1998).
 24. I.P. Omelyan. Numerical integration of the equations of motion for rigid polyatomics: The matrix method, *Comput. Phys. Commun.* 109, no 2/3, p. 171–183 (1998).
 25. I.P. Omelyan. Algorithm for numerical integration of the rigid-body equations of motion, *Phys. Rev. E* 58, no 1, p. 1169–1172 (1998).
 26. I.P. Omelyan. A new leapfrog integrator of rotational motion. The revised angular-momentum approach, *Mol. Simul.* 22, no 3, p. 213–236 (1999).
 27. I.P. Omelyan, I.M. Mryglod, R. Folk. Conservation-laws-preserving algorithms

- for spin dynamics simulations, *Europhys. Lett.* 52, no 6, p. 603–609 (2000).
28. I.P. Omelyan, I.M. Mryglod, R. Folk. Algorithm for molecular dynamics simulations of spin liquids, *Phys. Rev. Lett.* 86, no 5, p. 898–901 (2001).
 29. I.P. Omelyan, I.M. Mryglod, R. Folk. Molecular dynamics simulations of spin and pure liquids with preservation of all the conservation laws, *Phys. Rev. E* 64, no 1, p. 016105 (2001).
 30. I.P. Omelyan, I.M. Mryglod, R. Folk. Optimized Verlet-like algorithms for molecular dynamics simulations, *Phys. Rev. E* 65, no 5, p. 056706 (2002).
 31. I.P. Omelyan, I.M. Mryglod, R. Folk. Optimized Forest-Ruth- and Suzuki-like algorithms for integration of motion in many-body systems, *Comput. Phys. Commun.* 146, no 2, p. 188–202 (2002).
 32. I.P. Omelyan, I.M. Mryglod, R. Folk. New optimized algorithms for molecular dynamics simulations, *Condens. Matter Phys.* 5, no 3 (31), p. 369–390 (2002).
 33. I.P. Omelyan, I.M. Mryglod, R. Folk. Construction of high-order force-gradient algorithms for integration of motion in classical and quantum systems, *Phys. Rev. E* 66, no 2, p. 026701 (2002).
 34. I.P. Omelyan, I.M. Mryglod, R. Folk. Symplectic analytically integrable decomposition algorithms: classification, derivation, and application to molecular dynamics, quantum and celestial mechanics simulations, *Comput. Phys. Commun.* 151, no 3, p. 272–314 (2003).
 35. I.P. Omelyan. Extrapolated gradientlike algorithms for molecular dynamics and celestial mechanics simulations, *Phys. Rev. E* 74, no 3, p. 036703 (2006).
 36. I.P. Omelyan. Advanced gradientlike methods for rigid-body molecular dynamics, *J. Chem. Phys.* 127, no 4, p. 044102 (2007).
 37. I.P. Omelyan. Processed splitting algorithms for rigid-body molecular dynamics simulations, *Phys. Rev. E* 78, no 2, p. 026702 (2008).
 38. R. Zon, I.P. Omelyan. J. Schofield. Efficient algorithms for rigid body integration using optimized splitting methods and exact free rotational motion, *J. Chem. Phys.* 128, no 13, p. 136102 (2008).
 39. I.P. Omelyan. Advanced multiple time scale molecular dynamics, *J. Chem. Phys.* 131, no 10, p. 104101 (2009).
 40. I.P. Omelyan, A. Kovalenko. Multiple time scale molecular dynamics for fluids with orientational degrees of freedom. I. Microcanonical ensemble, *J. Chem. Phys.* 135, no 11, p. 114110 (2011).
 41. I.P. Omelyan, A. Kovalenko. Multiple time scale molecular dynamics for fluids with orientational degrees of freedom. II. Canonical and isokinetic ensembles, *J. Chem. Phys.* 135, no 23, p. 234107 (2011).
 42. I.P. Omelyan, A. Kovalenko. Overcoming the barrier on time step size in multiscale molecular dynamics simulation of molecular liquids, *J. Chem. Theory Comput.* 8, no 1, p. 6–16 (2011).
 43. I. Omelyan, A. Kovalenko. Interpretation of atomic motion in flexible molecules: Accelerating molecular dynamics simulations, *Phys. Rev. E* 85, no

- 2, p. 026706 (2012).
44. I. Omelyan, A. Kovalenko. Generalised canonical-isokinetic ensemble: speeding up multiscale molecular dynamics and coupling with 3D molecular theory of solvation, *Mol. Simul.* 39, no 1, p. 25–48 (2013).
 45. I. Omelyan, A. Kovalenko, Multiple time step molecular dynamics in the optimized isokinetic ensemble steered with the molecular theory of solvation: Accelerating with advanced extrapolation of effective solvation forces, *J. Chem. Phys.* 139, no. 24, P. 244106 (2013).
 46. I. Omelyan, A. Kovalenko. MTS-MD of biomolecules steered with 3D-RISM-KH mean solvation forces accelerated with generalized solvation force extrapolation, *J. Chem. Theory Comput.* 11, no 4, p. 1875–1895 (2015).
 47. A. Kovalenko, I. Omelyan. MD of biomolecules steered with mean solvation forces obtained from 3D-RISM-KH molecular theory of salvation, In: *Computational Trends in Solvation and Transport in Liquids, Lecture Notes*, Editors: G. Sutmann et al., IAS Series 28, p. 383–418 (2015).
 48. D.A. Case, S.R. Brozell, D.S. Cerutti, T.E. Cheatham, III, V.W.D. Cruzeiro, T.A. Darden, R.E. Duke, D. Ghoreishi, H. Gohlke, A.W. Goetz, D. Greene, R. Harris, N. Homeyer, S. Izadi, A. Kovalenko, T.S. Lee, S. LeGrand, P. Li, C. Lin, J. Liu, T. Luchko, R. Luo, D.J. Mermelstein, K.M. Merz, Y. Miao, G. Monard, H. Nguyen, I. Omelyan, A. Onufriev, F. Pan, R. Qi, D.R. Roe, A. Roitberg, C. Sagui, S. Schott-Verdugo, J. Shen, C.L. Simmerling, J. Smith, J. Swails, R.C. Walker, J. Wang, H. Wei, R.M. Wolf, X. Wu, L. Xiao, D.M. York, P.A. Kollman. *AMBER 2018*, University of California, San Francisco, 919 pp. (2018).

Статистична фізика складних систем

Юрій Головач, Максим Дудка, Вікторія Блавацька, Василь Пальчиков,
Мар'яна Красницька, Олеся Мриглод

1 Складні системи: фізика поза фізикою

Складні системи — напрямок досліджень, що зараз набуває характерних рис добре сформованої ділянки науки зі своїм об'єктом, понятійним апаратом, методами аналізу [1]. Поняття *складна система* поступово стає одним із підставових понять сучасної науки, чи, ширше, все частіше виступає в загальнокультурному контексті. Зростання кола застосувань цього поняття, а також виявлення чи усвідомлення все ширшого кола явищ, де воно застосовне, приводить до труднощів при його строгому означенні. І хоча, як ми побачимо і з подальшої розповіді, наука про складні системи охоплює широке міждисциплінарне коло досліджень, центральними у ній є методи і концепції фізики. Про деякі з них йтиме мова у цьому розділі. Нашу розповідь ми почнемо, окресливши в загальних рисах основні властивості складних систем, зосередившись на тих, які становлять предмет вивчення статистичної фізики складних систем. Конкретні приклади будуть вибрані з-поміж результатів, отриманих науковцями ІФКС НАН України.

1.1 Емерджентність і ефект метелика

Як правило, складною називається система з багатьох пов'язаних між собою складових, що, як ціле, володіють властивостями, які не очевидно впливають із властивостей окремих частин [2, 3]. Таким чином, наука про складні системи вивчає, як складові частини породжують колективну поведінку системи. У фізиці підкреслюється ще одна характерна риса: система є складною, якщо її поведінка кардинальним чином залежить від деталей системи [4]. При цьому маються на увазі такі явища, як детерміністичний хаос, квантове заплутування, виникнення третинної структури макромолекул білків, виникнення стану спінового скла тощо. Згадані явища дуже різні і теоретично досліджуються різними ділянками фізики (теорія динамічних систем, квантова механіка, статистична фізика). Проте їх спільною рисою є те, що інфінітезимальна зміна у (різних за фізичною природою) початкових умовах призводить до докорінно різних сценаріїв еволюції.

Два згадані вище фактори (ще відомі як *емерджентність* та *ефект метелика*) є визначальними у формулюванні предмету досліджень статистичної фізики складних систем. Прикладами таких систем є конденсована ре-

човина, екологічні та біологічні системи, фондові ринки та економічні системи, людське суспільство. Іншими характерними особливостями складних систем, окрім вже згаданих вище високої чутливості до малих змін початкових умов та виникнення нових функціональних можливостей, є самоорганізація, підпорядкування степеневим законам (*товсті хвости* у статистичних розподілах) та адаптивний характер взаємодій.

1.2 Адаптивний характер взаємодій

Зупинимося спочатку на останній із перелічених вище властивостей. Відомо, що взаємодії між складовими частинами часом можуть привести до колективної поведінки і, таким чином, породити макроскопічний стан. Однак у складній системі ці взаємодії зазнають впливу макростану і змінюються впродовж еволюції системи. Іншими словами, у складній системі макро- і мікростани динамічно оновлюють один одного [5]. Аналіз таких ефектів і привів до створення методів і до вироблення концепцій, що були успішно застосовані для опису формально подібних явищ у хімічних, біологічних, соціальних та інших системах агентів нефізичної природи. Часом стверджується: якщо фізика — це наука чотирьох фундаментальних сил, якими взаємодіє матерія, то наука про складні системи використовує концептуальне узагальнення понять сили і матерії. Сили — це все, що змінює стан агентів-складників, а матерія — це все, до чого можна прикласти сили. Знову ж таки, приклади знаходимо як у конденсованій речовині, так і в біології, фондових ринках, економіці, соціології чи гуманітарних дисциплінах. Одні з найчастіше згадуваних прикладів виникнення нових якостей у складних системах — це виникнення свідомості чи формування погоди. Тут доречно також згадати про докорінну відмінність між складними (complex) і складеними (complicated) системами: характеристики останніх можна отримати з індивідуальних властивостей їхніх складових. Знову ж таки, часто згадуваним прикладом для пояснення цієї відмінності слугує функціонування сучасного літака як саме складеної (а не складної) системи. Незважаючи на величезну кількість складових різної природи, поведінка системи літака в цілому є (повинна бути) передбачуваною і такою, що виключає емерджентність.

1.3 Розподіли з товстими хвостами

Поява степеневих розподілів — товстих хвостів — у статистиці є ще однією притаманною, можна сказати, навіть неодмінною рисою складних систем взаємодіючих агентів [6–8]. Класичним прикладом є степеневий закон розподілу слів за частотою їх вживання в тексті, відомий як закон Зіпфа. Однак американський лінгвіст Джордж Зіпф не був першим, хто зауважив цю закономірність. Раніше подібні спостереження робили Есту (1916) і Кондон (1928).

Часто такі степеневі закони носять імена їх відкривачів. В економіці – це закон розподілу багатства між індивідуумами (Парето 1896); у демографії – розподіл міст за їх розміром (Ауербах 1913); у біології – розподіл розмірів родів за кількістю видів, що в них входять (Вілліс, Юл 1922); у наукометрії – розподіл кількості статей, написаних окремими вченими (Лотка 1926), наукових журналів за кількістю статей (Бредфорд 1934), цитувань (Прайс 1965). Список можна продовжити. В той час, коли появу розподілу Гауса чи Больцмана в більшості випадків можна пояснити центральною граничною теоремою, причину появи ступеневої статистики вловити непросто. Те, що розподіли з товстими хвостами спостерігаються для широкого класу явищ, свідчить на користь припущення про достатньо загальні причини їхньої появи. З іншого боку, сам факт, що різні явища описуються однаковими ступеневими законами, не означає, що природа цих законів однакова.

На сьогодні причини появи ступеневих законів об'єднано в декілька груп, подібно до класів універсальності в теорії фазових переходів. До них відносяться, зокрема, критичні явища, процеси із перевагою, самоорганізована критичність, мультиплікативні процеси з в'язями, оптимізація та залежні від шляху неергодичні процеси, фазовий простір яких зменшується із еволюцією. *Критичні явища* є типовим прикладом появи ступеневих законів у фізиці конденсованої речовини [9, 10]. При наближенні до критичної точки універсальні ступеневі закони визначають як розбіжність деяких термодинамічних величин (таких, як стисливість плинів чи сприйнятливості магнетиків), так і їх структурні (асимптотика парної кореляційної функції) чи статистичні (розподіл за розміром скорельованих кластерів) властивості. У таких явищах причиною виникнення ступеневих законів є зростання флуктуацій та їх кореляція поблизу критичної точки. Механізм процесів з перевагою, які часом ще називають явищем *rich get richer*, був запропонований Юлем і, пізніше, Саймоном. Якщо результат процесу здійснюється пропорційно до кількості реалізацій в минулому, частота результатів підлягає ступеневому розподілу. Окремим класом є *самоорганізована критичність*, тут ступеневі закони спричинені нелінійними взаємодіями між складовими [11]. Система сама спрямовується до критичної точки і не потрібне тонке налаштування параметрів, як це має місце у звичайних критичних явищах. *Мультиплікативні процеси* (добутки послідовностей випадкових чисел) приводять до лог-нормальних розподілів. Якщо ж на такі процеси накладаються певні прості в'язі, то розподіл стає ступеневим. До ступеневих законів призводить також запропонований Бенуа Мандельбротом *сценарій оптимізації*, що базується на аргументах теорії інформації [12]. В цьому сценарії ступеневі закони виникають як результат оптимізації затрат на передачу інформації. Недавно стало зрозуміло, що залежні від попередньої історії процеси, які стають обмеженими в результаті свого розвитку (*sample-space reducing processes*), також приводять до ступеневих законів [13]. Завданням дослідника залишається з'ясувати, який саме із

перелічених вище процесів домінує для конкретної складної системи. Дуже часто результуюча степенева поведінка може бути спричинена комбінацією таких механізмів.

1.4 Складні мережі

Надзвичайно продуктивним для опису складних систем виявилось застосування концепції складних мереж [14]. Більше того, наука про складні мережі настільки тісно переплелась із наукою про складні системи, що часом тяжко відзначити межу, де закінчується одна і починається інша.³ Мережа (чи граф) є впорядкованою парою $G = (V, E)$, де V — це множина вершин (часом їх називають вузлами), а E — це множина ребер (зв'язків). Теорія графів є розділом дискретної математики, що бере свій початок ще з XVIII століття. Уже із самого означення впливає перспективність і природність застосування формалізму мереж для опису складних систем взаємодіючих агентів, ставлячи у відповідність кожному з агентів вершину, а кожній із взаємодій — ребро. Лише нещодавно фізики почали аналізувати мережі теоретично та емпірично, перші статті датовані в кінці 1990-их років. Мета досліджень змінилася від аналізу невеликих графів та властивостей окремих вершин та ребер до розгляду статистичних властивостей цих графів (мереж). Із зміною мети змінилися і методи аналізу. Народження «науки про мережі» відбулося внаслідок розвитку комп'ютерних технологій: *www* надає порівняно легкий доступ до баз даних з інформацією про різноманітні мережі і в той же час потужність комп'ютерів дозволяє детально їх аналізувати (що було би просто неможливо в іншому випадку, враховуючи розміри досліджуваних мереж). На сьогодні в мережевому формалізмі прийнято описувати взаємодії, що змінюються з часом, стохастичні взаємодії, взаємодії, що виникають на декількох рівнях і не вбудовані в евклідовий простір. Якщо додати можливість задавати різні стани для кожного агента-вузла, то стає зрозумілим успіх використання складних мереж як своєрідної *lingua franca* сучасної науки про складні системи. Про деякі результати таких досліджень ми розповімо в наступних підрозділах.

1.5 Дослідження складних систем в ІФКС НАН України

Досі мова йшла про загальні властивості складних систем, зараз ми плануємо зосередитися на тих напрямках, у яких проводяться дослідження в ІФКС НАН України, а саме: статична і динамічна критична поведінка невпорядкованих магнетиків; конформаційні властивості полімерних макромолекул; кількісні підходи в суспільних науках; складні мережі; наукометрія. Наші

³ Ситуація подібна до розмежування математики і теоретичної фізики: перша слугує мовою, а друга за її допомогою описує явища.

методи дослідження включають аналітичні підходи (теоретико-польова ре-нормалізаційна група, функціональне інтегрування, пересумовування розбіжних рядів, феноменологічний термодинамічний підхід), комп'ютерні симуляції, емпіричний аналіз даних. Тяжка і марна справа перелічувати різні фізичні об'єкти чи навіть класи об'єктів, в яких спостерігається характерна для складних систем поведінка. В наступних підрозділах ми приведемо лише два приклади, що стосуються зовсім різних за своєю природою об'єктів — фрустрованих і структурно неупорядкованих магнетиків і полімерних макромолекул. Складна кооперативна поведінка керується в них різними параметрами — температурою та хімічним потенціалом, однак, як буде видно із приведених результатів, у їхній поведінці виразно простежується ціла низка спільних рис.

Структурно неупорядковані магнетики. Класичним прикладом складної системи, що описується методами статистичної фізики, є спінове скло — структурно неупорядкований магнетик із фрустрованими взаємодіями. Спінове скло характерне багатьма метастабільними станами, що, в свою чергу, призводить до присутності в системі багатьох часових масштабів [15]. Складність опису спінового скла привела, зокрема, до розгляду часткових випадків, описаних регулярними (структурно впорядкованими) фрустрованими моделями чи структурно неупорядкованими моделями, але без фрустрацій. В той час, як кількісний аналіз колективної поведінки при фазовому переході в магнетовпорядкований стан в ідеалізованих базових моделях (таких, як наприклад, модель Ізінга), на сьогодні здійснений з високою точністю і, фактично, складає головний зміст сучасної теорії фазових переходів [9, 16], опис критичності за присутності таких реалістичних умов, як структурний безлад [17–20], анізотропія [21], фрустрації [22], чи ефекти скінченного об'єму [23], є актуальною, важкою і цікавою задачею. Така задача актуальна, бо реальні об'єкти, в яких відбувається магнітний фазовий перехід, часто характеризуються структурним безладом заміщення (тверді розчини антиферомагнетиків та їх немагнітних ізоморфів), локальною випадковою анізотропією (аморфні сплави рідкісноземельних з перехідними металами), фрустраціями (шаруваті трикутні антиферомагнетики, гелімагнетики). Така задача важка, бо поряд із звичайними труднощами, що виникають при описі критичності, доводиться долати труднощі теорії неупорядкованих систем. А цікавість і перспективність такої задачі полягає і в тому, що завдяки універсальності критичної поведінки, описані ефекти можуть спостерігатися не лише в магнітних системах і не лише в об'єктах фізики конденсованої речовини. Деякі з наших результатів, отриманих при аналізі ефективної та асимптотичної колективної поведінки неупорядкованих та фрустрованих магнетиків, наведемо нижче в розділах 2, 3 і 4.

Складні полімерні макромолекули. Концепція скейлінгу і виникнення степеневих законів в околі фазового переходу другого роду знайшла свій дальший розвиток і численні застосування у фізиці м'якої речовини. Ще в роботах Нобелівського лауреата та закордонного дійсного члена НАН України П'єра-Жіля де Жена вказано на глибокий зв'язок між фізикою критичних явищ і фізикою макромолекул [24]. Зокрема, поняття складності фігурує у формулюванні Нобелівського комітету: премія 1991 року була присуджена П.-Ж. де Жєну за «...discovering that methods developed for studying order phenomena in simple systems can be generalized to more *complex forms of matter*, in particular to liquid crystals and polymers...» [25]⁴. Добре відомо, що конформаційні властивості довгих полімерних ланцюгів у доброму розчиннику підлягають степеневим законам — законам скейлінгу. На відміну від температурної чи польової залежності термодинамічних величин в околі точки фазового переходу, для гнучких полімерних ланцюгів степеневі закони виникають в границі $N \rightarrow \infty$, де N — кількість мономерів, що утворюють полімерний ланцюг. Так, середній характерний розмір $\mathcal{R}$ і кількість конфігурацій $\mathcal{Z}$ полімерного клубка зростають з N як

$$\mathcal{R} \sim N^{\nu}, \quad \mathcal{Z} \sim z^N N^{\gamma-1}. \quad (1)$$

Тут z — неуніверсальна стала (фугативність), а ν, γ — приклади полімерних критичних показників. Подібно як в теорії критичних явищ, для гнучкого полімеру ці показники *універсальні* — незалежні від особливостей хімічного складу макромолекули і залежать лише від вимірності простору. Пошук форми законів (1) привів не лише до створення сучасної теоретичної фізики і хімії полімерів, але й дозволив встановити глибокий зв'язок, що існує між фізикою критичних явищ і фізикою макромолекул. Зокрема, скейлінгові властивості полімерних ланцюгів належать до того ж класу універсальності, що і властивості ґраткових блукань із самоуниканням (self avoiding walks, SAW). А останні, в свою чергу, описуються m -векторною моделлю в границі $m \rightarrow 0$. Таку границю прийнято називати границею де Жєна.

Як виявилось, зокрема, і в результаті наших досліджень, універсальним степеневим законам підлягають і інші спостережувані, що описують конформаційні властивості полімерних ланцюгів та інших макромолекулярних утворень, складних як за топологією (полімерні сітки та зірки), так і за хімічним складом (кополімери та кополімерні сітки) [26, 27]. Більше того, універсальною виявляється і форма таких утворень [28]. Деякі наші результати в цій ділянці, а також результати дослідження конформаційних властивостей полімерів у пористому середовищі [29–31] наведені в розділах 5–8.

Соціофізика. У двох попередніх підрозділах приклади складних систем стосувалися фізики конденсованої речовини. В кількох подальших прикла-

⁴Курсив — наш.

дах мова йтиме про «фізику поза фізикою» — застосування концепцій і методів статистичної фізики і науки про складні мережі для дослідження систем взаємодіючих агентів нефізичної природи. Можна вибирати різні початки відліку застосування концепцій природничих наук для опису явищ, що відбуваються в суспільстві. Сам термін *соціофізика* зустрічається в назві книжки бельгійського астронома, математика і соціолога Адольфа Кетле (1835): *Sur l'homme et le developpement de ses facultés, essai d'une physique sociale* (англійський переклад див. в [32]). У цій роботі Кетле простежує низку аналогій між фізикою та астрономією, з одного боку, та суспільним життям, з іншого; пояснює важливість нормального розподілу для опису суспільних явищ; запроваджує концепцію «середньої людини» з індивідуальними випадковими флуктуаціями.

Однак сучасне розуміння задач соціофізики сформувалося набагато пізніше, а певною мірою формується і тепер [33]. І пов'язане воно, в першу чергу, із кількісним аналізом того кола явищ у суспільстві, де прослідковуються прямі аналогії з поведінкою складних багаточастинкових систем. Завданням соціофізики є моделювання методами статистичної фізики таких великомасштабних соціальних явищ, як формування точки зору (*opinion formation*), розповсюдження культур, походження і еволюція мови, поведінка юрби, динаміка популяцій, поширення епідемій тощо. У цих та подібних задачах робляться спроби вивчати колективну поведінку, що виникає із взаємодій між індивідуумами як елементарними одиницями соціальних структур. І знову, скейлінг та універсальність виявляються центральними рисами цієї поведінки. Деякі із результатів, отриманих нами в цьому напрямку, наведені в розділах 11 та 12.

Складні мережі. Про складні мережі ми вже згадували в підрозділі 1.4. Фактично, наука про складні мережі виникла як певний концептуальний апарат, що дозволяє не лише якісно окреслити і візуалізувати процеси у складних системах. Застосування науки про мережі уможливорює кількісний аналіз, зокрема дозволяє знаходити спільні риси в поведінці складних систем різної природи. Так, досліджуючи мережі громадського транспорту, ми запропонували низку графічних представлень для їх опису, з'ясували стійкість цих мереж до випадкових збоїв та спрямованих атак, застосували підходи статистичної фізики для моделювання таких мереж [34–36]. Ми були першими, хто застосував концепції науки про складні мережі до аналізу української мови [37]. Вузлами в такій мережі виступають зазвичай слова, а залежно від інтерпретації зв'язку отримуються різні зображення мережі. Проведений нами аналіз дозволив отримати кількісні характеристики мережі української мови, а отримані емпіричні результати є корисними для теоретичного опису еволюції мови.

Згадаємо ще про два проекти аналізу складних мереж, у яких ми беремо

участь. Спільно із науковцями університетів Ковентрі і Оксфорду ми працюємо над виконанням проекту, в якому кількісні методи теорії складних систем, зокрема теорії складних мереж, були застосовані до таких визначних європейських епічних наративів, як пам'ятки стародавнього англосаксонського героїчного епосу *Беовульф*, античної грецької епічної поеми *Іліада*, ірландських та ісландських саг, героїчного епосу східних слов'ян — билин [38–40]. Особливістю нашого дослідження є ще й те, що ми аналізуємо соціальні зв'язки між героями епічного наративу. Аналіз наративу як твору людського духу є традиційно прерогативою гуманітарних наук, у той час, як аналіз соціальних структур є, зрозуміло, предметом наук соціальних. Застосування кількісних методів і концепцій природничих наук для такого аналізу є, на наш погляд, характерною рисою сьогодення. В проекті, який ми виконуємо спільно із науковцями Віденського медичного університету та Массачусетського технологічного інституту, вивчаються мережеві структури та активність користувачів у онлайн грі класу MMOG (Massive multiplayer online game) під назвою PARDUS [41]. У наші дні такі ігри стали однією з наймасовіших колективних форм людської діяльності, у них беруть участь сотні мільйонів людей. Аналіз же діяльності гравців у таких іграх дозволяє здійснювати кількісний опис соціальної активності з точністю, порівняльною з точністю експериментів у природничих науках. Деякі з отриманих нами результатів подаємо в розділах 9–12.

Наукометрія. Кількісний аналіз уже впродовж довшого часу активно використовується і для вивчення такої особливої соціальної системи або специфічного виміру людської активності, як наука. В рамках наукознавства, яке називають наукою про науку, розвинувся особливий напрям, що зосередив у собі кількісні аспекти досліджень — наукометрія. Нині це вельми потужна дисципліна, що має свій понятійний апарат, використовує широкий спектр методів для аналізу великих масивів різного роду даних. Статистичний аналіз застосовується для пошуку кореляцій та опису бібліографічних даних та даних про наукові цитування; методи складних мереж забезпечують ефективний спосіб візуалізації інформації та її аналізу з метою пошуку закономірностей, типових структур та характерних властивостей системи як цілого; алгоритми аналізу часових послідовностей дають змогу проаналізувати динаміку процесів, що відбуваються всередині системи науки; підходи структурної лінгвістики допомагають здійснювати так званий контент-аналіз наукових текстів. Цим переліком не вичерпується багатий інструментарій високо міждисциплінарного наукометричного напрямку. Епоха так званих Big Data («великих даних») відкриває нові перспективи: вже існує чимало результатів аналізу «цифрових слідів» у мережі Інтернет — коментарі в наукових соцмережах, дописи у професійних блогах, збережені закладки та вподобання статей, показники завантажуваності файлів та відвідуваності сторінок. Такого

роду дані дають змогу характеризувати вчених та їх роботи в іншому вимірі. Очевидно, що науку потрібно розглядати як систему складну та адаптивну, із механізмами самоорганізації та несподіваними колективними ефектами. Таким чином, статистична фізика з її понятійним апаратом та досвідом моделювання і вивчення великих багаточастинкових систем у довгочасових границях ефективно починає застосовуватись і для наукометричних задач. Деякі із них розв'язували вчені нашого інституту: моделювання та аналіз динаміки процесу редакційного опрацювання статей, надісланих до наукового журналу [42]; вивчення кореляцій між експертними оцінками наукових колективів та окремими індикаторами впливу на основі цитованості їх публікацій [43–45]; дослідження еволюції наукової тематики як відгуку на суспільно вагому подію [46]. Ще одна із задач коротко описана в розділі 12.

2 Ефективна і асимптотична критична поведінка тривимірних не-впорядкованих магнетиків

У той час як у самій критичній точці T_c кореляційна довжина безмежна і низка термодинамічних і структурних властивостей системи описується універсальними степеневими законами, поблизу T_c кореляційна довжина, хоч і суттєво перевищує міжатомну відстань, але залишається все ж скінченною. Врахування цього факту дозволило нам створити теорію ефективної критичної поведінки як один із розділів статистичної фізики критичних явищ у складних системах. Для кращого врахування умов експерименту теорію узагальнено на опис систем із структурними неоднорідностями, анізотропією та фрустраціями. Застосовуючи метод теоретико-польової ренормалізаційної групи (РГ), ми були одними з перших, хто провів детальний опис універсальних властивостей фазового переходу в магнетовпорядкований стан для низки базових моделей структурно не-впорядкованих магнетиків, отримавши аналітичні вирази для асимптотичних критичних показників у високих порядках теорії збурень, та за допомогою техніки пересумовування рядів теорії збурень, оцінивши їх значення для тривимірних систем [17, 47]. А оскільки саме ефективна критична поведінка реально спостерігається на експерименті та в числових симуляціях, то її теоретичний аналіз був своєчасним і знайшов широке застосування для вивчення структурно не-впорядкованих магнетиків. Ці теоретичні дослідження стимулювали проведення нових експериментів і слугували їх поясненню.

Так, структурний безлад у вигляді точкових немагнітних дефектів описується моделлю m -векторного розведеного магнетика з гамільтоніаном:

$$H = - \sum_{\langle i,j \rangle} \mathbf{S}_i \mathbf{S}_j c_i c_j, \quad (2)$$

де m -компонентні вектори $\mathbf{S}_i$, $\mathbf{S}_j$, локалізовані на вузлах i , j d -вимірної гра-

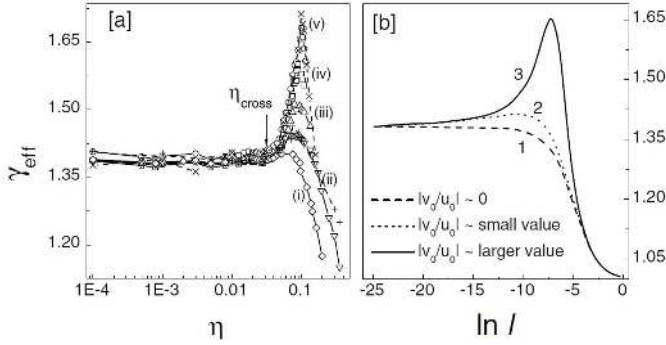


Рис. 1. Експериментальне вимірювання ефективного критичного показника ізотермічної магнітної сприйнятливості γ_{eff} аморфних сплавів FeMnZr як функції приведеної температури $\eta = (T - T_c)/T_c$ (лівий графік), виконане за нашим теоретичним передбаченням і поясненням спостережуваного ефекту (правий графік, граничне значення РГ параметру $\ell \rightarrow 0$ відповідає $T \rightarrow T_c$). Рисунок взятий з роботи [48].

тки, а $c_i = 1$, якщо вузол i зайнятий спіном, і $c_i = 0$, якщо ні. Ситуація, коли магнітні і немагнітні вузли зафіксовані в певній конфігурації (так званий *заморожений безлад*, *quenched disorder*) реалізується, наприклад, при швидкій зміні температури розплаву, коли час релаксації системи до рівноважного стану набагато більший від типового часу спостереження. Виявляється, що навіть при слабкому розведенні немагнітною компонентою, коли концентрація магнітних вузлів $c \simeq 1$, а кореляції в розподілі зайнятих і вільних вузлів відсутні, в системі спостерігається складна критична поведінка.

Наші передбачення ефективної критичної поведінки розведеного гайзенбергівського ($d = m = 3$) та одновісного ($d = 3, m = 1$) магнетика зображені на Рис. 1 та Рис. 2а, відповідно. При наближенні до критичної точки ($\ell(T \rightarrow T_c) \rightarrow 0$) можуть спостерігатися різні сценарії ефективної критичної поведінки, що супроводжує фазовий перехід другого роду в магнетовпорядкований стан.

Як свідчать результати експериментів і комп'ютерного моделювання, навіть слабка одноіонна випадкова анізотропія може привести до кардинальних змін у критичній поведінці аморфних магнетиків. Для пояснення цього явища ми дослідили модель із випадковою анізотропією [21]:

$$H = - \sum_{\langle i, j \rangle} \mathbf{S}_i \mathbf{S}_j - \sum_i D (\mathbf{S}_i \hat{\mathbf{x}}_i)^2. \quad (3)$$

Структурний безлад описується в (3) другим доданком, де $\hat{\mathbf{x}}_i$ — випадково спрямований заморожений одиничний вектор, а $D > 0$ — стала анізотро-

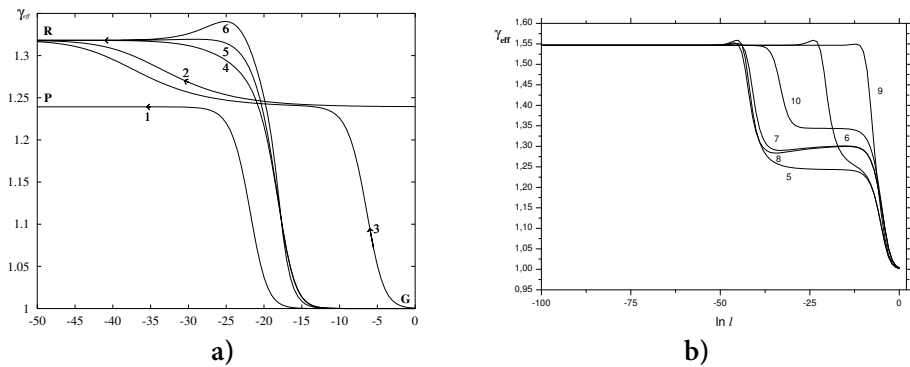


Рис. 2. Теоретичні обчислення зміни значення ефективного критичного показника ізотермічної магнітної сприйнятливості γ_{eff} при наближенні до T_c . Різні криві відповідають різним можливим сценаріям ефективної критичної поведінки: а) тривимірна розведена модель Ізінга (р-ня (2) при $d = 3$, $m = 1$) [17], спостерігається критична поведінка, що відповідає класам універсальності гаусової моделі (G), чистої (P) та розведеної (R) моделі Ізінга; б) тривимірна модель з віссю анізотропії, випадково розподіленою вздовж ребер m -вимірного гіперкуба (р-ня (3) при $d = 3$, $m = 2$) [21]. Різні плато відповідають різним класам універсальності.

пії. Цей доданок робить спрямування локального магнітного моменту вздовж осі випадкової анізотропії енергетично вигідним. Як підтверджено в наших роботах, у тривимірній моделі феромагнетизм відсутній при ізотропно розподіленій локальній осі анізотропії, а для анізотропного розподілу фазовий перехід може залишатися фазовим переходом другого роду, проте клас універсальності змінюється (див. Рис. 2b і огляд [21]).

3 Граничні вимірності в системах зі складною структурою

Зміна вимірності параметра порядку в системах зі складними внутрішніми симетріями може привести до зміни класу універсальності або роду фазового переходу. Значення вимірності параметру порядку, при яких відбувається така зміна, називають *граничними* (marginal). Як і критичні показники та відношення критичних амплітуд, граничні вимірності є універсальними величинами, і з'ясування їх точного значення допомагає отримати відповідь на питання про можливий тип критичної поведінки в досліджуваних системах.

У методі ренормалізаційної групи гранична вимірність визначається як вимірність, при якій відбувається зміна стійкості нерухомої точки перетворення РГ. Найточніші на сьогодні значення граничних вимірностей багатьох базових моделей критичної поведінки (так само як і значення критичних показників) отримані саме таким методом. Зокрема в наших роботах з високою точністю визначено граничні вимірності $O(m)$ -симетричних магнети-

ків із кубічною анізотропією, зі слабким структурним безладом (2), систем із зв'язаними параметрами порядку та неколінеарним впорядкуванням. Для забезпечення високої точності при отриманні виразів для граничних вимірностей проводиться перенормування у високих порядках теорії збурень. Класифікація теорії збурень відбувається за кількістю інтегрувань за хвильовим вектором, у діаграмному зображенні цьому відповідає кількість петель у фейнманівських діаграмах. Так, у наших розрахунках використовувались ряди в рекордному на сьогодні шестипетлевому наближенні. Для прикладу, наведемо вираз для граничної вимірності моделі тривимірного ($d = 3$) $O(m)$ -симетричного магнетика з кубічною анізотропією [49]:

$$m_c = 4 - 4/3\tau + 0.29042005\tau^2 - 0.18967704\tau^3 + 0.19951035\tau^4 - 0.22465150\tau^5. \quad (4)$$

У цьому випадку гранична вимірність m_c розділяє два режими: при $m < m_c$ система «не відчуває» анізотропії, це явище відоме ще під назвою ізотропізації критичних флуктуацій. Однак при $m > m_c$ анізотропія призводить до зміни роду фазового переходу. Ряд (4) — це асимптотичний розклад при $d = 3$ за псевдо- ϵ параметром τ . Такі ряди мають нульовий радіус збіжності. Для їх оцінки слід не лише покласти $\tau = 1$, але і застосувати спосіб, що б дозволив отримати надійні збіжні числові значення на підставі розбіжного ряду. Розроблення і вдосконалення таких способів пересумовування асимптотичних рядів становить важливу частину інструментарію теоретико-польової РГ і було також одним із наших завдань [50]. Так, застосування методу пересумовування Паде-Бореля до ряду (4) дозволило нам зробити оцінку $m_c = 2.862 \pm 0.005$. Зокрема така оцінка означає, що фазовий перехід у феромагнітних кристалах із трьома легкими осями ($m = 3$) відбувається за сценарієм переходу першого роду.

Значення граничних вимірностей важливі також для з'ясування можливої критичної поведінки складніших моделей. Зокрема величина (4) і подібні оцінки входять до умов стійкості різних типів мультикритичної поведінки систем з двома зв'язаними параметрами порядку з симетрією $O(m) \oplus O(n)$. Так, до систем з симетрією $O(2) \oplus O(1)$ належать анізотропні антиферомагнетики у зовнішньому полі, прикладеному вздовж осі анізотропії. Тут параметрами порядку є компоненти магнітних моментів підґраток уздовж поля та відповідні компоненти магнітних підґраток у перпендикулярних напрямках. Типові фазові діаграми таких магнетиків показані на Рис. 3. Зокрема може спостерігатися бікритична точка, в якій зустрічаються дві лінії фазових переходів другого роду з лінією фазових переходів першого роду (Рис. 3а), розділяючи три можливі фази. Інший сценарій також можливий, коли мультикритична точка є тетракритичною, тобто зустрічаються чотири лінії фазових преходів другого роду, що розділяють чотири фази (Рис. 3б).

Проведений нами аналіз стійкості різних типів мультикритичної поведінки показав, що тривимірні $O(1) \oplus O(2)$ системи повинні характеризуватись

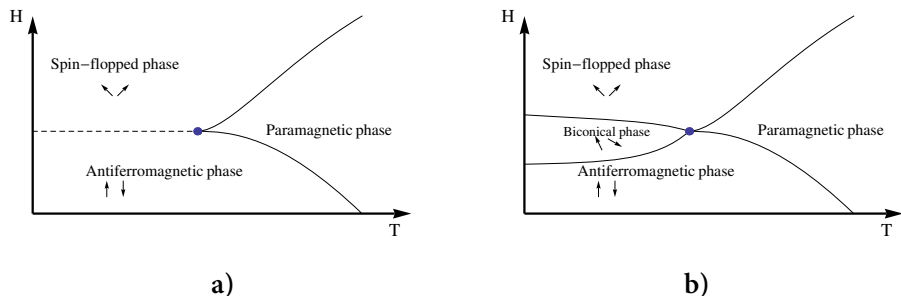


Рис. 3. Типові фазові діаграми анізотропних антиферомагнетиків у однорідному паралельному зовнішньому магнітному полі: **a)** бікритична точка, **b)** тетракритична точка. Тип фазової діаграми однозначно диктується значеннями граничних вимірностей $O(m) \oplus O(n)$ -симетричної моделі.

тетракритичною точкою [51, 52], однак, вони знаходяться дуже близько до границі стійкості такої мультикритичної поведінки. Це означає, що критична область, де спостерігається тетракритична поведінка, є дуже вузькою, а тому слабо досяжною в експериментах. Тому результати експериментальних і чисельних досліджень більше підтверджують першу діаграму.

Іншою задачею, де аналіз граничних вимірностей допомагає отримати відповідь про рід фазового переходу, є фрустровані магнетики із неколінеарним впорядкуванням [53]. Класичними прикладами можуть служити шаруваті антифероманетики на трикутній ґратці (такі як CsMnBr_3 , CsCuCl_3 , CsNiCl_3) та гелімагнетики Ho , Dy , Tb . Численні експериментальні дослідження і комп'ютерні симуляції не давали однозначної відповіді про рід фазового переходу в таких системах. Для теоретичного обґрунтування природи такого переходу ми провели дослідження значення вимірності m_c , нижче якої у фрустрованих магнетиках неможливий фазовий перехід другого роду. Використовуючи ряди в шостому порядку перенормованої теорії збурень, ми отримали [54] $m_c \simeq 6.23$, що свідчить про відсутність фазового переходу другого роду для реальних систем, у яких $m = 2, 3$. Цей результат ми підтвердили при аналізі методами непертурбативної РГ, яка не використовує теорію збурень [22].

4 Вплив структурного безладу на фазові переходи у двовимірних магнетиках

Зростання інтересу до теоретичного аналізу двовимірних систем спричинене прогресом у експериментальних методах створення і дослідження низьковимірних матеріалів, зокрема ультратонких плівок та двовимірних криста-

лів [55]. Важливо також зауважити, що деякі двовимірні моделі дозволяють знайти точний розв'язок [56].

Розгляд питання про вплив структурного безладу на фазові переходи в низьковимірних системах є дуже важливим, оскільки навіть виготовлений у лабораторних умовах матеріал може містити дефекти та домішки, що вже казати про природні відповідники. Нижче ми зупинимось на двох явищах, спричинених присутністю немагнітних домішок у двовимірних ($d = 2$) магнетиках. Для означеності оберімо систему з гамільтоніаном (2) і вважатимемо, що домішок небагато (концентрація «магнітної» компоненти $c \simeq 1$) і час їх релаксації до рівноважного положення суттєво більший від характерних часів релаксації спінової підсистеми — так званий «заморожений» безлад.

Наш перший результат стосується моделі Ізінга. Відомо, що нескорельовані заморожені немагнітні домішки не змінюють роду фазового переходу в цій моделі, більше того, провідна асимптотика термодинамічних і структурних функцій залишається такою ж, як і в моделі Ізінга без домішок [57]. Однак як вплинуть на магнітне впорядкування можливі кореляції у розподілі немагнітних домішок? Для з'ясування цього питання ми дослідили ефекти, спричинені структурними неоднорідностями, скорельованими на великих відстанях r згідно зі степеневим законом

$$g(r) \sim r^{-a}, \quad (5)$$

із кореляційним параметром a [58]. Безлад, для якого загасання парної кореляційної функції домішка-домішка (5) характеризується параметром $a < d$, називається *далекосяжно скорельованим* (long-range correlated). Цілі значення параметра a дають змогу описати присутність протяжних дефектів у вигляді ліній ($a = d - 1$) чи площин ($a = d - 2$), випадково розкиданих у просторі, в той час як нецілі значення кореляційного параметра відповідають дефектам у формі складних кластерів фрактальної вимірності $d_f = d - a$. При значенні кореляційного параметру, що перевищує вимірність простору d , відтворюється випадок точкових нескорельованих дефектів. Для розгляду впливу такого далекосяжно скорельованого безладу на критичну поведінку двовимірної моделі Ізінга ми використали ферміонне представлення цієї моделі та застосували формалізм теоретико-польової РГ [59]. Цей формалізм дає змогу отримати точні результати для критичних показників фазового переходу в магнетовпорядкований стан у випадку нескорельованих немагнітних домішок: відомо, що провідна асимптотика залишається незмінною, і структурний безлад спричиняє лише появу логарифмічних поправок [57]. Як показано в нашій роботі, далекосяжні кореляції немагнітних домішок приводять до зміни критичних показників магнітного фазового переходу в моделі Ізінга при $d = 2$ і $0.995 < a < 2$. Зокрема отриманий нами результат для критичного показника кореляційної довжини $\nu = 2/a + O((2 - a)^3)$ узгоджується із попередніми припущеннями, отриманими в другому порядку подвійного $(4 - d)$,

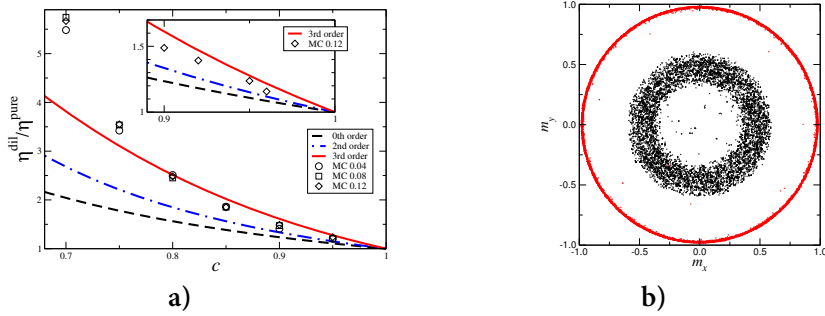


Рис. 4. Характеристики квазідалекосяжного впорядкування у двовимірній ХУ моделі: **a)** зміна показника парної кореляційної функції зі зростанням концентрації магнітної компоненти c [20]; **b)** значення x і y компонент намагніченості для кожного кроку МС для ґратки розміром 16×16 при концентрації спінів $c = 0.70$ і температурі $k_B T/J = 0.1$ [23]. Зовнішнє кільце відповідає нерозведеній системі, $c = 1.0$.

(4 - a)-розкладів [58, 60]. Цей факт, а також наша оцінка для показника загасання парної кореляційної функції $1/4 - (2 - a)/8 \leq \eta \leq \frac{1}{4}$ свідчать про зміну класу універсальності магнітного фазового переходу.

На відміну від моделі Ізінґа, яка володіє дискретною Z_2 симетрією, фазовий перехід із виникненням параметра порядку (спонтанної намагніченості M) неможливий у двовимірній системі із неперервною симетрією. Однак у двовимірному світі відбувається ціла низка дивовижних явищ, одне із них — так зване *квазідалекосяжне* впорядкування, в яке переходить двовимірна система з неперервною симетрією $O(2)$ при топологічному фазовому переході, який описали Березинський та Костерліц і Таулес. За опис цього явища, що відбувається в двовимірних твердих тілах, магнетиках, Бозе-плинах, рідких кристалах, останні два автори отримали Нобелівську премію в 2016 році. Квазідалекосяжне впорядкування характеризується відсутністю параметра порядку, $M = 0$, однак степеневим загасанням парної кореляційної функції: $G_2(R) \sim R^{-\eta}$. Як ще один приклад впливу структурного безладу на фазовий перехід приведемо наші результати дослідження двовимірної структурно неупорядкованої (розведеної) ХУ моделі з гамільтоніаном (2) при $m = 2$. Зокрема, в результаті наших досліджень виявилось, що показник η^{dil} залежить від концентрації домішок c і збільшується в порівнянні з показником η^{pure} нерозведеної системи [20]:

$$\eta^{\text{dil}} = \eta^{\text{pure}} \left(\frac{1}{c^2} + 0.73 \frac{1-c}{c^3} - 0.27 \frac{(1-3c+2c^2)}{c^4} \right). \quad (6)$$

Для порівняння розрахунків у різних порядках теорії збурень із результатами



Рис. 5. Комп'ютерне моделювання полімерної зірки зі ступенем полімеризації (кількістю мономерів у ланцюзі) $N = 50$ і функціональністю (кількістю ланцюгів) а) $f = 10$ та б) $f = 50$ [61]. Зі збільшенням f полімерна зірка все менше схожа на фрактал і все більше схожа на тривимірний об'єкт — колоїдну частинку.

МС моделювання див. на Рис. 4а. Результат (б) справедливий не лише в термодинамічній границі, а й для скінченних, але достатньо великих систем [23]. Середнє значення намагніченості скінченної системи відмінне від нуля (див. Рис. 4б) і спадає з кількістю спінів N як $M \approx cN^{-\eta^{\text{dil}}/4}$.

5 Концепція скейлінгу в фізиці полімерних макромолекул складної топології

Дослідження конформаційних властивостей полімерних макромолекул складної топології, утворених з'єднанням різної кількості полімерних ланцюгів, становить важливу ділянку сучасної фізики і хімії полімерів. Один із прикладів такої макромолекули, полімерна зірка, зображений на Рис. 5. Інтерес до теоретичного аналізу властивостей зіркових полімерів викликаний низкою причин — це і промислові застосування (наприклад, в нафтовидобуванні чи фармацевтичній індустрії), і наявні результати експериментального дослідження фізичних властивостей добре означених об'єктів, монодисперсних як за ступенем полімеризації, так і за кількістю гілок. Поза тим, зіркові полімери становлять унікальний клас об'єктів м'якої речовини, що пов'язує ділянки ланцюгових полімерів та колоїдів (пор., наприклад, Рис. 5а і 5б).

Подібно до того, як характерний розмір і кількість конфігурацій полімерного ланцюга в доброму розчиннику підлягають законам скейлінгу (1), кількість конфігурацій зіркового полімера пов'язана з його характерним розміром як [62]:

$$\mathcal{Z}_f \sim z^{Nf} N^{\gamma_f - 1} \sim \mathcal{R}^{\eta_f - f\eta_2}, \quad (7)$$

тут γ_f, η_f — універсальні критичні показники. Однак тепер глобальними

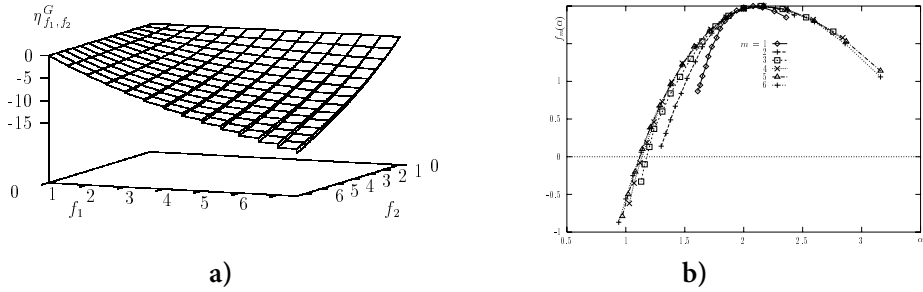


Рис. 6. Універсальні характеристики скейлінгу складних полімерів та пов'язаних з цим явищ: а) показник $\eta_{f_1 f_2}^G$ (8) двовимірної ($d = 2$) полімерної зірки, утвореної двома наборами f_1 і f_2 взаємноунікальних випадкових блукань (random walks) [26]; сходинки на «килимі» відповідають різниці в значеннях, отриманих у різних теоретичних підходах; значення на діагоналі відповідають показнику скейлінгу однорідної полімерної зірки $\eta_{2f}(7)$; б) спектральна функція, що кількісно описує явище дифузії частинок біля адсорбера в формі зірки з m полімерних ланцюгів [27].

змінними, від яких залежать критичні показники, є не лише вимірність простору d , а й функціональність зіркового полімера f . Кількість глобальних змінних зростає при розгляді багатосортних зіркових полімерів. Так, для зіркового кополімера (полімерної зірки, що складається з f_1 ланцюгів сорту 1 і f_2 ланцюгів сорту 2) кількість конфігурацій змінюється з $\mathcal{R}$ як [26]:

$$\mathcal{Z}_{f_1 f_2} \sim \mathcal{R}^{\eta_{f_1 f_2} - f_1 \eta_{20} - f_2 \eta_{02}}, \quad (8)$$

тут критичні показники $\eta_{f_1 f_2}$ залежать від трьох глобальних змінних d , f_1 , f_2 .

Знання приведених вище законів (1), (7), (8) дозволило нам не тільки здійснити кількісний опис низки явищ, що відбуваються за участю полімерів, а і теоретично пояснити різні ефекти, для яких важлива статистика випадкових блукань. Серед таких ефектів — фазове розшарування суміші зіркових полімерів у пористому середовищі; зміна властивостей керованих дифузією реакцій із пастками, якщо пастка знаходиться на полімерному ланцюгові або на полімерній зірці; виникнення мультифрактальної поведінки в макромoleкулярних системах; зміна роду фазового переходу при розчепленні молекули ДНК (unzipping transition) [26, 27, 29].

На Рис. 6 зображені результати теоретичного аналізу скейлінгу складних полімерів [26, 27]. Рис. 6а зображає показник $\eta_{f_1 f_2}^G$ (8) двовимірної двосортної полімерної зірки як функцію кількості ланцюгів f_1 і f_2 , коли окремі ланцюги ведуть себе як випадкові блукання (їм дозволено перетинатися). У фізиці макромoleкул така ситуація відповідає так званій Θ -точці (аналогічній точці Бойля в термодинаміці, коли реальний газ поводить себе як ідеальний). Однак, статистиці випадкових блукань підлягають ще й інші задачі, зокре-

ма задача про дифузію, коли блукання описує траєкторію частинки. Така інтерпретація дозволила застосувати результати для показників $\eta_{f_1 f_2}$ (і теорію, що дозволяє отримати ці результати) для опису явища дифузії частинок біля полімерного адсорбера [27]. Виявляється, що кількісні характеристики такого явища описуються мультифрактальними спектрами [63], які, як правило, важко піддаються аналітичному опису і переважно аналізуються числовими методами. Рис. 6б показує один із результатів аналітичних розрахунків для так званої спектральної функції, що кількісно описує явище дифузії частинок біля адсорбера у формі зірки з m полімерних ланцюгів. Зауважимо, що результати для показників $\eta_{f_1 f_2}$ (Рис. 6а) отримані за допомогою методу теоретико-польової РГ. Таким чином, їх застосування для обчислення спектральної функції прокладає місток між теорією поля та теорією мультифракталів, що само по собі є цікавим результатом, який може мати добрі перспективи (див. також розділ 8).

6 Конформаційні властивості полімерів у пористому середовищі

Однією із важливих проблем сучасної фізики полімерів є вплив структурних неоднорідностей (домішок) у середовищі на універсальні конформаційні властивості молекул. Зокрема важливим є розуміння поведінки макромолекул у колоїдних розчинах чи поблизу мікропористих мембран. Приклад невпорядкованого (пористого) середовища можна знайти, зокрема, при дослідженні конформаційних особливостей протеїнів у клітинах живих організмів. Використовуючи дані рентгенівської кристалографії та кріоелектронної мікроскопії неглобулярних протеїнів у природних (зокрема, клітинних) середовищах, було знайдено, що більшість макромолекул характеризуються універсальними параметрами розміру та форми, які відрізняються від відповідних значень в ідеальних чистих розчинниках.

Флуктуації густини домішок часто призводять до значних просторових неоднорідностей та утворення складних пористих структур фрактальної природи. Вплив таких неоднорідностей на властивості полімерних макромолекул можна досліджувати в рамках моделі далекосяжно скорельованого безладу, описаного в розділі 4.

Застосовуючи підхід теоретико-польової РГ, у роботі [30] ми проаналізували вплив далекосяжно скорельованого безладу (5) на універсальні показники (1) та отримали числові значення показників у новому класі універсальності. Важливо відзначити, що присутність скорельованих дефектів складної структури спричиняє зростання ефективного розміру полімерного клубка (збільшення значення показника ν), і цей ефект посилюється при зростанні кореляцій безладу.

Дослідження властивостей f -гілкових зіркових полімерів у далекосяжно скорельованому безладі [31, 64] вказує на нетривіальність впливу безладу на

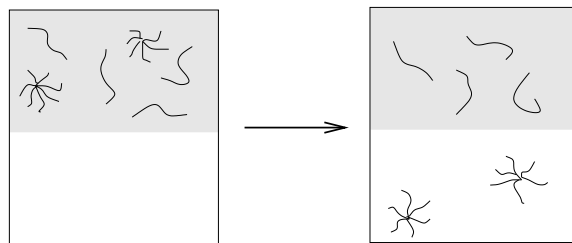


Рис. 7. Розділення суміші лінійних та зіркових полімерів у розчині, частина якого містить далекосяжно скорельовані структурні дефекти (показано сірим кольором). Рисунок взятий з роботи [64].

спектр зіркових показників γ_f у виразі (7). Зокрема в той час як при $f = 1, 2$, що відповідає лінійним полімерним ланцюжкам, значення показника γ зростає із зростанням кореляцій безладу, при $f > 2$ значення показника стає меншим порівняно із відповідним значенням у чистому розчині. На основі отриманих результатів можна передбачити цікаве явище розділення суміші лінійних та зіркових полімерів однакової молекулярної ваги (однакової кількості мономерів) у розчині, частина якого знаходиться в пористому середовищі у присутності скорельованих дефектів (див. Рис. 7). У тій частині розчину, що перебуває у скорельованому пористому середовищі, концентрація лінійних полімерів зростатиме, в той час як для зіркових полімерів, навпаки, енергетично вигідніше перебувати у розчині з тією ж концентрацією нескорельованих домішок.

Цікаво відзначити, що відношення характерних розмірів (радіусів гірації) лінійного полімерного ланцюжка та f -гілкового зіркового полімера $g(f) \equiv \langle R_{\text{gstar}}^2 \rangle / \langle R_{\text{gchain}}^2 \rangle$ є також універсальною величиною. Більш того, ця величина є експериментально спостережуваною і пов'язана із відношенням похідних від інтенсивностей розсіяння на зіркових та лінійних полімерах

$$I'(k)_{\text{star}}/I'(k)_{\text{chain}} = g(f) + \dots \quad (9)$$

при малих значеннях хвильового вектора k .

Відомо [65], що у чистих розчинах при будь-якому $f < 3$, відношення $g(f)$ є меншим за одиницю, а отже, ефективний розмір галуженого полімера завжди менший, аніж розмір полімерного клубка тієї ж молекулярної ваги. У роботі [66] ми отримали значення відношення характерних розмірів лінійного полімерного ланцюжка та f -гілкового зіркового полімера у присутності далекосяжно скорельованого безладу, $g^{\text{LR}}(f)$. Як видно із наших результатів, зображених на Рис. 8, присутність структурного безладу призводить до зростання цієї величини із зростанням скорельованості безладу. А отже, ефе-

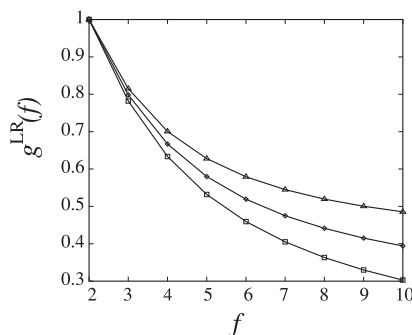


Рис. 8. Відношення $g^{\text{LR}}(f)$ як функція f при різних значеннях кореляційного параметра $\delta = 4 - a$: $\delta = 0.1$, $\delta = 0.5$, $\delta = 1.0$ знизу вгору. Рисунок взятий з роботи [66].

ктивний розмір галуженої полімерної макромолекули в пористому середовищі зростає порівняно із негалуженим полімерним ланцюгом.

7 Полімери складної топології і статистика формування петель в макромолекулах

Утворення петель у полімерних макромолекулах відіграє важливу роль у низці біохімічних процесів, таких як стабілізація глобулярних протейнів та компактифікація молекул ДНК у клітинних ядрах. Важливе явище локалізації хроматину в компактних областях, відомих як хроматинові території, визначається утворенням множинних петель у хроматинових нитках. Численні аналітичні та чисельні дослідження присвячено аналізу процесів петлеутворення в полімерних макромолекулах. Також інтенсивно досліджувались конформаційні властивості окремих петель (кільцевих полімерів), що, в свою чергу, є важливими з огляду на те, що молекули ДНК деяких мікроорганізмів мають форму замкнутих петель.

Встановлено, що ймовірність утворення петлі розміру l підлягає закону скейлінгу:

$$P \sim l^{-\lambda}, \quad (10)$$

де λ — універсальний показник, що залежить лише від вимірності простору. У випадку ідеального гаусового ланцюжка $\lambda = d/2$. Однак присутність ефекту виключеного об'єму між мономерами призводить до того, що ймовірність утворення петлі, а відповідно і значення показника λ , залежить від розташування петлі вздовж полімерного ланцюжка [67] (див. Рис. 9).

У роботі [68] ми проаналізували статистику утворення петель у полімерних макромолекулах у розчині в присутності далекосяжно-скорельованого

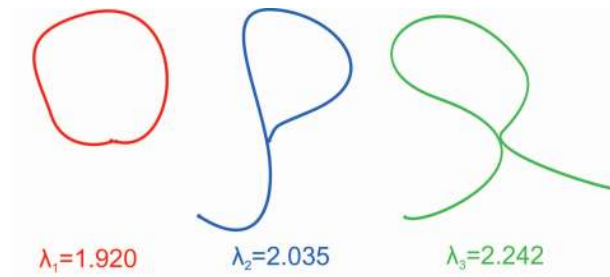


Рис. 9. Схематичне зображення різних типів утворення петель уздовж полімерного ланцюжка та відповідні значення критичних показників у виразі (10), отримані в роботі [67].

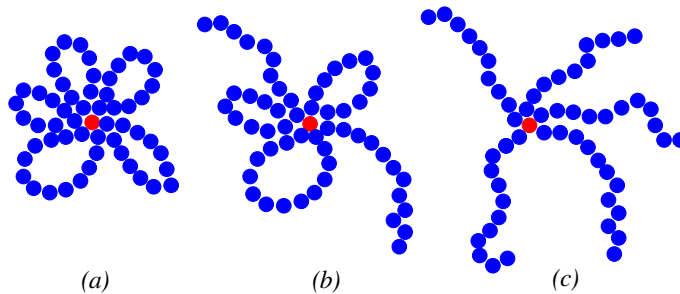


Рис. 10. Схематичне представлення полімерних систем різної топології. Рисунок взято з роботи [72].

безладу, описаного в попередньому підрозділі. Наші результати вказують на те, що присутність скорельованих дефектів призводить до збільшення значень показників λ порівняно із випадком чистого розчину, а отже, імовірність утворення петель у полімерних макромолекулах знижується у присутності структурних дефектів.

Іншим цікавим питанням є вплив топології замкненої петлі на конформаційні властивості макромолекули. Зручним параметром для порівняння ефективного лінійного розміру кільцевого та лінійного полімера однакової молекулярної ваги є відношення їх радіусів гірації, що, як і відношення розмірів лінійного та зіркового полімерів (9), є експериментально спостережуваною величиною. Встановлено, що в ідеалізованому гаусовому випадку ця величина набуває значення $1/2$ [65], в той час як присутність ефекту виключеного об'єму призводить до її зростання [69, 70]. У роботі [71] ми проаналізували вплив далекосяжно скорельованого безладу на це відношення і показали, що ефективний розмір кільцевого полімера зростає порівняно із розміром лінійної макромолекули із зростанням кореляцій безладу.

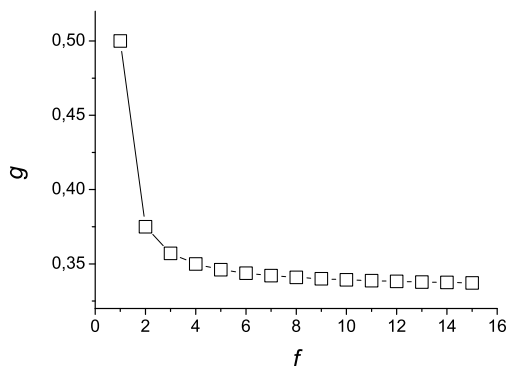


Рис. 11. Відношення радіусів гірації квіткових та зіркових полімерів однакової загальної молекулярної ваги як функція параметру галуження f . Рисунок взято з роботи [72].

У цьому відношенні цікаво дослідити конформаційні властивості полімерної системи складної топології, що містить загалом f_1 петель і f_2 лінійних ланцюжків однакової загальної довжини (див. Рис. 10). Така модель «квіткових» полімерів була запропонована в нашій роботі [72]. Ми дослідили, зокрема, поведінку відношення радіусів гірації квітового та зіркового полімерів $g \equiv \langle R_{g \text{ rosette}}^2 \rangle / \langle R_{g \text{ star}}^2 \rangle$ із $f_1 = f$ та $f_2 = f$, відповідно. Як видно з Рис. 11, ефективний розмір квітового полімера стає все більш компактним порівняно із зірковим полімером тієї ж молекулярної ваги із ростом параметру галушення, що й відповідає експериментально спостережуваному явищу компактифікації макромолекул із множинним петлеутворенням.

8 Мультифрактальні властивості полімерного ланцюжка на перколяційному кластері

При дослідженні фізичних процесів на складних фрактальних структурах часто зустрічаємось із ситуацією співіснування набору сингулярностей, пов'язаних із множинами різних фрактальних вимірностей [73]. У таких задачах необхідно враховувати цілий спектр критичних показників, що характеризують різні моменти розподілу спостережуваних величин. Такі властивості зазвичай співвідносяться із терміном «мультифрактальність» [74]. Спектр мультифрактальних вимірностей може бути використаний для опису тонких геометричних властивостей фрактального об'єкта, які не можна відобразити в рамках лише фрактальних вимірностей. Справді, кластери згенеровані в результаті процесу агрегації, обмеженої дифузією (ОДА) [75] та перколяційні

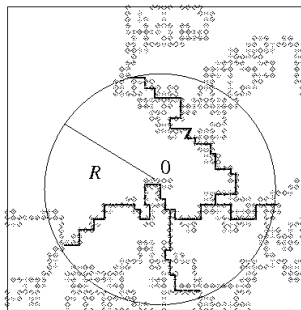


Рис. 12. Різні траєкторії SAW із фіксованою відстанню R між кінцями на перколяційному кластері при $d = 2$. Рисунок взято з роботи [78].

кластери мають ту ж фрактальну вимірність, але різну геометричну структуру. Це було відмічено, зокрема, при дослідженні мультифрактальності розподілу напруг на перколяційних кластерах та розподілу імовірностей росту в ОДА. Мультифрактальні властивості виникають при аналізі різноманітних явищ, для прикладу, турбулентності в хаотичних динамічних системах, динаміки серцебиття і т.д.

У цьому відношенні цікаво розглянути властивості блукань із самоуніканнями (SAWs) на фрактальних кластерах. Відомо, що скейлінгові властивості SAWs у таких випадках суттєво змінюються. Справді, було знайдено нові скейлінгові показники для SAWs на килимі Серпінського. Схожа ситуація спостерігається при дослідженні SAWs на неупорядкованих ґратках із концентрацією p структурних дефектів, дуже близькою до порогу перколяції p_c . У цьому випадку в системі виникає перколяційний кластер із дозволених вузлів, що має фрактальну структуру. Відзначимо, що модель перколяції є своєрідною парадигмою для дослідження неупорядкованих систем [76]. У цьому випадку закон скейлінгу (1) виконується із показником $\nu_{p_c} \neq \nu_{\text{SAW}}$.

У той час, як властивості SAWs на перколяційних кластерах служили об'єктом значної кількості чисельних та аналітичних досліджень, недостатньо уваги було приділено висвітленню мультифрактальності цієї задачі. У наших дослідженнях [77] було показано, що недостатньо лише показника ν_{p_c} , щоб повністю описати властивості SAWs на перколяційному кластері. Натомість, існує цілий спектр мультифрактальних показників $\nu^{(q)}$:

$$\nu^{(q)} = \frac{1}{2} + \left(\frac{5}{2} - \frac{3}{2^q} \right) \frac{\varepsilon}{42} + \left(\frac{589}{21} - \frac{397}{14 \cdot 2^q} + \frac{9}{4^q} \right) \left(\frac{\varepsilon}{42} \right)^2 + O(\varepsilon^3), \quad (11)$$

де розклад проведено за $\varepsilon = 6 - d$ — відхиленням вимірності простору від верхнього критичного значення. Отримання числових оцінок на підставі

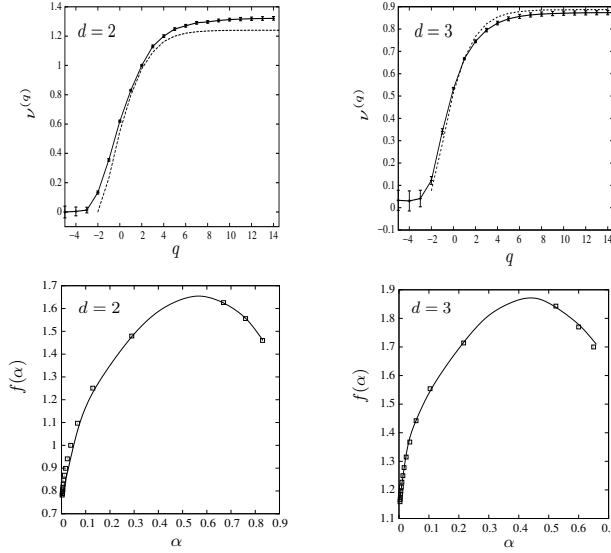


Рис. 13. Верхній рядок: спектр мультифрактальних показників $\nu(q)$ як функція q при $d = 2, 3$ (суцільні криві — комп'ютерне моделювання, штриховані — Паде-апроксимація аналітичних виразів (11)). Нижній рядок: спектральна функція $f(\alpha)$ при $d = 2, 3$, максимальне значення $f(\alpha)$ відповідає фрактальній вимірності носія (основи перколяційного кластера). Рисунок взято з роботи [78].

цього розкладу потребує застосування процедури пересумовування, див. також розділ 3.

У нашій наступній роботі [78] цю задачу було проаналізовано за допомогою чисельного підходу в $d=2$ - та 3 -вимірних просторах. Для побудови перколяційних кластерів на неупорядкованих ґратках було застосовано алгоритм Хошена-Копельмана [79], а для побудови траєкторії SAW використано збідено збагачений метод зростаючого ланцюжка [80]. Таким чином, було побудовано всеможливі траєкторії із фіксованою відстанню R між кінцями, як схематично представлено на Рис. 12. Ввівши вагу $w(i)$ для кожного вузла i перколяційного кластера, що характеризує імовірність проходження траєкторії через заданий вузол, було встановлено, що різні моменти розподілу цієї ваги $M^{(q)} = \sum_{i \in R} w(i)^q$ підлягають законам скейлінгу із показниками $\nu^{(q)}$, що добре узгоджуються із теоретичними передбаченнями (11), див. Рис. 13. Таким чином, нами було аналітично і чисельно показано мультифрактальні властивості моделі SAW на фрактальних перколяційних кластерах.

9 Ідеї статистичної фізики в моделюванні та аналізі ефективності транспортних мереж

Використовуючи апарат статистичної фізики, наук про дані та складні мережі, ми дослідили топологію мереж громадського транспорту (ГТ), їхню стійкість до зовнішніх збурень, взаємозв'язок стійкості та топології, а також змоделювали еволюційні процеси, що можуть призвести до спостережуваних структур.

Наш аналіз базувався на представленні мереж ГТ у вигляді графів. Вузлами таких графів можна обрати зупинки маршрутів, а кожну пару вузлів-зупинок поєднати зв'язком, якщо вони є послідовними зупинками хоча б для одного маршруту. Дослідження топології такої мережі розпочато із аналізу співвідношення кількості «звичайних» та «центральных» вузлів графа. Оскільки така дискретна класифікація є суб'єктивною, було розглянуто поняття центральності вузлів та проаналізовано форми їх розподілів. Одним із прикладів такої центральності є ступінь k_i вузла i — кількість зв'язків, приєднаних до нього. За характером розподілу ступенів вузлів $p(k)$ мережі можна судити про її властивості і навіть оцінити спосіб еволюції. Поширеним типом розподілів ступенів у складних мережах різної природи є степеневий [14]

$$p(k) \sim k^{-\lambda}. \quad (12)$$

Такі мережі прийнято називати безмасштабними у зв'язку з відсутністю характерного масштабу. На відміну від мереж із експоненційним розподілом ступенів вузлів, у безмасштабних мережах допускається можливість існування вузлів із надзвичайно великими ступенями — габів, що можуть контролювати мережу.

У рамках проведеного дослідження було проаналізовано властивості мереж громадського транспорту 14 великих міст світу, враховуючи усі доступні дані про різні типи транспорту. Показано, що розподіл ступенів вузлів може характеризуватися як степеневим, так і експоненційним загасанням, що може говорити про різні класи механізмів еволюції ГТ у цих містах. Базуючись на цих результатах, ми запропонували опис еволюції мереж ГТ [35], побудований на відомій моделі із фізики полімерів — блукання із самоуниканням. У цьому підході мережа вулиць міста розглядалася як квадратна ґратка розміром $X \times X$. Перший маршрут фіксованої довжини S прокладався випадковим блуканням із довільно вибраної точки «міста». Початок $\vec{x}_0$ кожного наступного маршруту вибирався з ймовірністю

$$p \sim k_{\vec{x}_0} + a/X^2, \quad (13)$$

а кожна наступна зупинка маршруту — з ймовірністю

$$p \sim k_{\vec{x}} + b, \quad (14)$$

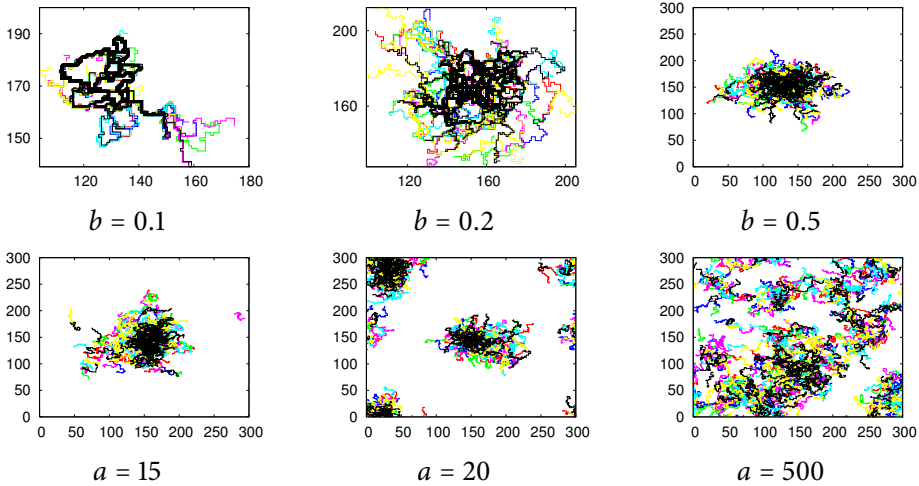


Рис. 14. Мережі ГТ різних модельованих міст розміру 300×300 із $R = 1024$ маршрутами по $S = 64$ станцій кожен. Перший рядок: $a = 0$, $b = 0.1 \div 0.5$. Другий рядок: $b = 0.5$, $a = 15 \div 500$. Із зростанням b маршрути покривають все більшу площу. Зростання a призводить до кластеризації мережі.

див. Рис. 14. Було показано, що ряд властивостей згенерованих мереж (розподіли ступенів вузлів, розподіли довжин найкоротших шляхів) відтворює відповідні характеристики реальних і обґрунтовано причини появи універсальності в поведінці таких характеристик.

Ще один приклад, взятий із статистичної фізики — задача про перколяцію, — дозволив нам дослідити стійкість мереж ГТ до випадкових збоїв та спрямованих атак (вилучення їх складових). Ми змоделювали різні сценарії атак: від випадкових, вилучаючи вузли чи зв'язки мережі випадковим чином, до спрямованих, послідовно усуваючи найважливіші складові, див. Рис. 15. Виявилось, що більшість мереж ГТ надзвичайно стійкі до випадкових атак, у той же час вони дуже вразливі до спрямованих сценаріїв руйнування [35, 36]. Запропоновано критерії відбору важливих вузлів мережі та спосіб передбачення стійкості мережі до атак різних типів.

10 Універсальність, нулі статистичної суми і порушення теореми Лі-Янга для моделі Ізінга на безмасштабній мережі

Започаткований в роботах Нобелівських лауреатів Цзун-дао Лі і Чженьнін Янга, а також Майкла Фішера аналіз розподілу нулів статистичної суми в комплексній площині становить сьогодні одну з основ теорії фазових переходів [81–83]. Нулі Лі-Янга розраховуються при дійсній температурі T в пло-

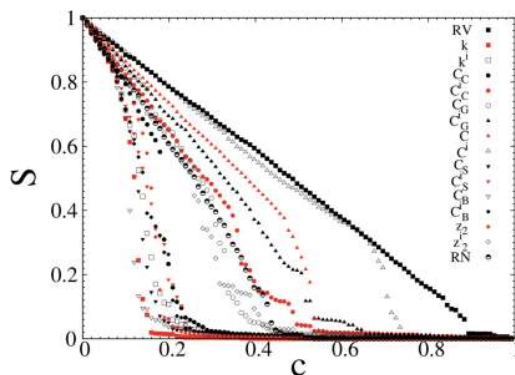


Рис. 15. Залежність розміру S найбільшої зв'язної компоненти мережі ГТ Парижа від частки c вилучених вузлів при різних сценаріях атак. Кожен сценарій атаки відображений відповідним символом на рисунку, див. [36] для детальнішого опису.

щині комплексного магнітного поля H , в той час як нулі Фішера аналізуються в площині комплексної температури. У термодинамічній границі $N \rightarrow \infty$ нулі формують неперервні криві у комплексній (H чи T) площині. Аналізуючи розташування і скейлінг нулів, у формалізмі Лі-Янга-Фішера здійснюється альтернативний опис критичної поведінки всієї системи і знаходяться її універсальні характеристики.

Отримані нами результати стосуються аналізу нулів Лі-Янга і Фішера для моделі Ізінга на відпаленій безмасштабній мережі [85, 86]. Приємно відзначити, що наші роботи є першими, в яких такий формалізм застосовано для аналізу критичної поведінки на безмасштабній мережі. Інтерес до дослідження критичної поведінки і фазових переходів у спінових моделях на складних мережах викликаний низкою причин. Так, у задачах соціофізики структура складної мережі відповідає реальним соціальним зв'язкам між індивідуумами. Подібно при моделюванні магнітних наносистем їх структура набагато краще описується топологією мережі, а не ґратки. Зрештою, розгляд критичних явищ на складних мережах становить і чисто академічний інтерес, адже, як показали, зокрема, і наші дослідження, такі явища суттєво відрізняються від їх аналогів на ґратках.

Наш аналіз стосувався моделі Ізінга, спіни S_i якої локалізовані на вузлах i відпаленої безмасштабної мережі із функцією розподілу ступенів вузлів, згідною за степеневим законом (12). Наявність відпаленого безладу призводить до того, що усереднення за спінами та конфігураціями зв'язків потрібно виконувати для статистичної суми Z , а не її логарифму. Після усереднення за

випадковими зв'язками «взаємодія» у Z стає сепарабельною [84]:

$$Z(T, H) = \text{Tr}_S \exp \left(\frac{1}{2N\langle k \rangle T} \sum_{i \neq j} S_i S_j k_i k_j + \frac{H}{T} \sum_i S_i \right). \quad (15)$$

У свою чергу, це дає змогу отримати точне інтегральне представлення для функції $Z(T, H)$ і проаналізувати її у комплексній площині. Зокрема, ми знайшли скейлінгові співвідношення для координат нулів Лі-Янга та Фішера скінченної системи з N частинок:

$$H_j(N, T = T_c) \sim \left(\frac{j}{N} \right)^\sigma, \quad T_j(N, H = 0) \sim \left(\frac{j}{N} \right)^{\frac{1}{2-\alpha}}, \quad (16)$$

де j — порядок нуля, $\sigma = \frac{\beta\delta}{2-\alpha}$, а α, β, δ — критичні показники фазового переходу в магнетовпорядкований стан. Подібним чином, аналізуючи рух нулів Фішера при змінному дійсному магнітному полі (типова картина розташування нулів показана на Рис. 16а), ми знайшли значення кутів φ, ψ , що характеризують розташування ліній нулів. Отриманий нами результат:

$$\sigma = \frac{\lambda - 2}{\lambda - 1}, \quad \psi = \frac{\pi(\lambda - 3)}{2(\lambda - 2)}, \quad \varphi = \frac{\pi(\lambda - 3)}{2(\lambda - 1)}, \quad 3 < \lambda < 5 \quad (17)$$

свідчить про те, що в ділянці проміжних значень λ універсальні значення кутів і показника σ стають λ -залежними, а отже, і сама гіпотеза про універсальність критичної поведінки зазнає змін, коли така поведінка відбувається на безмасштабній мережі.

Відомо, що для моделі Ізінга на ґратці справедлива теорема Лі-Янга про одиничне коло. Відповідно до цієї теореми, нулі статистичної суми мають чисто уявні координати в комплексній H -площині (чи, відповідно, розташовуються на колі одиничного радіуса в площині e^H). Про важливість цієї теореми свідчить і те, що часом її називають фундаментальною теоремою теорії фазових переходів. Як виявилось в результаті нашого аналізу [85, 86], нулі Лі-Янга для моделі Ізінга на відпаленій безмасштабній мережі в діапазоні $3 < \lambda < 5$ не задовільняють теорему про одиничне коло, тоді як при $\lambda \geq 5$ усі нулі є чисто уявними, див. Рис. 16с. Це неочікувано, оскільки означає, що роль показника загасання λ (для мереж) та вимірності d (для ґраток), які контролюють універсальні характеристики фазових переходів і є глобальними параметрами, не еквівалентна на рівні нулів Лі-Янга.

11 Соціофізика — фізичні підходи до дослідження суспільних явищ

Поява мобільного зв'язку суттєвим чином вплинула на способи дослідження соціальних систем [87]. Велика кількість інформації про кожного абонента

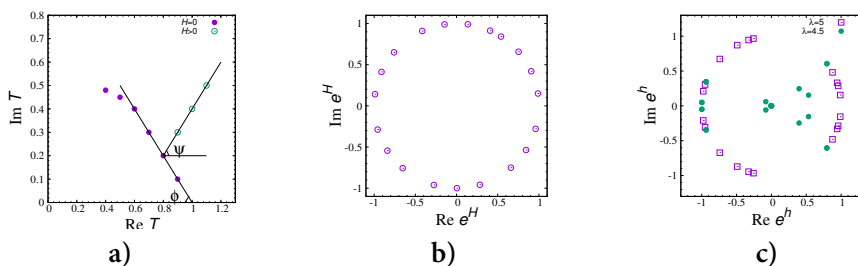


Рис. 16. а) Нулі Фішера в комплексній T площині. Кут φ є кутом між лінією конденсації нулів Фішера та дійсною віссю. Кут ψ описує рух нулів Фішера зі зміною дійсного зовнішнього поля H . Рух першого нуля зі збільшенням магнітного поля H зображено колами. б) та в) Нулі Лі-Янга моделі Ізінга на двовимірній ґратці та на безмасштабній мережі. При $\lambda < 5$ теорема Лі-Янга порушується: координати нулів не лежать на колі одиничного радіусу [85].

зберігається на серверах мобільних операторів. Пізніше ці дані можуть бути використані для проведення різного роду досліджень. Прикладом такого підходу є ініціатива D4DChallenge [88], проведена мобільним оператором Orange у Кот-д'Івуарі. Надаючи дослідникам доступ до анонімізованих даних спілкування, організатори ініціативи попросили провести дослідження довільного кола задач, результати яких могли би бути використаними для покращення добробуту населення країни. База даних складалася із двох частин: даних про кількість дзвінків усіма парами антен мобільного оператора Orange протягом 5 місяців та десяти менших баз даних, кожна про переміщення 50 000 випадковим чином вибраних абонентів протягом двох тижнів.

До участі в даному проєкті долучилося чимало фізиків, зокрема і представники нашого Інституту в співпраці з науковцями університету Аалто (Фінляндія). Хоча закони взаємодії між учасниками соціуму носять нефізичний характер, глобальна поведінка великою мірою нагадує закони, які можна спостерігати у природничих науках. Одним із таких прикладів є закон соціальної гравітації [89]. Суть його полягає в тому, що міста (населені пункти) притягаються між собою за законами, подібними до закону гравітації. Різниця полягає в тому, що саме вважається масою і що характеризує взаємодію. Аналогом маси може служити населення міста чи його економічні показники (бюджет), а аналогом сили притягання — трафік чи товарообіг між ними. Було показано, що різні характеристики взаємодій f_{ij} між містами i та j можуть бути описані залежністю

$$f_{ij} = \frac{m_i m_j}{d_{ij}^\alpha}, \quad (18)$$

де m_i — аналог маси міста i , d_{ij} — відстань між ними, α — показник степеня.

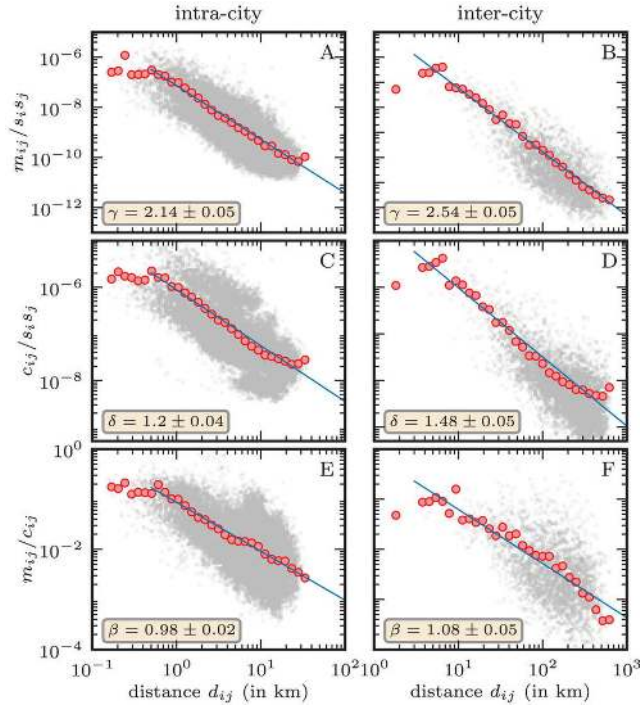


Рис. 17. Трафік (кількість переміщень) між точками i та j , нормований на добуток мас точок $m_{ij}/(s_i s_j)$ (верхній рядок), нормований мобільний трафік (кількість дзвінків) $c_{ij}/(s_i s_j)$ (середній рядок) та кількість переміщень з розрахунку на один дзвінок між точками i та j як функція відстані між точками d_{ij} . Рисунок з лівого боку відповідає гравітації між містами, з правого — між різними точками в межах населеного пункту. Рисунок взято з роботи [90].

На Рис. 17 показано емпіричні результати [90], отримані нами в рамках ініціативи D4DChallenge. Аналогом маси міста вважалась загальна кількість вхідних дзвінків до чи вихідних дзвінків від абонентів у межах населеного пункту. Використовуючи інформацію про дзвінки з прив'язкою до кожної антени мобільного оператора, було досліджено питання соціальної гравітації у межах найбільшого населеного пункту — міста Абіджан (5 мільйонів індивідуальних переміщень та 109 мільйонів дзвінків між 298 антенами в межах міста, що відповідає 31% від усіх дзвінків та 50% від усіх переміщень у базі даних). Досліджено два типи взаємодій між населеними пунктами (точками): фізичне переміщення (кількість переміщень m_{ij} між точками i та j) та спілкування (кількість дзвінків c_{ij} між цими точками).

Як видно із Рис. 17 (верхній рядок) середній трафік, нормований на добуток мас точок, досить добре описується степеневою функцією (18) з показником⁵ γ , значення якого дещо більше за 2. Спостережено, що цей показник є більшим для міжміської (inter-city), ніж для міської (intra-city) гравітації. Аналогічну картину було отримано для мобільного трафіку (див. Рис. 17, середній рядок). Кількість дзвінків між двома містами чи точками в межах міста c_{ij} , нормована на добуток відповідних мас, описується степеневим загасанням із відстанню з показником δ , дещо більшим за одиницю. Показник δ є дещо більшим для міжміської, ніж для міської системи.

Повертаючись до поставленого завдання, а саме покращення добробуту, бачимо, що прояви закону соціальної гравітації можуть мати застосування для оцінки і передбачення трафіку між різними точками. Показано (Рис. 17, нижній рядок), що якість такої оцінки можна покращити, використовуючи дані мобільного спілкування, зробивши поправку на відстань між ними.

12 Наукометричний аналіз привабливості журнальних статей

Однією із наукометричних задач, якою ми займалися спільно із науковцями університетів Ковентрі (Англія) та Лотарингії (Нансі, Франція), було вивчення «привабливості» наукових публікацій шляхом аналізу статистики їх завантажуваності онлайн [91]. На основі даних про специфічну активність користувачів у мережі Інтернет розраховуються різноманітні індикатори, покликані характеризувати визнаність вченого, авторитет установи, популярність тематичного напрямку, тощо. Такі показники названі альтметриками [92], хоча за своєю природою вони не можуть виступати альтернативою цитат-показників, а скоріше є їх доповненням при спробі якомога всеохопніше охарактеризувати об'єкт. Так, статистика завантажень статей з веб-сторінки (її ще відносять до показників використовуваності) є індикатором зацікавлення потенційного читача ще до їх прочитання, тому нічого не говорить безпосередньо про наукову їх значущість.

Використовуючи дані про завантаження повних текстів статей журналу *Europhysics Letters* (EPL) з офіційної веб-сторінки, опублікованих протягом більше 6.5 років, ми описали статистичну картину привабливості видання загалом та окремих його компонент. Пам'ятаючи про те, що частина статей у згаданому виданні знаходиться у відкритому доступі, а решта може завантажуватись лише за передплатою, ми з самого початку розділили ці дві категорії публікацій. База даних, таким чином, налічувала 4 986 статей, доступних за передплатою, та 377 — так званих Open Access (OA) статей.

На Рис. 18 зображено кумулятивні розподіли завантажень статей відпо-

⁵Тут показник степеня позначено γ для того, щоб розрізняти дві різні характеристики: переміщення (γ) та мобільний трафік (δ).

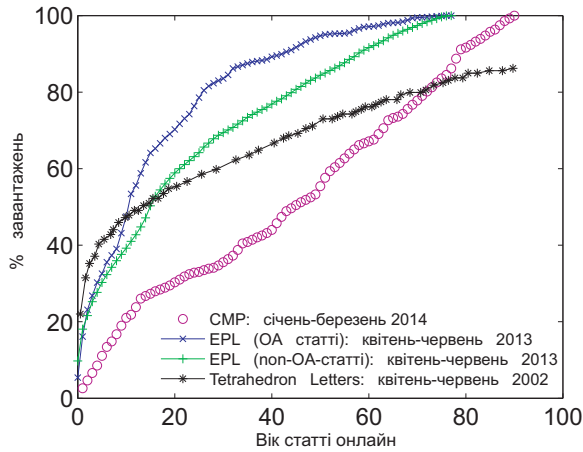


Рис. 18. Відносний кумулятивний розподіл завантажень відповідно до віку статей у журналах EPL, Tetrahedron Letters (дані з роботи [93]) та Condensed Matter Physics (CMP) на основі даних за обрані три місяці.

відно до їх віку онлайн (кількість місяців після оприлюднення) для EPL та двох інших видань. Для побудови цього малюнку бралися дані, що стосувалися виключно завантажень, здійснених в рамках вибраного 3-місячного часового вікна. Припустимо, що функціональні форми наведених кривих є свого роду характеристиками кожного з видань та, гіпотетично, залежать від дисципліни, домінуючого типу публікацій (короткі повідомлення, регулярні статті, огляди тощо) і правил доступу до них. Для побудови таких розподілів потрібно опиратися на статистику, зібрану за достатньо тривалий час. З іншого боку, маючи в розпорядженні дані навіть за кілька років, можна здійснити екстраполяцію за допомогою простої моделі. На Рис. 19 показано, як густина завантажень ρ (середнє число сумарних завантажень на статтю) розподілена між публікаціями різного віку. Можна побачити, що існують два різні режими: протягом перших 5 чи 6 місяців швидкість завантажень є вищою, а пізніше відчутно спадає. Можна припустити, що різні швидкості процесу обумовлені різними мотиваціями користувачів до завантаження файлів: спочатку це зацікавлення новими матеріалами, а пізніше — інтереси архівування чи поточний пошук.

Отримані нами дані добре пояснюються так званою двофакторною моделлю [93]:

$$\rho(t) = \rho_0 [A \exp(-b_1 t) + (1 - A) \exp(-b_2 t)], \quad (19)$$

$$0 \leq A \leq 1, \quad b_1 > 0, \quad b_2 > 0,$$

де A та $(1 - A)$ — відносні ваги двох факторів (різних мотивацій), а ρ_0 позна-

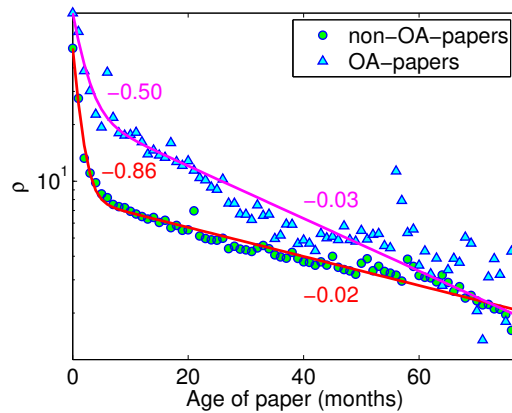


Рис. 19. Густина завантажень ρ як функція віку статті. Суцільні криві — передбачення моделі (19), вказані також значення констант загасання.

чає густину завантажень, що відповідає найновішим статтям (опублікованим і завантаженим протягом одного місяця). Параметри b_1 та b_2 відповідають двом різним експонентам загасання. Використовуючи цю модель, можна передбачити, як буде виглядати процес завантажуваності в довшій часовій границі. Зокрема можна сказати, що в рамках передплати статті наберуть 50% своїх завантажень за 25 місяців життя онлайн. Для ОА-статей для цього вистачить 10 місяців. Подібним чином були ідентифіковані групи публікацій, що характеризуються різними формами динаміки процесу їх завантаження.

Література

1. S. Thurner. In *Visions for Complexity* (World Scientific, Singapore), 2016.
2. P. W. Anderson. More is different, *Science* **177**, 393 (1972).
3. D. Sherrington. Physics and complexity, *Phil. Trans. Roy. Soc. A* **368**, 1175 (2010).
4. G. Parisi Complex systems: a physicist's viewpoint, *Physica A* **263**, 557 (1999).
5. Yu. Holovatch, R. Kenna, S. Thurner. Complex systems: physics beyond physics, *Eur. Journ. Phys.* **38**, 023002 (2017).
6. M. Mitzenmacher. A Brief History of Generative Models for Power Law and Lognormal Distributions, *Internet Mathematics* **1**, 226 (2004).
7. M. E. J. Newman. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law, *Contemporary Physics* **46**, 323 (2005).
8. M. V. Simkin, V. P. Roychowdhury. Re-inventing Willis, *Physics Reports* **502**, 1 (2011).
9. C. Domb. *The Critical Point*. (Taylor & Francis, London, 1996).

10. D. Sornette. Critical phenomena in natural Sciences (New York: Springer-Verlag, 2011).
11. P. Bak, C. Tang, K. Wiesenfeld. Self-organized criticality: an explanation of $1/f$ noise, *Phys. Rev. Lett.* **59**, 381 (1987).
12. B. Mandelbrot. An Informational Theory of the Statistical Structure of Languages. In: Communication Theory, edited by W. Jackson (Woburn, MA: Butterworth, 1953), pp. 486–502.
13. B. Corominas-Murtra, R. Hanel, S. Thurner. Understanding scaling through history-dependent processes with collapsing sample space, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **112**, 5348 (2015).
14. R. Albert, A.-L. Barabasi. Statistical mechanics of complex networks, *Rev. Mod. Phys.*, **74**, 47 (2002); S.N. Dorogovtsev, J.F.F. Mendes. Evolution of Networks: From Biological Networks to the Internet and WWW, (Oxford University Press, 2003); M. E. J. Newman. The structure and function of complex networks, *SI-AM Review* **45**, 167 (2003); Ю. Головач, О. Олемской, К. фон Фербер, Т. Головач, О. Мриглод, І. Олемской, В. Пальчиков. Складні мережі, *Журнал Фізичних Досліджень* **10**, 247 (2006); A. Barrat, M. Barthelemy, A. Vespignani. Dynamical Processes on Complex Networks, (Cambridge University Press, 2008); M. Newman. Networks: An Introduction, (Oxford University Press, 2010).
15. M. Mézard, G. Parisi, M. A. Virasoro. Spin Glass Theory and Beyond. (World Scientific, Singapore, 1987).
16. Order, Disorder and Criticality. Advanced Problems of Phase Transition Theory, ed. by Yu. Holovatch. vol. 1–vol. 5: (World Scientific, Singapore, 2007–2017).
17. R. Folk, Yu. Holovatch, T. Yavors'kii. Critical exponents of a three-dimensional weakly diluted quenched Ising model, *УФН* **173**, 175 (2003) [*Physics-Uspiekh* **46**, 169 (2003)].
18. D. Ivaneyko, J. Ilnytskyi, B. Berche, Yu. Holovatch. Local and cluster critical dynamics of the 3d random-site Ising model. *Physica A* **370**, 163 (2006).
19. D. Ivaneyko, B. Berche, Yu. Holovatch, J. Ilnytskyi. On the universality class of the 3d Ising model with long-range-correlated disorder. *Physica A* **387**, 4497 (2008).
20. O. Kapikranian, B. Berche, Yu. Holovatch. Perturbation expansion for the diluted two-dimensional XY model. *Phys. Letts. A* **366**, 150 (2007).
21. M. Dudka, R. Folk, Yu. Holovatch. Critical properties of random anisotropy magnets. *J. Magn. Magn. Mat.* **294**, 305 (2005).
22. B. Delamotte, M. Dudka, D. Mouhanna, S. Yabunaka, Functional renormalization group approach to non-collinear magnets. *Phys. Rev. B* **93**, 064405 (2016).
23. O. Kapikranian, B. Berche, Yu. Holovatch. The 2D XY model on a finite lattice with structural disorder: quasi-long-range ordering under realistic conditions.

- Eur. Phys. J. B* **56**, 93 (2007).
24. P.-G. de Gennes. Scaling Concepts in Polymer Physics. (Cornell University Press, Ithaca, 1979).
 25. http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1991/
 26. C. von Ferber, Yu. Holovatch. Copolymer networks and stars: Scaling exponents. *Phys. Rev. E* **56**, 6370 (1997).
 27. C. von Ferber, Yu. Holovatch. Multifractality of Brownian motion near absorbing polymers. *Phys. Rev. E* **59**, 6914 (1999).
 28. O. Kalyuzhnyi, Ja. Ilnytskyi, Yu. Holovatch, C. von Ferber. Universal shape characteristics for the mesoscopic polymer chain via dissipative particle dynamics. *J. Phys.: Condens. Matter* **28**, 505101 (2016).
 29. V. Blavats'ka, C. von Ferber, R. Folk, Yu. Holovatch. Renormalization group approaches to polymers in disordered media. In: Statistics of Linear Polymers in Disordered Media, ed. by Bikas K. Chakrabarti (Elsevier, Amsterdam, 2005), pp.103–148.
 30. V. Blavatska, C. von Ferber, Yu. Holovatch, Polymers in long-range-correlated disorder. *Phys. Rev. E* **64**, 041102 (2001).
 31. V. Blavatska, C. von Ferber, Yu. Holovatch, Entropy-induced separation of star polymers in porous media. *Phys. Rev. E* **74**, 031801 (2006).
 32. A. Quetelet. A Treatise on Man and the Development of His Faculties. (1842) Scholars Facsimilies & Reprint. ISBN 0-8201-1061-2.
 33. S. Galam. Sociophysics: A Physicist's Modeling of Psycho-political Phenomena (Understanding Complex Systems). (Springer, New York, Dordrecht, Heidelberg, London, 2012).
 34. C. von Ferber, Yu. Holovatch, V. Palchykov. Scaling in public transport networks. *Condens. Matter Phys.* **8**, 225 (2005).
 35. C. von Ferber, T. Holovatch, Yu. Holovatch, V. Palchykov. Public transport networks: empirical analysis and modeling. *Eur. Phys. J. B* **68**, 261 (2009).
 36. B. Berche, C. von Ferber, T. Holovatch, Yu. Holovatch. Resilience of public transport networks against attacks. *Eur. Phys. J. B* **71**, 125 (2009).
 37. Yu. Holovatch, V. Palchykov. Mykyta the Fox and language networks. *J. Phys. Stud.* **10**, 247 (2006) (in Ukrainian).
 38. P. Mac Carron, R. Kenna. Universal properties of mythological networks. *EPL* **99**, 28002 (2012).
 39. R. Kenna, P. Mac Carron. Maths Meets Myths: Network Investigations of Ancient Narratives. *J. Phys.: Conf. Ser.* **681**, 012002 (2016).
 40. P. Sarkanych, Yu. Holovatch, R. Kenna, P. Mac Carron. Universality and network analysis of bylyny. *J. Phys. Stud.* **20**, 4801 (2016).
 41. Mryglod O., Fuchs B., Szell M., Holovatch Yu., Thurner S. Interevent time distributions of human multi-level activity in a virtual world. *Physica A* **419**, 681 (2015).
 42. O. Mryglod, Yu. Holovatch, I. Mryglod. Editorial process in scientific journals:

- analysis and modeling. *Scientometrics* **91**, 101 (2012).
43. O. Mryglod, R. Kenna, Yu. Holovatch, B. Berche. Absolute and specific measures of research group excellence. *Scientometrics* **95**, 115 (2013).
 44. O. Mryglod, R. Kenna, Yu. Holovatch, B. Berche. Comparison of citation-based indicators and peer review for absolute and specific measures of research-group excellence. *Scientometrics* **97**, 767 (2013).
 45. O. Mryglod, R. Kenna, Yu. Holovatch, B. Berche. Predicting Results of the Research Excellence Framework using departmental h-Index. *Scientometrics* **102** (2015) 2165-2180; O. Mryglod, R. Kenna, Yu. Holovatch, B. Berche. Predicting results of the research excellence framework using departmental h-index: revisited. *Scientometrics* **104**, 1013 (2015).
 46. O. Mryglod, Yu. Holovatch, R. Kenna, B. Berche. Quantifying the evolution of a scientific topic: reaction of the academic community to the Chornobyl disaster. *Scientometrics* **106**, 1151 (2016).
 47. R. Folk, Yu. Holovatch, T. Yavors'kii, Effective and asymptotic critical exponents of a weakly diluted quenched Ising model: Three-dimensional approach versus ε -expansion. *Phys. Rev. B* **61**, 15114 (2000).
 48. A. Perumal, V. Srinivas, V. V. Rao, R. A. Dunlap, Quenched disorder and the critical behavior of a partially frustrated system. *Phys. Rev. Lett.* **91**, 137202 (2003).
 49. R. Folk, Y. Holovatch, T. Yavors'kii, Pseudo- ε expansion of six-loop renormalization-group functions of an anisotropic cubic model. *Phys. Rev. B* **62**, 12195 (2000).
 50. Yu. Holovatch, V. Blavats'ka, M. Dudka, C. von Ferber, R. Folk, T. Yavors'kii. *Int. J. Mod. Phys. B* **16**, 4027 (2002).
 51. R. Folk, Yu. Holovatch, G. Moser, Field theory of bicritical and tetracritical points. I. Statics. *Phys. Rev. E* **78**, 041124 (2008).
 52. M. Dudka, R. Folk, Y. Holovatch, G. Moser, Marginal dimensions for multicritical phase transitions. *Condens. Matter Phys.* **15**, 43001 (2012).
 53. B. Delamotte, D. Mouhanna, M. Tissier, Nonperturbative renormalization-group approach to frustrated magnets, *Phys. Rev. B* **69**, 134413 (2004).
 54. Yu. Holovatch, D. Ivaneiko, B. Delamotte, On the criticality of frustrated spin systems with noncollinear order. *J. Phys. A* **37**, 3569 (2004).
 55. I. Lyuksyutov, A. G. Naumovets, V. L. Pokrovsky. *Two-Dimensional Crystals*. (Academic Press, London, 1992).
 56. R. Baxter. *Exactly Solved Models in Statistical Mechanics* (Academic Press, New York, 1982.)
 57. V. S. Dotsenko, Critical phenomena and quenched disorder. *Phys. Usp.* **38**, 457 (1995).
 58. A. Weinrib, B. I. Halperin, Critical phenomena in systems with long-range-correlated quenched disorder. *Phys. Rev. B* **27**, 413 (1983).
 59. M. Dudka, A. A. Fedorenko, V. Blavatska, Yu. Holovatch, Critical behavior of the two-dimensional Ising model with long-range correlated disorder *Phys.*

- Rev. B* **93**, 224422 (2016).
60. J. Honkonen, M. Y. Nalimov, Crossover between field theories with short-range and long-range exchange or correlations. *J. of Phys. A* **22**, 751 (1989).
 61. C.N. Likos, H.M. Harreis. Star polymers: From conformations to interactions to phase diagrams. *Condens. Matter Phys.* **5**, 173 (2002).
 62. B. Duplantier. Statistical mechanics of polymer networks of any topology. *J. Stat. Phys.* **54**, 581 (1989).
 63. *J. Feder*. Fractals. (Plenum Press, New York and London, 1988).
 64. V. Blavatska, C. von Ferber, Yu. Holovatch. Scaling of complex polymers: new universality classes and beyond. *Phil. Mag.* **88**, 4085 (2008).
 65. B.H. Zimm, W.H. Stockmayer. The Dimensions of Chain Molecules Containing Branches and Rings. *J. Chem. Phys.* **17**, 1301 (1949).
 66. V. Blavatska, C. von Ferber, Yu. Holovatch. Disorder effects on the static scattering function of star branched polymers. *Condens. Matter Phys.* **15**, 33603 (2012).
 67. H.P. Hsu, W. Nadler, P. Grassberger. Scaling of Star Polymers with 1-80 Arms, *Macromolecules* **37**, 4658 (2004).
 68. K. Haydukivska, V. Blavatska. Probability of loops formation in star polymers in long range correlated disorder. *J. Chem. Phys.* **144**, 084901 (2016).
 69. A. Baumgärtner. Statistics of self-avoiding ring polymers. *J. Chem. Phys.* **76**, 4275 (1982).
 70. J. J. Prentis. Crossover between random and self-avoiding behaviour in a ring polymer. *J. Phys. A: Math. Gen.* **17**, 1723 (1984).
 71. K. Haydukivska, V. Blavatska. Ring polymers in crowded environment: conformational properties. *J. Chem. Phys.* **141**, 094906 (2014).
 72. V. Blavatska, R. Metzler. Conformational properties of complex polymers: rosette versus star-like structures. *J. Phys. A: Math. Theor.* **48**, 135001 (2015).
 73. H.E. Stanley, P. Meakin. Multifractal phenomena in physics and chemistry. *Nature* **335**, 405 (1988).
 74. B.B. Mandelbrot. Intermittent turbulence in self-similar cascades: divergence of high moments and dimension of the carrier. *J. Fluid Mech.* **62**, 33 (1974).
 75. T.A. Witten, L.M. Sander. Diffusion-Limited Aggregation, a Kinetic Critical Phenomenon. *Phys. Rev. Lett.* **47**, 1400 (1981).
 76. D. Stauffer, A. Aharony. Introduction to Percolation Theory. (Taylor and Francis, London, 1992).
 77. C. von Ferber, V. Blavatska, R. Folk, Yu. Holovatch. Where two fractals meet: the scaling of a self-avoiding walk on a percolation cluster. *Phys. Rev. E* **70**, 035104(R) (2004).
 78. V. Blavatska, W. Janke. Multifractality of self-avoiding walks on percolation clusters. *Phys. Rev. Lett.* **101**, 125701 (2008).
 79. J. Hoshen, R. Kopelman. Percolation and cluster distribution. I. Cluster multiple labeling technique and critical concentration algorithm. *Phys. Rev. E* **14**,

- 3438 (1976).
80. P. Grassberger. Pruned-enriched Rosenbluth method: Simulations of θ polymers of chain length up to 1 000 000. *Phys. Rev. E* **56**, 3682 (1997).
81. C. N. Yang, T. D. Lee. Statistical theory of equations of state and phase transitions. I. Theory of condensation. *Phys. Rev.* **87**, 404 (1952).
82. T. D. Lee, C. N. Yang. Statistical theory of equations of state and phase transitions. II. Lattice gas and Ising model. *Phys. Rev.* **87**, 410 (1952).
83. M. E. Fisher. The nature of critical points. In: *Lecture Notes in Theoretical Physics*, Vol. 7c. (Boulder: University of Colorado Press, 1965), pp. 1–159.
84. S. H. Lee, M. Ha, H. Jeong, J. D. Noh, H. Park. Critical behavior of the Ising model in annealed scale-free networks. *Phys. Rev. E* **80**, 051127 (2009).
85. M. Krasnytska, B. Berche, Yu. Holovatch, R. Kenna. Violation of Lee-Yang circle theorem for Ising phase transitions on complex networks. *Eur. Phys. Lett.* **111**, 60009 (2015).
86. M. Krasnytska, B. Berche, Yu. Holovatch, R. Kenna. Partition function zeros for the Ising model on complete graphs and on annealed scale-free networks. *J. Phys. A* **49**, 135001 (2016).
87. D. Lazer et al. Computational Social Science. *Science* **323**, 721 (2009).
88. Challenge 4 development, <http://www.d4d.orange.com/>.
89. H. C. Carey. Principles of social science, vol. 3 (JB Lippincott & Company, 1867); G. A. Carrothers. An historical bedew of the gravity and potential concepts of human interaction. *J. Am. Inst. Plan.* **22**, 94 (1956); J. E. Anderson. The gravity model. *Annu. Rev. Econ.* **3**, 133 (2011).
90. V. Palchykov et al. Inferring human mobility using communication patterns. *Sci. Rep.* **4**, 6174 (2014).
91. O. Mryglod, R. Kenna, Yu. Holovatch. Is your EPL attractive? Classification of publications through download dynamics. *Europhys. Lett.* **108** 50011 (2014).
92. J. Priem, D. Taraborelli, P. Groth, C. Neylon. Altmetrics: A manifesto. 2010. <http://altmetrics.org/manifesto/>
93. H. F. Moed. Statistical Relationships Between Downloads and Citations at the Level of Individual Documents Within a Single Journal. *J. Am. Soc. Inf. Sci. Tec.* **56**, 1088 (2005).

Чверть століття УАРНЕТ: від проекту до одного з лідерів серед інтернет-провайдерів України

Ігор Процикевич, Олександр Іванків

Проект УАРНЕТ

Історія появи інтернету в Україні сягає початку 90-их років минулого століття. Наприкінці 1990 року неформально почав підтримуватися домен .ua, який у грудні 1992 року був офіційно зареєстрований у Мережевому інформаційному центрі (NIC).

Історія Української академічної і дослідницької мережі (UARNET — аббревіатура слів англійською мовою «Ukrainian Academic and Research Network») розпочиналася 1993 року в Інституті фізики конденсованих систем НАН України з проекту УАРНЕТ. Ніби незвично, але зовсім закономірно, що абсолютно новий технологічний проект започатковувався в інституті, який займався винятково фундаментальними проблемами теоретичної фізики конденсованої речовини. Директор інституту академік НАН України І.Р. Юхновський ще на початку 80-их років відчув і зрозумів перспективу комп'ютерного моделювання і почав спрямовувати частину своїх учнів до комп'ютерного експерименту. На той час розпочалася тісна співпраця з доктором Карлом Хайнцінгером з Інституту хімії Товариства Макса Планка (м. Майнц, ФРН), який був визнаним світовим фахівцем із комп'ютерного моделювання води і водних розчинів. У спільних дослідженнях брали участь багато співробітників ІФКС НАН України, у тому числі, О. Сабан, І. Процикевич і багато інших. Тривале перебування за кордоном, можливість проводити розрахунки на потужних комп'ютерах стимулювали до освоєння нових методів і підходів не лише в науці, а й у комунікаціях. О. Сабан, який мав добре чуття на новинки, захопився ідеєю інтернету. Працівники інституту вже відчували переваги спілкування через електронну пошту. Надсилання статей у журнали і тез на конференції, листування з колегами з-за кордону відбувалося саме таким способом. Спочатку в інституті існувала лише одна електронна адреса і єдиний комп'ютер, з якого можна було відправити електронну пошту. На той час система електронної пошти хоча й існувала в Україні, але функціонувала незадовільно, листи проходили дуже повільно. Зв'язок зі світом відбувався через російську мережу Релком, яка мала єдину міжнародну лінію Москва–Гельсінкі (до слова, ця мережа була створена також фізиками з Інституту атомної енергії ім. І. Курчатова).

Тож від інституту був підготований проект «Українська комп'ютерна мережа» під керівництвом О. Сабана, орієнтований на сучасну технологію інтернету. Міжнародний фонд «Відродження» підтримав його виконання (проект U92–88) та виділив незначні кошти на придбання необхідного обладнання. Наступним кроком стала побудова каналу тональної частоти до інтернету зі швидкістю 9600 біт/сек через Варшаву. На той час І.Р. Юхновський був першим віце-прем'єр-міністром України. Усвідомлюючи важливість і актуальність проблеми, він на державному рівні через домовленості з урядами Польщі та Австрії (через особисті контакти із прем'єром Польщі пані Ганною Сухоцькою і віце-канцлером Австрії паном Ергардом Бузеком) добивається введення в експлуатацію каналів передачі даних (КПД) Львів — Варшава і Львів — Відень. КПД Львів — Варшава оплачувався за принципом «кожна сторона на своїй території». З цієї точки зору, розташування Львова (80 км до кордону) і загальна невелика (до 500 км) довжина лінії виявилися дуже сприятливими. Крім того, центральний вузол польської мережі, куди приходила лінія зі Львова, мав добре сполучення зі Стокгольмом (2 Мбіт/с і далі такого ж класу лінія до США) і Віднем (256 кбіт/с), через який був зв'язок із Парижем і ЦЕРНом. Це були одні з найшвидших ліній в Європі.

У листопаді 1994 р. наземний аналоговий канал 14,4 кбіт/с був замінений супутниковим цифровим каналом 64 кбіт/с, що закінчувався на роутері Польської освітньої та наукової мережі NASK у Стокгольмі. У підвір'ї Інституту фізики конденсованих систем НАН України у Львові (вул. Свенціцького, 1) були встановлені супутникові комплекси для забезпечення функціонування цього каналу (вони збереглися донині вже як історичний експонат того етапу розвитку інтернету в Україні). Канал повністю фінансувався Польською (NASK) і Австрійською (ACONet) науковими мережами і надавався Шведською космічною корпорацією. У липні 1995 р. Скандинавська університетська мережа NORDUNet першою в Європі отримала в користування трансатлантичну лінію передачі даних до США пропускнуою здатністю 34 Мбіт/с. Це підтвердило правильність вибору шляху сполучення української мережі з глобальним інтернетом.

З ініціативи УАРНЕТ Україна отримала членство в міжнародних мережних організаціях. У травні 1993 р. за підтримки Комітету з питань науки та освіти Верховної Ради Україна була прийнята до Європейської освітньої та наукової мережі EARN. Представницькою установою від України в цій організації став ІФКС НАН України. EARN була колективним членом Європейської системи магістралей комп'ютерного зв'язку Ebone і невеликий членський внесок в EARN давав можливість доступу до Ebone. У 1994 р. EARN припинила своє існування, об'єднавшись з іншою європейською мережевою організацією RARE, утворивши тим самим нову організацію TERENA, в якій Україна також брала участь. На початку 1994 р. Україна приєдналася до ініціативної групи країн, а згодом стала членом-засновником регіональної

центрально- та східноєвропейської мережі CEENet. У всіх цих організаціях Україна була присутня через членство УАРНЕТ.

Продовжувалося розширення діяльності УАРНЕТ, зокрема розпочалася співпраця із представництвом ООН в Україні, яке на початку 1994 р. оголосило про фінансову підтримку розвитку інтернету в Україні. В рамках цього проекту Київ і Львів, як центри міжнародного сполучення, були з'єднані цифровою лінією передачі даних. ІФКС НАН України як представницька організація в EARN та виконавець проекту УАРНЕТ підписав угоду з представництвом ООН в Україні на виконання проекту «Інтернет для України». В представництві ООН у Києві створено www-сервер та великий вузол, через який надавалися безкоштовні послуги електронної пошти понад 400 державним установам, закладам освіти і науки та некомерційним організаціям. Зовнішнім зв'язком вузла ООН стала оптоволоконна лінія до Верховної Ради України, прокладена за кошти Дослідницької служби Конгресу США. Завдяки цьому вузол Представництва ООН через канал «Верховна Рада України — ІФКС НАН України» мав доступ до глобального інтернету.

Налагодження інформаційної системи Верховної Ради України також відбувалося в тісній співпраці з УАРНЕТ. Проект фінансувався Конгресом США і був спрямований, в основному, на розвиток внутрішньої мережі парламенту. Разом із тим, тут було розміщено досить потужний вузол інтернету, до якого, зокрема, під'єднувалися Президія НАН України, Києво-Могилянська академія, низка урядових структур, Харківська міська рада. Аналоговий канал 19,2 кбіт/с до Львова (ІФКС НАН України) був замінений цифровим каналом 64 кбіт/с.

Лабораторія інформаційних технологій і комп'ютерних мереж

У зв'язку з розширенням інтернет-діяльності в Інституті відбувалися також організаційні зміни. Так, у 1994 році була сформована група науково-інформаційного забезпечення засобами міжнародних комп'ютерних мереж. У травні 1995 р. на базі цієї групи створено Лабораторію інформаційних технологій і комп'ютерних мереж. Першими працівниками Лабораторії стали О. Сабан (завідувач), О. Яхнич, Р. Віцієвський, А. Баран, О. Петрович та Ю. Панасюк. Інститут відкрив окрему відомчу тему, виконавцями якої були працівники лабораторії.

Користувачами УАРНЕТ були такі установи: Львівська політехніка, Львівський медичний університет, Київські мережі GlasNet і FreeNet, Києво-Могилянська академія, Київський політехнічний інститут, Київський університет імені Тараса Шевченка, Інститут фізики напівпровідників НАН України, Інститут кібернетики НАН України, Верховна Рада України, Держатомнагляд України, Представництво ООН в Україні, Донецький фізико-технічний інститут НАН України, Харківський політехнічний інститут та ін. У великих

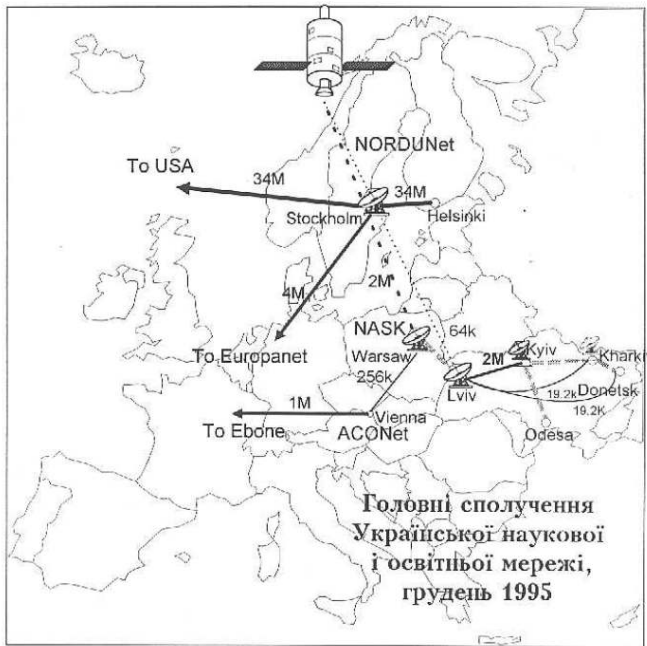


Рис. 1. Вигляд мережі УАРНЕТ на кінець 1995 року.

містах були створені опорні вузли (Київ — Верховна Рада України, НАУКМА, Львів — ІФКС НАН України, Харків — ННЦ ХФТІ, Донецьк — ДонФТІ НАН України). Наприкінці 1995 року УАРНЕТ ініціював створення Асоціації користувачів Української наукової та освітньої мережі.

Започатковано формування національних інформаційних ресурсів. На львівському вузлі УАРНЕТ створено *www*-сервер, на якому розміщувалася електронна версія журналу *Condensed Matter Physics*, видавцем якого є ІФКС НАН України. Цей журнал був першим в Україні не лише з огляду на наявність електронної версії, він став першим у незалежній Україні науковим періодичним виданням, яке увійшло до *Master Journal List*, що вівся в той час американським Інститутом наукової інформації (Thomson ISI). Паралельно виконувалося багато інших проектів, організовувалися щорічні тематичні конференції.

У 1994 р. УАРНЕТ зареєстровано Європейським мережевим координаційним центром RIPE NCC (фр. *Réseaux IP Européens* + англ. *Network Coordination Centre*) як автономну систему (AS 3255). Це дало можливість оперативно використовувати наявні ресурси зовнішніх каналів, щоб оптимально маршрутизувати IP-трафік користувачів. RIPE також зареєстрував УАРНЕТ

як інтернет-реєстратора і виділив 256 класів С інтернет-адрес, що дало можливість забезпечувати користувачів достатньою кількістю ІР-адрес. Згодом УАРНЕТ стає реєстратором доменних імен у домені .ua, .com.ua, .gov.ua, .org.ua тощо, а також виконує функції адміністратора географічного домену .lviv.ua з моменту його утворення, забезпечує хостинг веб-ресурсів на власних технічних засобах як в Україні, так і поза її межами; забезпечує розміщення супроводжуваних UNIX-серверів на власних технічних майданчиках зі швидкісним під'єднанням до мережі інтернет.

Після декількох років від започаткування проекту грантовий період функціонування мережі УАРНЕТ закінчився. Виходячи з міжнародного досвіду, вважалося, що за 2–3 роки мережа повинна стати самоокупною і навіть прибутковою. Тому, починаючи з 1994 року інститут розпочав надавати послуги комп'ютерного зв'язку на підставі госпдоговорів. У 1994 році був 21 госпдоговір на суму 57 тис. карбованців, що складало 1% від базового фінансування інституту. Далі приведено динаміку зростання надходжень від надання інтернет-послуг: 1995 р. — 769 млн. крб. (2,2% від базового фінансування інституту), 1996 р. — 22,5 тис. грн. (8% від базового фінансування), 1997 р. — 170 тис. грн. (51% від базового фінансування), 1998 р. — 496 тис. грн. (понад 206% від реально отриманого базового фінансування). Разом зі зростанням надходжень зростали і видатки на утримання мережі, насамперед, через ріст оплати за зовнішні канали. У ці складні для багатьох державних установ роки почали лавиноподібно накопичуватися борги. Такий стан справ вимагав прийняття термінових організаційних рішень.

За чергового загострення проблем, пов'язаних із функціонуванням УАРНЕТ, в т.ч. фінансових та кадрових, дирекція інституту прийняла рішення про реорганізацію Лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж в окрему госпрозрахункову юридичну особу, підпорядковану НАН України. Заступника директора інституту з загальних питань І.А. Процикевича делеговано на реалізацію цього непростого і відповідального завдання. Підлітковий період УАРНЕТ закінчувався, розпочиналося доросле життя.

Державне підприємство НТЦ «УАРНЕТ» ІФКС НАН України

Таким чином, 20 листопада 1998 року Постановою Президії НАН України № 405 «Про створення у Львові Науково-телекомунікаційного центру „Українська академічна і дослідницька мережа“ Інституту фізики конденсованих систем НАН України» започатковано новий етап у розвитку УАРНЕТ. 5 січня 1999 року створено НТЦ УАРНЕТ ІФКС НАН України, як окрему юридичну особу, і його директором став І.А. Процикевич.

Насправді початок діяльності підприємства був зовсім непростий: попри добре знаний (серед науковців) бренд і набутий досвід, ситуація з фінансовим і матеріальним забезпеченням виглядала сумною. НАН України не могла на-

дати якусь допомогу, бо сама була недофінансованою, не вистачало грошей навіть на зарплати. Тому основним рушієм став ентузіазм і наполегливість того десятка осіб, які стали першими працівниками вже окремого підприємства.

У той же час (1998 р.) відбувалися кардинальні зміни в українському інтернеті, фактично починав творитися його український сегмент. Інтернет перетворювався з елітарного зв'язку для обмеженого кола науковців на зручний спосіб комунікації як з міжнародними, так і з українськими структурами. Інтернет також зробив можливим оперативне (швидке) отримання інформації, не відлучаючись від робочого місця (альтернатива пошуку інформації в бібліотеках, що займав багато зусиль і часу). Інтернет починав ставати комерційно привабливим. Усе це спричинило реальну конкуренцію на ринку інтернету України. І це відбувалося на фоні як кадрової кризи, коли спеціалістів-інженерів, підготовка і становлення яких відбувалися в УАРНЕТ від студентів до кваліфікованих працівників і їх «розбирали, як гарячі пиріжки» комерційні фірми Києва та Львова, так і фінансової кризи кінця 1998 р., коли курс долара раптово зріс удвічі.

Через різке підняття курсу долара виникли значні (як на той час — величезні — 26 тис. доларів США) борги перед Шведською космічною корпорацією, яка забезпечувала супутниковий зв'язок зі Стокгольмом, та перед мережею університетів Скандинавських країн NORDUNet, яка надавала для потреб УАРНЕТ порт інтернету в Стокгольмі і забезпечувала транзит ІР-трафіку по всьому світу. Особливо критична ситуація склалася в кінці лютого 1999 р., коли УАРНЕТ отримав факсограму від Шведської космічної корпорації про виключення сигналу супутникового зв'язку 9 березня 1999 р., якщо до цього часу борг не буде погашено.

Коштів на рахунку для погашення боргу не вистачало. Комерційні банки, які з задоволенням надавали кредити для приватного бізнесу, категорично відмовилися від кредитування ДП НТЦ УАРНЕТ через його статус державного підприємства. У цій складній ситуації допомога і підтримка була отримана від друзів ІФКС НАН України — колишніх працівників його структурних підрозділів. Дізнавшись від директора ДП НТЦ УАРНЕТ про фінансові труднощі, ректор Львівського університету імені Івана Франка професор І.О. Вакарчук прийняв непросте рішення про авансову оплату за послуги інтернету для університету на рік вперед (до кінця 1999 р.). Завдяки отриманим коштам вдалося не лише погасити борг перед шведами, але й підняти швидкість зовнішнього каналу від 256 кб/с до 384 кб/с.

Це збільшення швидкості стало принципово важливою інвестицією, оскільки забезпечило «фазовий перехід» у наданні послуг ДП НТЦ УАРНЕТ. Починаючи від 9 березня 1999 р. до сьогодні зовнішні канали інтернету мають достатню ємність, щоб трафік проходив через них без жодних обмежень, тобто без 100-відсоткового завантаження. Це забезпечує високу якість (і швид-

кість) зв'язку, без втрат пакетів (інформації). Першими цей «фазовий перехід» відчували науковці ІФКС НАН України, які перебували у відрядженні в закордонних наукових центрах: віддалений доступ з-за кордону до сервера ІФКС НАН України у Львові став тривати 160 мсек замість декількох хвилин, як це було раніше.

На той час основним видом послуг було надання інтернету за додзвonom, коли зв'язок зі сервером провайдера відбувався через звичайний телефон. Оскільки на той момент у Львові вже було 5–6 компаній-конкурентів, насамперед Укртелеком як державний монополіст, а також Інфоком, ЛІТех, Вертеп, Софtronік, то ДП НТЦ УАРНЕТ повинен був виробити для себе основні за-сади провадження бізнесу і позиціювання на ринку. Було прийнято рішення, що послуги повинні бути максимально якісними, а інформація максима-льно правдивою. Таким чином, виникала максимальна довіра до тих послуг, які надавалися.

У результаті такої політики через два роки ДП НТЦ УАРНЕТ стало у Льво-ві найкрупнішим провайдером: у 2001–2002 роках за кількістю ліній додзвону та користувачів він перевищував показники усіх провайдерів Львова й обла-сті разом узятих. У цьому свою роль відіграла також реклама. Налагодилася співпраця з усіма газетами, з Радіо Люкс, зі Львівською хвилею і багатьма ін-шими. Також проводилися різноманітні акції. Наприклад, в установах Львова розповсюджувалися картки-листівки з годинними безкоштовними доступа-ми до інтернету. На той час година інтернету коштувала 4 гривні 20 копійок, що не так вже і мало (сьогодні це близько 50 гривень). Такі тестові карточки давали свій результат, оскільки приходили нові потенційні користувачі.

Взагалі інтернет-технології є дуже динамічними і вимагають швидкого реагування провайдерів. Так, послуга з додзвону перестала працювати у 2004 році, тому що існуюче на той час програмне забезпечення вимагало швид-шого інтернету. Відтак стали актуальними послуги інтернету за виділеною лінією, яка бралася в операторів зв'язку. Монополістом на первинні мере-жі в Україні був Укртелеком і саме в нього необхідно було купувати цю по-слугу. Слід зауважити, що на той час інтернет був усе ще дорогим (хоча вже не таким, як у 1999 році, коли 64 Кбіт/с коштували 2 тис. доларів США, ті ж 64 Кбіт/с коштували 300–400 доларів у місяць; це сьогодні ціна 1 Мбіт/с скла-дає до 10 гривень). Тому нові часи вимагали нових підходів.

Академічна мережа обміну даними

ДП НТЦ УАРНЕТ стало головним ініціатором і виконавцем рішення Комі-тету з питань освіти та науки Верховної Ради України від 30 червня 2005 р. № 106 про створення високошвидкісної академічної волоконно-оптичної ме-режі НАН України та її підключення до Європейської академічної мережі GEANT. За прийнятою концепцією побудови Академічної мережі обміну да-

ними (АМОД) НАН України її основною метою стало створення інфраструктури, яка надає можливість установам НАН України вийти на сучасний європейський рівень інформаційного забезпечення. АМОД забезпечила швидкісний обмін даними між установами НАН України і розвиток інформаційних ресурсів НАН України. Це надало доступ науковцям та освітянам України до ресурсів глобальних мереж, сприяло їх інтеграції до міжнародних наукових і освітніх інституцій.

В основу побудови АМОД покладено використання сучасних волоконно-оптичних технологій. Усю магістральну, а також регіональні мережі передачі даних АМОД збудовано і спроектовано на основі кільцевої топології, що забезпечує надійне функціонування мережі та динамічне керування інформаційними потоками. Це гарантує також гнучкий рівномірний перерозподіл завантаження різних її гілок.

Запроектована (і реалізована) ДП НТЦ УАРНЕТ магістральна мережа забезпечує передачу даних між науковими центрами НАН України в напрямку Львів — Київ — Суми — Харків. На цих напрямках встановлено сучасне обладнання та розгорнуто високопродуктивну DWDM (Dense Wave Division Multiplexing) систему передачі даних, яка, завдяки високоточному обладнанню і технології спектрального (оптичного) ущільнення, дає можливість організувати багато окремих (розділених на частотному рівні) каналів в оптичному волокні та, відповідно, багатократно збільшити пропускну здатність волоконно-оптичних каналів.

На базі DWDM системи було збудовано канали для зв'язку за напрямками Рава-Руська — Львів, Львів — Київ, Київ — Суми і Суми — Харків. Кожен із каналів забезпечує швидкість передачі даних $N \times 10$ Гбіт/с, де N — кількість окремих розділених і оптично ущільнених каналів в оптичному волокні, а також DWDM-канали зв'язку за напрямками: Харків — Донецьк⁶, Донецьк⁶ — Дніпро, Дніпро — Київ, Дніпро — Сімферополь⁶, Сімферополь⁶ — Одеса, Одеса — Львів на орендованих в інших магістральних операторів волокнах та каналах зв'язку.

Архітектура магістральної мережі передачі даних АМОД об'єднує в собі вузли першого рівня в наукових центрах НАН України, а саме: вузол в Президії НАН України (Київ), у ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» (Харків), у Державному університеті інформатики та штучного інтелекту (Донецьк⁶), в Інституті проблем природокористування та екології (Дніпро), у Таврійському національному університеті ім. В.І. Вернадського (Сімферополь⁶), у Фізико-хімічному інституті ім. О.В. Богатського (Одеса), у Львівському національному університеті імені Івана Франка (Львів), у ДП НТЦ УАРНЕТ (Львів).

⁶Починаючи від 2014 р. (після анексії Криму та окупації Донецька і Луганська), вузли та канали в тимчасово окупованих регіонах виведені з експлуатації.

До магістральної мережі під'єднано регіональні мережі. Кожна регіональна мережа передачі даних об'єднує опорні вузли 2-го рівня, розташовані в обласних центрах, що належать до відповідного наукового центру чи розташовані в місцях компактного розміщення установ НАН України у великих містах. Наприклад, у Києві опорні вузли функціонують в Інституті металофізики, Інституті електродинаміки, Інституті програмних систем, Інституті фізики, Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії, Інституті експериментальної патології, онкології і радіобіології та в Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського.

Загалом АМОД здатна забезпечити обмін інформацією між магістральними та регіональними центрами на швидкості $N \times 10$ Гбіт/с. На основі АМОД забезпечується функціонування Державної та академічної програм «Український національний ґрид». Високошвидкісні канали АМОД забезпечують взаємодію між суперкомп'ютерами та GRID-кластерами НАН України і закордонними науковими центрами. АМОД дає змогу користуватися інформаційними ресурсами всесвітньої комп'ютерної мережі та брати участь у міжнародних наукових проектах, забезпечуючи тісну співпрацю з науковцями європейських та інших країн, реалізацію спільних наукових проектів, об'єднання інформаційних ресурсів, суперкомп'ютерів, кластерів.

Сучасні апаратні та організаційні засоби інформаційної безпеки, що використовуються в АМОД, розроблено з урахуванням можливості забезпечення максимального захисту ресурсів мережі від несанкціонованого доступу, вірусної активності, спаму. Адміністратори мережі відслідковують вірусну активність, активність розсилання спаму та здійснення DoS-атак. Антивірусне та антиспамівське програмне забезпечення встановлено на поштових серверах мережі. З метою захисту від несанкціонованого доступу на вузлах усіх рівнів встановлено програмні та апаратні засоби безпеки.

Розпорядженням Президії НАН України № 34 від 28.01.2008 р. офіційним оператором Академічної волоконно-оптичної мережі обміну даними НАН України визначено Державне підприємство Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» Інституту фізики конденсованих систем НАН України.

Магістральний провайдер

Починаючи від 2007 року, ДП НТЦ УАРНЕТ вибрало стратегію позиціонування себе на ринку як магістрального провайдера інтернету. Таких в Україні є зовсім небагато. В результаті розбудовано первинну мережу по всій Україні, створено повноцінні технічні майданчики (вузли) у всіх обласних центрах, які з'єднані між собою швидкісними (10–100 Гб/с) каналами зв'язку, а також технічні майданчики у Франкфурті (Німеччина) та Варшаві (Польща), що забезпечує надійність і високу ефективність функціонування мережі.

Усі власні технічні майданчики (вузли) у всіх обласних містах України включено до мережі не менше, ніж двома 10-гігабітними каналами різними трасами — для забезпечення резервування в разі пошкодження чи розриву оптики. Найвні також прямі канали за межі України як на Захід, так і на Північ, тому в центральних вузлах розміщено потужні маршрутизатори, що оптимізують потоки інформації.

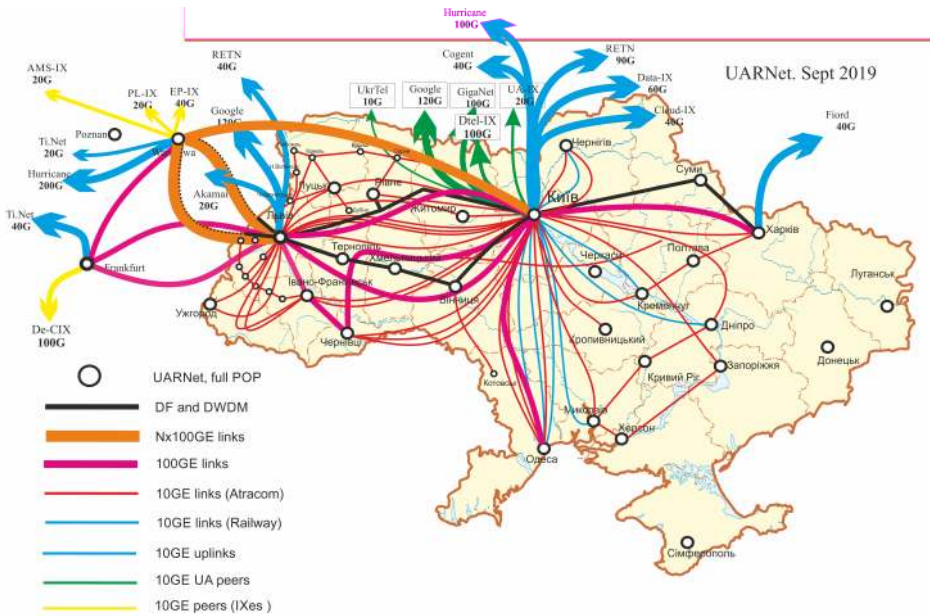


Рис. 2. Карта топології магістральної телекомунікаційної мережі ДП НТЦ УАРНЕТ станом на 1.10.2019 р.

Управління всією мережею ДП НТЦ УАРНЕТ здійснюється з центрального офісу у Львові, який адмініструє кожен із вузлів, які знаходяться як на території України, так і за її межами, зокрема у Франкфурті й у Варшаві. Працездатність вузлів на всіх рівнях забезпечує висококваліфікований персонал, професійність якого зростає разом із мережею УАРНЕТ.

Станом на вересень 2019 року ДП НТЦ УАРНЕТ, як магістральний інтернет-оператор, входить до трійки найкрупніших провайдерів України. Його високошвидкісні оптичні магістралі та включення відповідають вимогам сучасних інтернет-технологій. Загальна ємність каналів доступу до глобального інтернету складає понад 700 Гбіт/с. ДП НТЦ УАРНЕТ має власні зовнішні канали доступу до більшості сегментів глобальних інформаційних мереж інтернету, зокрема до українських точок обміну трафіком «UA-IX», «DTEL-IX»,

«Giganet» (сумарна швидкість — понад 200 Гбіт/с), до європейських точок обміну трафіком «De-Cix», «AMS-IX», «PL-IX» та «EPIX», а також до мереж міжнародних операторів «GTS», «Hurricane Electric», «RETN», «TiNet», «Cogent», «Pioner».

Табл. 1. Рейтинг інтернет-провайдерів України станом на 02.10.2019 р. (у першій колонці відображено місце у світі, в другій — місце в Україні).

AS Rank Table for 02 Oct 2019									
Rank	Index	AS number	AS name	Country	/24	Pfxs	ASes	Degree/Upstreams/Peering	Updates/Withdr/WithdrRate
75	1	3326	VOSTOK-UA, CIT "Vostok"	UA	4485	2022	478	231/3/12	60 674/1739/0.388
99	2	3255	UarNet	UA	3806	1333	335	188/5/16	33 213/3873/1.018
101	3	35320	ETT	UA	6122	2304	330	148/2/15	24 238/1287/0.210
119	4	13249	ITSsystems	UA	3784	1009	295	88/4/20	35 526/2106/0.557
149	5	35297	DATALINE Autonomous System	UA	2875	788	237	106/3/19	32 226/528/0.184
181	6	12883	Ucomline	UA	3125	806	188	73/3/14	61 950/3064/0.980
227	7	15772	WNet	UA	1731	406	147	111/0/21	1474/37/0.021
258	8	44901	Filite	UA	3423	1262	125	21/8/3	16 235/1980/0.578
280	9	21219	Datagroup	UA	491	273	116	108/1/0	8454/188/0.383
335	10	52091	Trubnikov Valeriy Muhaylovich	UA	1382	377	96	20/2/8	4945/86/0.062

ДП НТЦ УАРНЕТ забезпечує телекомунікаційні послуги, що включають канали передачі даних та IP-Transit, ними користуються понад десять тисяч користувачів, у тому числі установи органів державної влади (міністерства та органи вищої державної влади, державні адміністрації, міські та обласні ради, податкові інспекції), вищі навчальні заклади (університети, інститути, академії), установи НАН України, державні підприємства, банківські структури та ін. Для наукових і освітніх установ надаються спеціальні умови підключення і доступу до зовнішніх глобальних інформаційних мереж обміну даними та внутрішніх ресурсів. Пропонується широкий спектр технічних можливостей доступу до мережі інтернету з допомогою: локальних мереж (LAN, MAN, PON), радіотехнологій (WiMAX, Wi-Fi), волоконно-оптичних технологій (CWDM, DWDM, з використанням прямого оптичного волокна). На території Західної України ДП НТЦ УАРНЕТ також забезпечує функціонування волоконно-оптичної мережі, що охоплює більшість районних центрів та міст обласного підпорядкування.

За 20 років роботи в сфері інтернет-технологій ДП НТЦ УАРНЕТ сформував структуру, яка відповідає усім вимогам до інтернет-провайдерів; отримав значний досвід у галузі комп'ютерних мереж, цифрової та аналогової передачі даних; надає цілодобову технічну підтримку користувачам (365/7/24); працює з магістральним мережевим обладнанням «Juniper», «Foundry», «Eki-

pops», «Cisco», «НР» та з обладнанням для волоконно-оптичних мереж, а також має свої представництва у Києві та в обласних центрах України.

На закінчення

Попереду нас чекає розвиток інфраструктури нового покоління зі швидкістю 100 Гбіт/с і вище, що вже підтверджуються глобальними проектами в Європі. І ДП НТЦ УАРНЕТ готове до участі в них, маючи можливість використання власної волоконно-оптичної інфраструктури для побудови необхідних 100-гігабітних каналів як всередині України, так і до науково-освітніх мереж Польщі, Білорусі та інших країн — сусідів України.

2019 Map of IPv4 Top 20 Fault Tolerant Countries

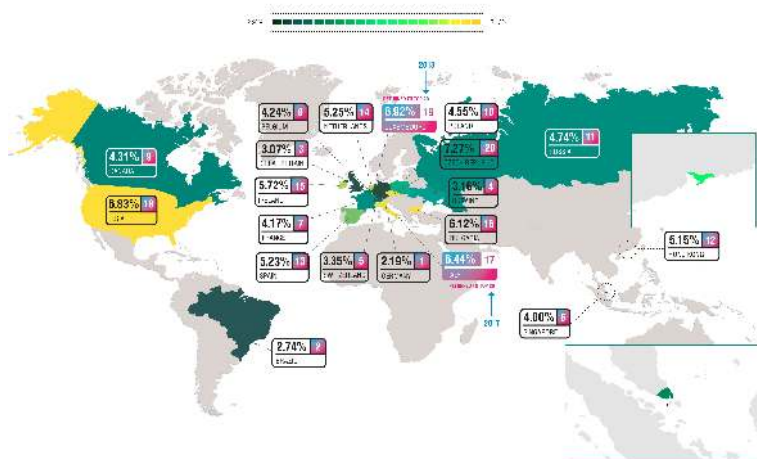


Рис. 3. Карта IPv4 Топ 20 країн за критеріями відмовостійкості (зі Звіту про надійність Інтернет-сегментів за 2019 рік).

Життя і час показали, що вибрана філософія діяльності ДП НТЦ УАРНЕТ є правильною, приносить свої результати в різних напрямках. До прикладу, приємно відзначити, що в 2019 році ДП НТЦ УАРНЕТ стало головною мережею (автономною системою) в Україні за критеріями відмовостійкості, перехопивши пальму першості від мережі Укртелекому. Завдяки зусиллям ДП НТЦ УАРНЕТ в напрямку забезпечення надійності (відмовостійкості) та зв'язності Україна піднялася в рейтингу країн світу з 12-го місця в 2018 році до 4-го місця в 2019 році (див. Дослідження та звіт про надійність Інтернет-сегментів — 20019, URL: <https://habr.com/en/company/qrator/blog/466287/>).

Журнал «Condensed Matter Physics»: становлення, основні етапи розвитку і здобутки

Олеся Мриглод, Оксана Пацаган

Коротка характеристика видання. Історія створення журналу «Condensed Matter Physics» (CMP) бере свій початок від 1990 року — дати заснування Інституту фізики конденсованих систем НАН України і отримання ним дозволу на видання міжвідомчого збірника. Перші два числа міжвідомчого збірника «Condensed Matter Physics»/«Фізика конденсованих систем» вийшли з друку в 1993 році у видавництві «Наукова думка». Від 1994 року його видавцем став Інститут фізики конденсованих систем. У 1996 році збірник офіційно набув статусу журналу. Сьогодні «Condensed Matter Physics» — щоквартальний науковий англomовний журнал, у якому публікуються оригінальні та оглядові статті зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини.

З моменту заснування журналу перед редакційною колегією CMP стояло завдання створити майданчик для якісного фахового обговорення сучасних проблем статистичної фізики та теорії конденсованої речовини. Цей «робочий проект» насправді виявився доволі непростим та амбітним починанням, що вимагало прийняття іноді нетривіальних рішень від редакційної колегії. Журнал швидко утвердився серед українських фахових видань. Водночас продовжувалася робота над втіленням у життя наміру створити видання міжнародного рівня. У 2003 році журнал отримав визнання Європейського фізичного товариства, а в 2005 році він увійшов до переліку Thomson Scientific Master Journal List, щоб уже в 2008 році отримати свій перший розрахований імпакт-фактор. За щорічними звітами Journal Citation Reports, від моменту свого вхождення в згаданий перелік журнал незмінно перебуває в першій п'ятірці серед усіх наукових видань України, видимих в основній базі Web of Science. Окрім згаданої Web of Science Core Collection, CMP індексується також наукометричним сервісом Scopus, присутній у низці реферативних баз, таких як Chemical Abstract Service (CAS), EBSCO Academic Search Premier, IET Inspec та «Джерело».

Редакційна політика. Високий рівень видання забезпечують кілька складових. В першу чергу, це правильно обрана редакційна політика: вчасні запровадження необхідних нововведень та відповідні зміни формату, переналаштування на новітні схеми розповсюдження та поширення як самих ви-

пусків видання, так і промоційних матеріалів. Так, до усіх статей журналу є повнотекстовий доступ (<http://www.icmp.lviv.ua/journal/Contents.html>). Починаючи із 2011 року, було розпочато співпрацю із системою Crossref (<https://www.crossref.org/>), що дала змогу присвоїти унікальні цифрові ідентифікатори DOI усім опублікованим матеріалам. У той же час було прийнято рішення про синхронізацію роботи із електронним архівом препринтів arXiv.org, що прискорило публікацію матеріалів для широкої аудиторії. Постійно ведеться моніторинг зміни наукометричних показників, визначаються ступінь охоплення читацької аудиторії та позиції журналу серед конкуруючих видань. Це дає змогу коригувати стратегію розвитку видання та приймати відповідні редакційні рішення. У 2009 році сформовано внутрішню бібліометричну базу даних журналу, на основі якої можна аналізувати тематичний профіль та його динаміку, досліджувати взаємозв'язки між авторами тощо.

Звісно, що ядром якісного наукового журналу є експертний відбір та рецензування надісланих матеріалів. Сьогодні редколегія CMP включає 46 провідних спеціалістів із 14 країн світу. Кожен надісланий рукопис спочатку вивчається на предмет відповідності базовим вимогам та спрямованості журналу, а тоді передається одному з відповідальних редакторів, який підбирає відповідних незалежних експертів. Як правило, дві (іноді три) рецензії гарантують якість опублікованих статей.

Важливим фактором у політиці журналу є запровадження редколегією практики публікації, поряд з регулярними випусками, спеціальних випусків, присвячених вибраним проблемам фізики конденсованого стану. Такі тематичні випуски містять запрошені статті авторів-експертів за даною проблематикою. Колекції статей, присвячені фазовим переходам і критичним явищам, термопольовій динаміці, теорії сильно скорельованих систем і високо-температурній надпровідності, колективній динаміці рідин, самоорганізації і колективній поведінці в складних системах — це тільки декілька прикладів спеціальних випусків журналу. Загалом за весь період існування журналу опубліковано близько тридцяти тематичних випусків.

Стратегічні редакційні рішення втілюються за підтримки технічної команди: нові підходи та інформаційні технології сприяють оперативності та зручності редакційних процесів. Скажімо, CMP став першим українським виданням, що повністю базується на видавничій системі L^AT_EX — зручній для підготовки наукових текстів із великою кількістю математичних формул та діаграм. В Інституті розроблено спеціальний пакет стильових файлів, який підтримується та модифікується. У 2013 році здійснено перехід на електронну редакцію із веб-інтерфейсом, що дала змогу спростити комунікацію всіх учасників процесу (авторів, редакторів, рецензентів). Програмний інтерфейс базується на відкритій програмі Open Journal Systems, адаптація якої під потреби CMP також була здійснена силами працівників Інституту.

Заснований як тримовний збірник (можна було подавати статті україн-

ською, російською та англійською), сучасний СМР є повністю англomовним журналом з обов'язковим перекладом основних бібліографічних даних українською мовою. Мовне редагування, у деяких випадках і частковий переклад, а також верифікацію перекладу термінології виконують кваліфіковані спеціалісти.

Потрібно зазначити, що попри забезпечення відкритого доступу, технічні та мовні правки, усі невід'ємні елементи редакційного опрацювання — публікація статей в СМР залишається безкоштовною. Всі витрати покладені на видавця, реалізуючи так звану «діамантову модель» публікації з вільними правами доступу для широкої аудиторії.

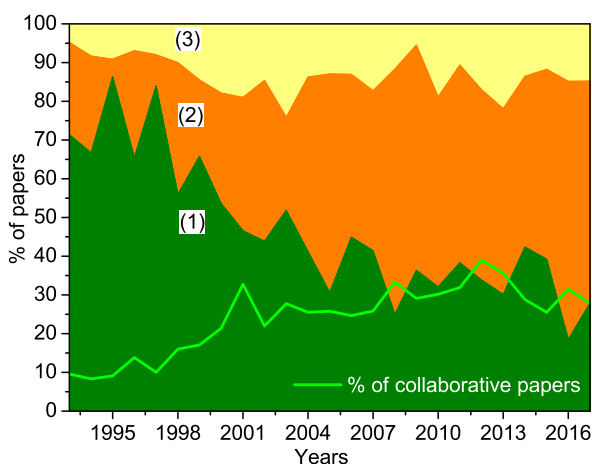


Рис. 1. Частка статей у СМР (1993-2017), всі автори яких були: (1) з України; (2) з закордону, (3) спільно з України та закордону. Лінією показано відсоток усіх міжнародних публікацій, тобто таких, в полі «місце праці» яких було згадано дві або більше різні країни. Рисунок взято з роботи [2].

Коротко про наукометрію. На основі створеної бази даних журналу СМР, а також інформації, отриманої із зовнішніх джерел, у роботах [1, 2] здійснено наукометричний аналіз журналу. Тут ми представляємо окремі результати цього аналізу, що характеризують мережу співавторства, структуру міжтематичних зв'язків та їх динаміку, а також відвідуваність офіційної веб-сторінки журналу.

Щороку в журналі СМР друкується в середньому близько 58 статей. Загалом у базі за 25 років (1993–2017) нараховано 1282 публікації 1666 авторів.

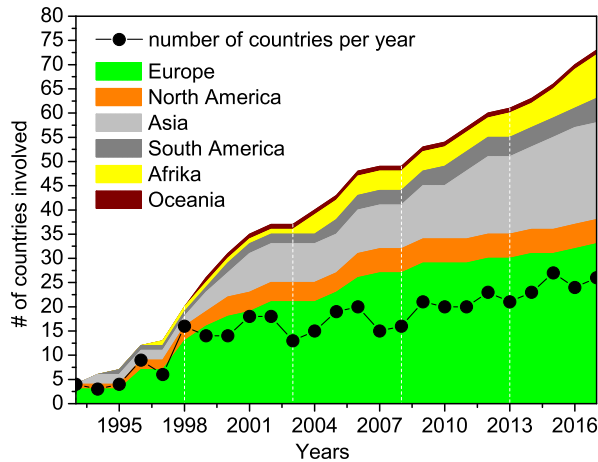


Рис. 2. Зміна географії авторів журналу CMP з часом від 1993 до 2017 року: (кольорові області) — щорічна кумулятивна кількість країн з різних частин світу; (символи) — щорічна кількість різних країн. Рисунок взято з роботи [2].

Близько 1/5 робіт є одноосібними (і це число зменшується, відображаючи сучасну тенденцію в науці). З іншого боку, нетиповими є дуже великі авторські колективи: лише 13 статей належать авторству більше 6 осіб. В середньому 2 співавтори на статтю у CMP — типовий показник для теоретичних наукових робіт, зокрема, з фізики. Загалом про відсутність великих авторських колективів можна судити і з мережі співавторства: вона є досить розрідженою, близько 7% всіх авторів представлені ізольованими вузлами (тобто не мали спільних публікацій з іншими у CMP за 25 років), невелика частка авторів має від 10 до 27 співавторів у журналі, а в середньому на одного автора припадає 3 співавтори.

На початку історії журналу більшість його статей (60–70%) мали відношення до Інституту (установи-видавця). Проте з часом частка так званих «домашніх» публікацій зменшилася і нині коливається на рівні 20%. Така тенденція вважається ознакою доброго видання та може свідчити про розширення його географії. Ще одне підтвердження інтенсивності співпраці у CMP можна побачити на рисунку 1.

Географія публікацій. Автори 72 іноземних країн публікували свої роботи починаючи від 1993 і до 2017 року. Найчастіше зустрічаємо статті, де серед афіліацій згадуються Польща (117 статей), США (109), Франція (84) та Росія

(68). На рисунку 2 показано, скільки країн з різних частин світу щорічно фігурували в журналі СМР.

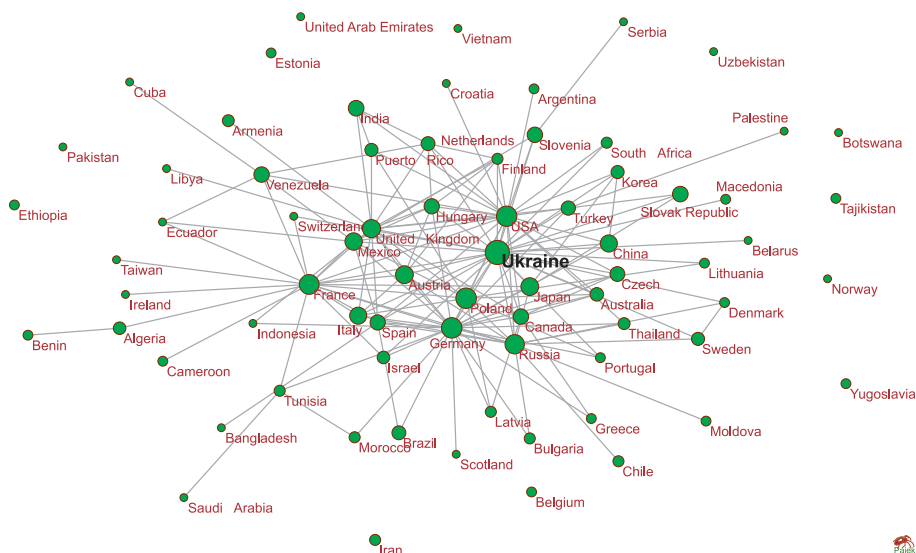


Рис. 3. Незважена мережа співавторства на рівні країн у журналі СМР: вузли позначають країни, а зв'язок позначає, що була хоча б одна стаття, де згадувалися дві країни у полі місця праці авторів. Величина вузла пропорційна до загальної кількості статей авторів з відповідної країни. Рисунок взято з роботи [2].

Загалом, 74% усіх публікацій у СМР відносяться лише до однієї країни, близько 21.5% — до двох, і 4.5% мають ширший спектр міжнародної співпраці; у полі афіліацій авторів однієї статті згадуються шість різних країн. Характеристики такої міжнародної співпраці у рамках видання можна дослідити, побудувавши мережу співпраці: вузли представляють країни, а зв'язки між ними означають наявність публікацій у СМР, де обидві країни згадувалися одночасно. Навіть лише візуальний огляд цієї мережі (рисунок 3) дає змогу побачити, які країни найбільш активно залучені до публікацій у СМР. Природно, найбільшим габом (вузол із виразно більшою кількістю зв'язків) є Україна, яка пов'язана зв'язками співавторства із 31 іншою країною. Далі, в порядку зменшення кількості зв'язків, знаходимо Німеччину (співавторство із 28 країнами), США (25), Францію (20), Великобританію (18) та Росію (15). Ці ж країни займають найбільш стратегічно важливі позиції у мережі співпраці з точки зору різних мережевих характеристик на зразок посередництва центральності чи близькості. Більшість країн належать до єдиної компоненти зв'язності — тобто у мережі існують ланцюжки, що їх з'єднують між собою.

Натомість 12 із 74 країн представлені ізольованими вузлами як не залучені до міжнародної співпраці (у контексті CMP).

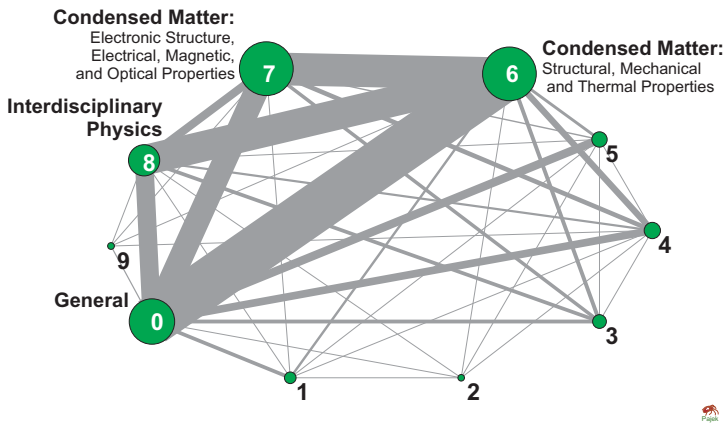


Рис. 4. Зважена мережа номерів PACS (враховується лише початок індекса, до першої крапки) що спільно використовувалися у статтях CMP. Величина вузла пропорційна до загальної кількості статей, де згадувалися відповідні номери PACS. Товщина ліній пропорційна до кількості статей, де спільно використовувалась пара індексів. Рисунок взято з роботи [2].

Тематика. База даних CMP дає змогу також кількісно описати тематичний профіль журналу, перевірити, наскільки він відповідає початковому завданню і наскільки динамічним є спектр напрямків. Згідно з редакційними правилами, автори зобов'язані підібрати від одного до шести найбільш відповідних тематичних індексів за класифікацією PACS американського Інституту фізики (Physics and Astronomy Classification Scheme). Таким чином, можна аналізувати як частоту використання тих чи інших номерів, так і активність їх співвикористання (коли індекси використовуються у одній статті). Так, до першої п'ятірки номерів PACS, що найчастіше маркують статті у CMP, увійшли: 05.50.+q «Теорія ґраток та статистика (Ізінг, Потс, тощо)» (у 54 статтях); 61.20.Ja «Комп'ютерні симуляції рідкої структури» (54); 61.20.Gy «Теорія та моделі рідкої структури» (48); 75.10.Nk «Класичні спінові моделі» (44); 77.80.Bh «Фазові переходи та точка Кюрі» (43). Врахування лише першої частини ієрархічних індексів дає змогу визначити домінуючі дисциплінарні ділянки: 6 «Конденсована речовина: структурні, механічні та термічні властивості» та 7 «Конденсована речовина: електронна структура, електричні, магнітні та оптичні властивості», що повністю відповідає початковому паспорту журналу. Наступні у рейтингу дисциплін — 0 «Загальні питання» та 8 «Міждисциплінарна фізика та пов'язані ділянки науки та технологій», при цьому

частка останньої поступово збільшується з часом. Про взаємну спорідненість тематичних ділянок говорить аналіз мережі, показаної на рисунку 4 — перші цифри індексів PACS позначені вузлами, а зважений зв'язок між ними означає, що відповідні номери були спільно згадані у публікаціях СМР. Звідси можна зробити висновок про те, що найбільш типовими є трикутники: 0–6–7 та 0–6–8.

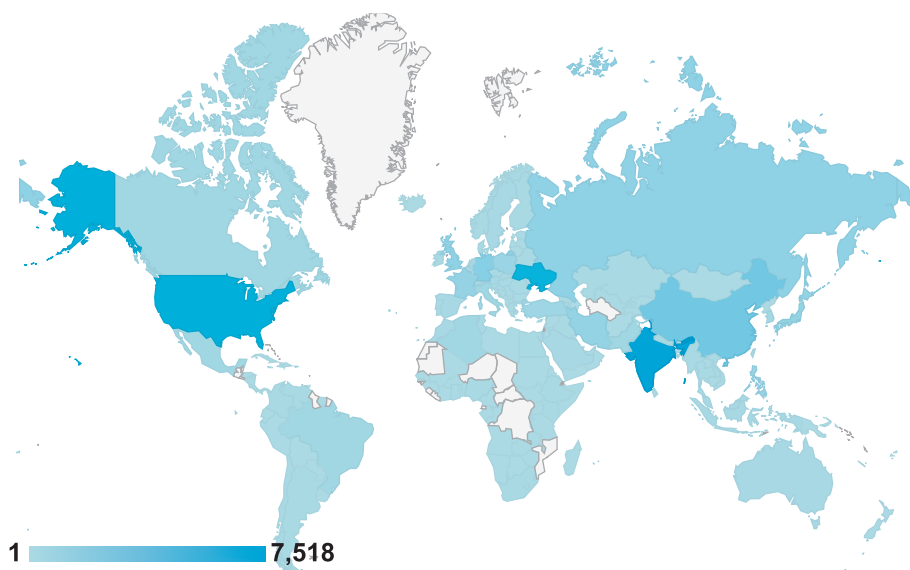


Рис. 5. Географія відвідувачів офіційної веб-сторінки журналу СМР згідно із даними Google Analytics за період між 22 травня 2011 та 17 лютого 2018 року. Рисунок взято з роботи [2].

Запобігання видання. Окрім даних, що можуть бути отриманими безпосередньо із публікацій СМР, корисною є інформація із зовнішніх джерел: статистика цитувань публікацій СМР у інших роботах, альтметрики (вподобання у соцмережах, закладки у онлайн менеджерах, тощо), а також — статистика використовуваності онлайн матеріалів. До останніх відносимо як кількості завантажень повних текстів статей, так і лічильники відвідуваності офіційної журнальної веб-сторінки користувачами. На рисунку 5 показано географічний розподіл останніх згідно із даними Google Analytics. Бралися до уваги перегляди сторінок зі змістами випусків журналу, опублікованих з 2011 року. На карті можна побачити, що за кількістю потенційних читачів виділяються Індія, Україна та США, за якими слідують Китай, Німеччина, Росія, Великобританія, Японія, Іран та Франція.

Підсумовуючи, можна однозначно констатувати, що журнал «Condensed Matter Physics» займає високу позицію у рейтингу українських наукових журналів, а також має хороші перспективи для свого подальшого розвитку.

Література

1. O. Mryglod, Yu. Holovatch, Towards journalometrical analysis of a scientific periodical: a case study, *Condens. Matter Phys.*, 2007, Vol. 10, No 2(50), 129–141.
2. O. Mryglod, Scientometric analysis of Condensed Matter Physics journal, *Condens. Matter Phys.*, 2018, Vol. 21, No 2, 22801: 1–18.

Обчислювальний кластер ІФКС: створення, розвиток і сьогодення

Тарас Пацаган

Розвиток комп'ютерних технологій, ріст потужності обчислювальної техніки з використанням паралельної архітектури та розробка спеціальних методів комп'ютерного моделювання фізичних і хімічних процесів зумовили зростання потреб наукових установ у доступі до високопродуктивних обчислювальних ресурсів. Детальні дослідження структурних і динамічних властивостей складних систем, вивчення фазових переходів, моделювання кінетики згортання протеїнів на атомному рівні, опис хімічних реакцій за допомогою методів Монте Карло та молекулярної динаміки неможливо провести за реальний розрахунковий час, використовуючи лише персональний комп'ютер. Тому загальноприйнятою у провідних наукових центрах світу стала практика побудови власних обчислювальних кластерів або отримання доступу до суперкомп'ютерних центрів. Їхнє використання дозволяє пришвидшити розрахунки на порядки, порівняно з часом, необхідним для тієї ж обчислювальної задачі на звичайних персональних комп'ютерах.

Слід розуміти, що часто в сучасних умовах обчислювальна техніка для фізика-теоретика — це такий же необхідний інструментарій як експериментальна установка для фізика-експериментатора. Тому через суттєве відставання академічної науки України в ділянці розвитку обчислювальної техніки в порівнянні зі західними країнами, а тепер навіть зі східними, якщо говорити про Китай, існує реальна загроза втратити цілі напрямки дослідницької діяльності українських вчених, в яких вони все ще намагаються утриматись на передньому краї. Адже без потужних обчислювальних ресурсів будь-якій установі, що займається теоретичними дослідженнями, важко, а в багатьох випадках неможливо виконувати свою роботу та створювати конкурентний науковий продукт. Ця обставина є також однією з вагомих причин, що змушує науковців покидати Україну, щоб реалізуватися на Заході, а молодих фахівців відштовхує від науки через відсутність перспективи. Як науковий керівник може поставити задачу для аспіранта, якщо він не має на чому цю задачу виконувати? Як молодий спеціаліст має навчитися виконувати завдання, що потребують значних обчислювальних ресурсів, якщо він з ними не має справи? В той же час, в іншому куточку світу молодий вчений без проблем отримує доступ до потужних кластерів і для нього робота на кластері стає звичною рутинною. Як викладач має навчати студентів в університеті методам комп'ютерного моделювання, якщо він сам ніколи не мав змоги проводити розрахунки на суперкомп'ютерах чи кластерах? Ці питання вини-

кли уже зо два десятки років тому з появою нового покоління різного роду суперкомп'ютерів. Цьому сприяли, з одного боку, швидкий розвиток нових інформаційних технологій, які суттєво зменшували вартість побудови високоефективних обчислювальних систем, а з іншого — ріст функціональних характеристик і потужності окремих їхніх складових при майже незмінній ціні. Важливим стимулюючим фактором стали також відповідні пакети з програмним забезпеченням, які поширювалися безкоштовно. Саме тоді широкої популярності набули обчислювальні кластери на базі операційної системи Linux, які можна було будувати з персональних комп'ютерів або потужних серверів, об'єднаних мережею. Об'єднані в кластер такі розділені компоненти працювали вже як одне ціле.

Етап перший: від ідеї до кластера

На початку 2001 року в Інституті фізики конденсованих систем НАН України (ІФКС) у рамках співпраці з Міжгалузовим науково-технічним центром «Укриття» НАН України прийнято рішення — створити обчислювальний кластер. Я тоді навчався на останньому курсі фізичного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка (ЛНУ) і готував свою дипломну роботу в ІФКС. Оскільки мої дослідження вимагали проведення значних обчислювальних робіт, в тому числі і методами комп'ютерного моделювання, я на власному досвіді відчув необхідність доступу до потужніших обчислювальних ресурсів. Крім того, я планував поступати в аспірантуру ІФКС, тому був надзвичайно зацікавлений у реалізації цього проекту. Але постало питання, як саме побудувати обчислювальний кластер, як організувати його роботу, щоб можна було максимально ефективно та зручно використовувати його ресурси, а найголовніше — хто займеться його налагодженням. В Україні тих часів уявлення про обчислювальний кластер було насправді дуже новими, а отже і фахівців у цій ділянці не було. Знаючи мій попередній досвід в ІТ проектах, керівництво Інституту запропонувало мені і моєму колезі Костянтиніві Шпунту, який тоді навчався на факультеті прикладної математики ЛНУ, вивчити це питання і братися до роботи. У нас уже були певні навички і невеликий досвід адміністрування багатокористувацьких платформ на базі Linux серверів, однак це не мало жодного стосунку до обчислювальних кластерів. Тому нам довелося вчитися практично з нуля, опановувати відповідну літературу та шукати інформацію в інтернеті. Не завжди інформація була вичерпною, тому доводилося самому вибирати ті чи інші варіанти, пробувати та помилятися і ще раз пробувати. Це сьогодні можна знайти рішення для обчислювальних кластерів просто «з коробки», а інтернет переповнений інформацією з цієї теми. Крім того, за останні роки для організації роботи кластера з'явилося багато нового програмного забезпечення, яке працює стабільно і злагоджено, а також добре задокументоване.

Та й техніка стала надійнішою. Але тоді все було набагато складніше.

Проектування кластера складається з двох основних частин — це апаратне і програмне забезпечення. Перед нами стояло завдання побудувати багато-користувацьку високопродуктивну кластерну систему, яка мала працювати в режимі 24/7. Це означало, що така система мала б стабільно функціонувати для користувачів як одна багатопроцесорна машина, до якої користувачі мали б мати доступ у будь-який час протягом доби. А це, в свою чергу, накладало низку важливих вимог. Зокрема, від самих вузлів кластера та його інфраструктурних елементів вимагалось:



- вузли повинні бути серверного типу, оснащені потужними процесорами (не менше двох на вузол) та великим об'ємом оперативної пам'яті;
- вузли необхідно змонтувати в серверну стійку;
- для забезпечення належного охолодження серверну кімнату потрібно обладнати потужною вентиляцією та кондиціонером;
- координуюча машина повинна мати жорсткий диск великого об'єму, оскільки основна частина даних користувачів буде знаходитись на ньому;
- вузли необхідно об'єднати внутрішньою мережею, що обслуговується швидким і якісним мережевим комутатором;
- вхід на кластер здійснюється виключно через координуючий сервер, який, в свою чергу, підключений до локальної мережі інституту та має прямий вихід до інтернету.

Ці вимоги до кластерів є загальними і досі залишаються актуальними. Також важливо зробити оцінку співвідношення ціна/продуктивність для ряду компонент, а головне — для процесорів. Так, виходячи з тогочасних пропозицій на ринку, вибір було зроблено на користь двопроцесорних серверів AMD Athlon MP 1500+. На базі цих серверів встановлено вісім 4-юнітних вузлів із 1 Гб оперативної пам'яті кожен, а також ще один вузол, який виконував роль координуючої машини. Вузли знаходилися у двох 42-юнітних шафах, об'єднаних мережею Fast Ethernet. Для захисту кластера від збоїв в електромережі встановлено блоки безперебійного живлення.

Щодо програмного забезпечення, то за базову операційну систему вибрано Red Hat Linux. Для розподілу користувацьких задач на різні вузли інтегровано систему Mosix (<http://www.mosix.org>). Завдяки їй мережа комп'ютерів кластера перетворювалася в аналог сучасної багатоядерної машини, оскільки

Mosix забезпечувала можливість міграції процесів задач між вузлами та автоматичне їх балансування, що суттєво спрощувало користування кластером. Для запуску паралельних програм використовувався MPICH, який є безкоштовною реалізацією MPI⁷. Також було встановлено систему організації запуску задач PBS (OpenPBS)⁸.

На кінець 2001 року нам вдалося зібрати, успішно запустити кластер та продемонструвати його роботу. Результати тестів Linpack показали пікову продуктивність кластера 12.5 ГФлопс⁹, при теоретично можливій — 34 ГФлопс¹⁰. Сьогодні ці цифри викликають посмішку, але на той час це було вже досить непогано. На те, щоб потрапити в ТОП-500 суперкомп'ютерів світу, ми не претендували і до ТОП-50 СНГ ми також не дотягували. Але в межах України ми були одними з перших. Трохи раніше, у тому ж 2001 році, в Обчислювальному центрі Київського національного університету імені Тараса Шевченка було побудовано кластер, який об'єднував чотири двопроцесорних вузли на базі процесорів Intel PIII-933. У НАН України ми стали першими.



Після випробувального періоду на початку 2002 року кластер ІФКС був запусканий у повноцінну експлуатацію. Таким чином, кластер ІФКС став першим в НАН України і найпотужнішим в Україні. І цю першість він зберігав

⁷MPI (Message Passing Interface) — стандарт програмного інтерфейсу комунікаційних бібліотек для створення програм у моделі передачі повідомлень (message passing) між процесами, які виконують одну роботу. Використовується для розробки паралельних програм на мовах C/C++ і Fortran. Популярні безкоштовні та з відкритими джерельними кодами програмні реалізації цього стандарту на сьогодні: MPICH, OpenMPI, LAM/MPI, Mvapich.

⁸PBS (OpenPBS) — одне з програмних рішень планувальника задач, менеджера розподілених ресурсів для обчислювальних кластерів, що працюють на операційній системі Linux. Крім того, є відомі інші, як Torque, SLURM, SGE.

⁹ГФлопс — або GFlops = 109 Flops, ТФлоп = 1012 Flops (англ. FLOPS — Floating Point Operations Per Second, тобто «операцій з плаваючою комою на секунду») — одиниця вимірювання швидкодії (продуктивності) обчислювальних пристроїв, особливо в галузі наукових обчислень. Стандартні програми, за допомогою яких проводять оцінки продуктивності, є Linpack і HPL (<http://www.netlib.org/benchmark/>). За результатами тестів HPL формується список ТОП-500 найпотужніших суперкомп'ютерів в світі.

¹⁰Теоретична пікова продуктивність (Rpeak) — ідеалізована номінальна продуктивність обчислювальних ресурсів без врахування багатьох супроводжуючих факторів. В одиницях Flops можна порахувати за приблизною формулою $p = f \cdot k \cdot n$, де f — частота процесора, k — кількість операцій за один такт процесора, n — кількість ядер в процесора. Для прикладу, вважається, що ядро процесорів Intel Xeon 5130 теоретично може виконувати $k = 4$ операцій. Для 32-розрядних процесорів приймається, що $k = 2$.

декілька років, поки в Україні не почали створюватись інші кластери. Деякі з них були в багато разів потужніші, наприклад, два кластери Інституту кібернетики НАН України, що були створені в кінці 2004 р. із сумарною піковою продуктивністю близько 500 ГФлопс, чи суперкомп'ютер КПП, запущений у 2006 р. із обчислювальними потужностями 2000 ГФлопс. З того часу кластер ІФКС НАН України активно використовується для дослідження структурних та динамічних властивостей рідин, твердих тіл та лавоподібних паливовмісних матеріалів методами комп'ютерного моделювання молекулярної динаміки та Монте Карло.

Ефективний лише той кластер, який постійно модифікується

Кластер декілька разів оновлювався. Зокрема, було оновлено його процесори до AMD Athlon MP 2200+, також додавалися нові вузли з такими ж процесорами. У 2005 р. з'явилися двопроцесорні вузли на базі 64-розрядної архітектури AMD Opteron 246. На заміну мережі Fast Ethernet прийшла мережа Gigabit Ethernet, що обслуговувала обмін даними між процесами паралельних задач, а Fast Ethernet залишилась виконувати сервісні функції кластера. Таким чином, на початок 2006 року кластер ІФКС складався вже із 19 вузлів (загалом 38 процесорів). На кожному вузлі було доступно 2 ГБ оперативної пам'яті. Максимальне значення продуктивності, що було досягнуте при тестуванні за допомогою High Performance Linpack (HPL), становило приблизно 62 ГФлопс, при максимальній теоретичній продуктивності кластера 135 ГФлопс. На вузлах кластера було встановлено вільно-розповсюджувану операційну систему Linux на базі дистрибутивів Red Hat 8 та Fedora Core 3 x86_64. Як компілятори, окрім стандартних компіляторів GCC, використовувалися компілятори від компанії Portland Group.

Чотири роки інтенсивної експлуатації кластера ІФКС показали перспективність цього проекту. За цей час суттєво зросло число користувачів і розширилося коло задач, що виконувалися на цій платформі. Крім того, у 2005 році в ІФКС НАН України створено окремий комп'ютерний клас із доступом до ресурсів кластера, де читаються спеціальні курси для студентів Національного університету «Львівська Політехніка». Знову гостро постало питання про необхідність наступної модернізації кластера, спрямованої як на покращення сервісного забезпечення, так і на суттєве збільшення його обчислювальних можливостей. На той час мій колега, з яким я починав займатися інститутським кластером, повністю зосередився на ІТ-індустрії і став доволі успішним підприємцем. Натомість до команди приєднався Олег Фаренюк, з яким ми обслуговуємо кластер донині.

Кластер ІФКС в українському гріді

За останніх 15 років яскраво прослідковується світова тенденція укрупнення суперкомп'ютерних центрів, створення партнерських об'єднань. У середині 2000-их набули широкої популярності грід-технології, зокрема грід-технологія застосовується для моделювання та обробки даних в експериментах на Великому адронному колайдері. На фоні виникнення нових потужних кластерів в Україні, НАН України також підхопила цей тренд. У 2006 році Президія НАН України прийняла програму «Впровадження GRID-технологій та створення кластерів в НАН України», що дозволило комплексно підійти до проблеми нарощування потужностей вже існуючих в НАН України розрахункових кластерів та створення нових кластерних систем. ІФКС взяв участь у цій програмі, в рамках якої виникла можливість суттєво збільшити обчислювальні ресурси інституту, побудувавши ще один кластер із 16-ма двопроцесорними 1-юнітними (1U) вузлами на базі 64-розрядних двоядерних CPU Intel Xeon 5130 2 GHz та із 4 ГБ оперативної пам'яті на кожному. Під координуючу машину був виділений окремий сервер, а три вузли були задіяні під розподілену систему збереження даних, яка працювала під керуванням файлової системи Lustre. Жорсткі диски в системі збереження даних були об'єднані в RAID-5. Ефективний розмір сховища складав 5 ТБ. На цей раз обчислювальна мережа між вузлами була організована через високошвидкісну мережу Infiniband 4x DDR, яка забезпечила пропускну здатність порядку 8 Гбіт/с в обидва боки одночасно. Сервісною мережею слугувала мережа Gigabit. Максимальна сумарна продуктивність нового кластера становила 512 ГФлопс, при тестовій продуктивності близько 375 ГФлопс. Такі великі значення були досягнуті завдяки якісно новій архітектурі процесорів (разом 64 процесорних ядра) і швидкій мережі.

Новий кластер спроектований набагато якісніше. І це було пов'язано не лише з досвідом, набутим за попередні роки, але й зі значними змінами, що відбулися в розвитку комп'ютерної техніки того часу. Зокрема цьому сприяла поява багатоядерних процесорів із 64-розрядною архітектурою за доступною ціною, які при цьому споживають суттєво менше електроенергії, а продуктивність самих ядер, при тій самій частоті, стала помітно вищою порівняно з процесорами попереднього покоління. Також на ринку були доступними недорогі високошвидкісні мережеві рішення типу Infiniband 4x DDR, які дозволяють ефективно виконувати масивні паралельні розрахункові задачі на багатьох вузлах. Адже мережа в кластерах завжди є вузьким місцем, яке сповільнює обчислення. Зменшення формфакторів вузлів до 1U дало можливість без проблем розмістити весь кластер разом із системою збереження даних, мережевими комутаторами та блоком безперебійного живлення в одній серверній шафі. Система відводу тепла з шафи і серверної кімнати, як і в старому кластері, забезпечувалася потужною витяжно-надувною вентиляцією,

яка повністю дозволяла охолоджувати кластер у холодну пору року, а необхідну температуру в літній серверній кімнаті підтримував кондиціонер. Система охолодження була створена на основі оригінального проекту, стала більш ефективною і з перегрівом системних блоків практично ніколи не виникало проблем. Цьому сприяла сучасна внутрішня вентиляційна система самих системних блоків.

Значний прогрес також відбувся і в програмному забезпеченні. Станом на 2006 рік з'явилася низка цікавих нових рішень, призначених для обслуговування обчислювальних кластерів. Ми звернули свою увагу на рішення «все в одному», серед яких найбільш гнучким і зручним у використанні виявився Rocks Cluster (<http://www.rocksclusters.org>). Rocks Cluster є добре скомп'юнованою збіркою програм для побудови кластера і його керування з автоматизованою системою інсталяції та можливістю подальшої модифікації програмного забезпечення на кластері. На основі Rocks Cluster був сформований власний інсталяційний дистрибутив, що включав у себе додаткові програми, необхідні для роботи кластера та потреб користувачів. Rocks Cluster є похідним від дистрибутивів CentOS та RedHat Enterprise Linux, що, враховуючи доволі якісну підтримку даних дистрибутивів, робить швидким і доступним оновлення програм операційної системи. Після встановлення Rocks Cluster дистрибутива та проведення необхідних налаштувань систем було швидко отримано діючий кластер. Слід відзначити, що із планувальника задач PBS було перейдено на систему організації черг SGE. Як засіб паралелізації почав використовуватися пакет OpenMPI.

Кластер ІФКС, побудований у 2006 році, став доброю базою для подальших модернізацій. Активна участь у програмах з розбудови, впровадження та застосування ґрид-технологій в Україні дозволяла потрохи нарощувати потужності кластера. Так, до 2010 року за рахунок переходу з двоядерних процесорів на чотириядерні кластер ІФКС став налічувати 136 процесорних ядер і мав максимальну теоретичну продуктивність порядку 1 ТФлопс. Сховище даних розрослося до обсягу 12 ТБ.

До 2013 року потужність кластера зросла ще в 2 рази за рахунок встановлення більш сучасних вузлів на базі 4-ядерної і 6-ядерної архітектури. При цьому загальна кількість вузлів на кластері складала вже 30 одиниць, серед них: 25 вузлів були обчислювальними, 1 вузол керування і 4 вузли відведено під сховище даних. Для цього було обладнано додаткову шафу. Таким чином, для обчислювальних робіт стало доступно 220 процесорних ядер серверного класу Intel Xeon

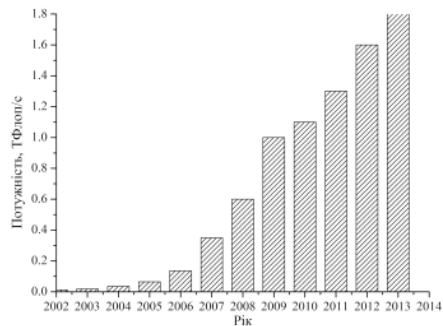


із частотою 2.0–2.67 ГГц. Оперативна пам'ять у розрахунку на одне ядро складала 2–4 ГГб (або 16–48 Гб на вузол), що достатньо для виконання широкого класу задач. Практично всі обчислювальні вузли кластера (окрім двох) були об'єднані високошвидкісною мережею Infiniband 4x DDR. Два обчислювальних вузли не були під'єднані до мережі Infiniband і призначалися виключно для послідовних задач та задач, що виконуються на відеоприскорювачі GPGPU nVidia M2050. Завдяки черговій модернізації системи збереження даних, вдалося збільшити її обсяг до 34 ТБ.

Починаючи від 2014 року фінансування за грід-проектами суттєво скоротилося і отримувані кошти в основному витрачалися на підтримку та ремонт існуючого обладнання, що було також актуально, враховуючи що частина його почала вичерпувати свій ресурс у зв'язку з фізичним старінням. Винятком став 2018 рік, коли було встановлено один дуальний вузол на базі 8-ядерних процесорів Intel Xeon 4110 2.10 GHz. І хоча це був лише один вузол, він додав до теоретичної пікової продуктивності кластера до 25%. Адже такий вузол містить 16 сучасних процесорних ядер із новими розширеними інструкціями, що суттєво пришвидшують виконання операцій. У цьому контексті особливо яскраво виявляється важливість оновлення кластера.

Таким чином, станом на сьогодні кластер ІФКС включає 236 процесорних ядер, які сумарно можуть забезпечувати максимальну продуктивність біля 2.5 ТФлопс. Він входить до першої п'ятірки найпотужніших кластерів в Україні, всі з яких належать до інститутів НАН України. Перше місце впродовж понад 10 років належить кластеру Інституту кібернетики НАН України, заявлена пікова продуктивність якого складає 30 ТФлопс. Загалом в Україні можна нарахувати близько двох десятків маленьких і більших кластерів, більшість із яких під'єднані до Українського національного гріду (УНГ).

Кластер ІФКС залишається активним учасником УНГ, де він відіграє роль одного з ключових грід-центрів. Він формує основу Західного грід-центру УНГ та входить одночасно до українського сегменту Європейської грід-інфраструктури (EGI), де зареєстрований під іменем грід-сайту UA_ICMP_ARC. На кластері ІФКС підтримуються віртуальні грід-організації multiscale і moldyngrid, через які користувачі українського гріду можуть запускати свої задачі. Також сьогодні проводиться робота з впровадження технології хмарних обчислень на кластері з метою подальшої його інтеграції в Об'єднану європейську хмару EGI.



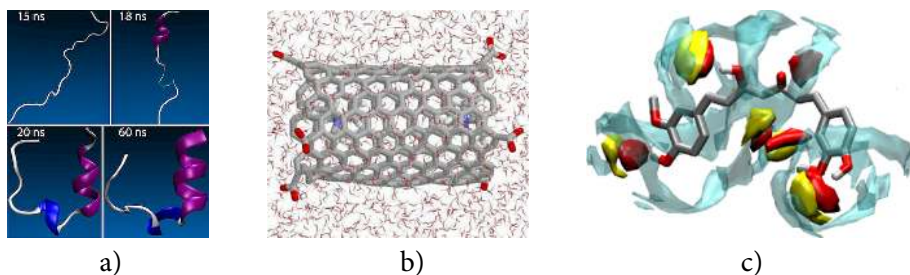


Рис. 1. Ілюстрації комп'ютерного моделювання, виконаного методом молекулярної динаміки: а) моделювання процесу згортання молекул білка [I. Omelyan, A. Kovalenko, J. Chem. Theory Comput., 2015]; б) водний розчин функціоналізованих вуглецевих нанотрубок [М. Druchok, М. Lukšič, J. Mol. Liq., 2018]; в) розчин молекул куркуміну в диметилсульфоксиді [J. Ilnytskyi, T. Patsahan, O. Pizio, Condens. Matter Phys., 2017].

Кластер ІФКС: наукові пріоритети

Упродовж усіх років своєї роботи кластер ІФКС інтенсивно використовується для виконання великомасштабних розрахунків, включаючи й ті, що базуються на паралельних алгоритмах за технологіями MPI та OpenMP. Серед наукових пріоритетів слід виділити дослідження біологічних та біохімічних систем (розчини білків), складних молекул та функціоналізованих наночастинок, нанотрубок, рідкокристалічних систем та іонних рідин, рідких металів та їх розплавів. При цьому використовуються як готові програмні пакети, так і власні програмні розробки. Основна частина обчислювальних ресурсів задіюється на виконання задач комп'ютерного моделювання методами квантової хімії, першопринципної молекулярної динаміки, класичної молекулярної та дисипативної динаміки, а також стохастичних методів типу Монте Карло. Також на кластері проводяться розрахунки, що базуються на різних теоріях для об'єктів фізики конденсованої речовини, де необхідно розв'язувати складні системи рівнянь. Завдяки кластеру в інституті отримали нове дихання існуючі теоретичні підходи та виникли нові наукові напрямки. Щорічно в інституті публікується кілька десятків статей у високореєтингових світових наукових виданнях, результати яких були отримані за допомогою ресурсів кластера ІФКС. Отримані результати представляються на міжнародних конференціях. До роботи на кластері активно залучається молодь. Окрім того, активно використовується для навчальних цілей, проводяться заняття для студентів, на яких вони освоюють методи комп'ютерного моделювання і мають можливість відчувати себе дослідниками.

Проблеми

Очевидно, порівнюючи із тим, що мають науковці розвинених країн, кластер ІФКС важко назвати потужним, навіть з огляду на нечисленний колектив, який працює під дахом нашого інституту. Спілкуючись із закордонними колегами, часто доводиться бачити співчутливі посмішки, коли озвучуєш параметри кластера ІФКС.

Іншою проблемою, що належить до розряду хронічних, є досить швидке моральне і фізичне старіння окремих складових кластера. З огляду на це необхідно постійно оновлювати апаратну частину кластера, особливо його обслуговуючі інфраструктурні елементи. Тому вкрай важливим і актуальним є питання фінансового забезпечення таких завдань, зокрема в рамках державних чи академічних програм, націлених на розвиток і підтримку обчислювальних ресурсів у наукових та навчальних закладах України. Завдяки програмам НАН України з інформатизації та ґрід-технологій, до певної міри, це вдавалось робити впродовж тривалого часу. Але очевидно, що це далеко не той масштаб, який необхідний хоча б для підтримки вже досягнутого конкурентного рівня серед дослідницьких центрів провідних країн світу.

І на завершення

Історію обчислювального кластера ІФКС можна однозначно віднести до однієї з «історій успіху» Інституту. Впродовж майже двадцяти років пройдено шлях від ідеї, яка мала присмак мрії, і до її першої реалізації, коли ще слово «обчислювальний кластер» викликало асоціації з неабияким науково-технічним проривом, від першого досвіду паралельних розрахунків і до сьогоднішнього дня, коли обчислювальний кластер став навчальним посібником для студентів. Усе це підтверджує, що початковий задум був вірним та перспективним, а сьогодні цей напрямок потребує ще динамічнішого розвитку.

Дослідження за Чорнобильською тематикою

Ігор Мриглод, Михайло Токарчук, Олександр Іванків

У ніч на 26 квітня 1986 року трапилася подія, яка залишила глибоку рану в історії України. Чорнобильська аварія, що призвела до руйнування четвертого енергоблоку Чорнобильської АЕС, спричинила величезні людські втрати і стала найбільшою техногенною катастрофою двадцятого століття. В доповіді було викинуто величезну кількість радіоактивних речовин; була небезпека повторних вибухів; ядерне паливо, що залишалося в реакторі, разом з іншими матеріалами, які там перебували або ж використовувалися для локалізації наслідків аварії, під впливом високої температури утворили кілька різних видів паливовмісних матеріалів, що були раніше невідомі. Проблеми ядерної безпеки, ризики подальшого поширення радіонуклідів у повітрі, водними шляхами, їх міграція у ґрунтах — усе це вимагало прийняття оперативних та правильних рішень, які базувалися б на наукових прогнозах і висновках експертів.

Науковці нашого колективу (на момент аварії — Львівського відділення статистичної фізики ІТФ АН УРСР) уже в перші місяці після аварії включилися в дослідження процесів, що відбувались у зруйнованому 4-му енергоблоці, і вироблення відповідних рекомендацій. Відповідно до Розпорядження Президії АН УРСР № 1546 від 30.07.1986 р. Львівське відділення ІТФ АН УРСР упродовж 1986–88 років виконувало науково-дослідні роботи за темою «Дослідження впливу опромінення на фізичні властивості конденсованих середовищ» (наук. керівник І.Р. Юхновський). Слід визнати, однак, що в силу обмежених ресурсів ця тематика не розглядалася як пріоритетна. Найактуальнішими на той час були дослідження, що мали на меті вивчення факторів ядерного ризику та локалізації поширення радіонуклідів.

Новий етап активності інституту в дослідженнях за Чорнобильською тематикою розпочався на початку дев'яностих років, коли утвердилася українська державність. На той час директор Інституту академік НАН України І.Р. Юхновський був обраний народним депутатом України, він очолив Комітет з питань науки і освіти Верховної Ради України та отримав можливість глибшого ознайомлення з інформацією про стан і рівень наукового супроводу робіт на об'єкті «Укриття» ЧАЕС. Усвідомлюючи, що проблема ця довгострокова і далеко не вся інформація є доступною для фахівців із наукових установ України, він зробив усе можливе, щоб роботи, пов'язані з об'єктом «Укриття», стали відкритішими, публічними і до їх виконання залучалося якомога ширше коло українських фахівців і дослідників. У цей період І.Р. Юхновський, будучи також Державним радником України та Головою

Колегії з питань науково-технічної політики Державної Думи України, а згодом — першим віце-прем'єр міністром України, організовує низку публічних дискусій та обговорень, присвячених ситуації в об'єкті «Укриття» і проблемам Чорнобиля.

У травні 1995 року за ініціативою І.Р. Юхновського створюється спільний відділ між Міжгалузевим науково-технічним центром (МНТЦ) «Укриття» НАН України (ген. директор В.В. Токаревський) та ІФКС НАН України — відділ теоретичних проблем фізико-хімічних процесів у радіоактивно-містких середовищах. Завідувачем відділу призначено д.ф.-м.н. М.В. Токарчука. Це відкрило для співробітників Інституту можливість опрацювання архівних матеріалів і глибшого ознайомлення з результатами попередніх наукових досліджень. Стало зрозуміло, що масштаб досліджень на об'єкті «Укриття» явно недостатній, не всі аспекти необхідного наукового супроводу охоплені, а деякі проблеми не розглядаються взагалі. Наголос робився на ядерній компоненті проблеми, що було виправдано на початковій фазі досліджень, а роботи, орієнтовані на вивчення механізмів зміни властивостей паливовмісних матеріалів під впливом тривалого внутрішнього самоопромінення, що важливо для вироблення довгострокового прогнозу щодо їх поведінки, мали фрагментарний характер. Тому основними напрямками діяльності відділу стали дослідження процесів руйнування радіоактивних матеріалів; процесів взаємодії фрагментів активної зони реактора, ядерної магми та ядерного пилу з водою; вивчення процесів радіолізу води внаслідок альфа-, бета-розпадів та гама-випромінювання в системі «фрагменти активної зони — ядерна магма — ядерний пил — вода»; дослідження процесів гідратації, комплексотворення та полімеризації у водних розчинах радіоактивних елементів; теоретичні дослідження процесів переносу та ядерних перетворень у реакторах ВВЕР і РБМК в екстремальних умовах; дослідження процесів дифузії, осмосу в системах «водні розчини радіоактивних елементів — глинистий ґрунт» тощо. Через низку навколонаукових чинників (чи, як модно казати в таких випадках, політичних) спільний відділ довго не проіснував і наприкінці того ж року був ліквідований. Однак розпочаті роботи продовжували виконуватися уже в рамках тематики ІФКС НАН України. Стосувалися вони, насамперед, досліджень взаємодії паливовмісних мас (ПВМ) із водою і впливу цього важливого чинника на стан об'єкта «Укриття». Окремі аспекти цієї проблеми вивчалися в 1997–2000 роках у рамках програми INTAS–Україна в проєкті «Дослідження процесів комплексотворення та іонного транспорту у воді, водних розчинах і воднево-зв'язаних системах із метою вирішення проблем захисту навколишнього середовища, пов'язаних із забрудненням води» (наук. керівник М.Ф. Головкин).

Новий поштовх дослідженням із Чорнобильської тематики ІФКС НАН України одержав у 2000 році, коли розпочалися науково-дослідні проєкти на замовлення МНТЦ «Укриття» НАН України (ген. директор О.О. Ключни-

ков). До виконання цих робіт була залучена більша кількість науковців ІФКС НАН України (понад 50 чол.). Так, у 2000–2002 роках було виконано три проекти: «Комп’ютерне та теоретичне моделювання фізичних та хімічних процесів у системі «фрагменти активної зони — ЛПВМ — вода» об’єкта «Укриття»: висновки, прогнози та рекомендації» (наук. керівники М.В. Токарчук, М.Ф. Головка, І.В. Стасюк), «Теоретичні обґрунтування та експертна оцінка ефективності використання магнітних та електричних властивостей лавоподібних паливовмісних матеріалів у технологіях сепарації радіоактивних відходів об’єкта «Укриття» (наук. керівники І.В. Стасюк та І.М. Мриглад) і «Вивчення фізико-хімічних властивостей адсорбційних матеріалів і стабілізуючих полімерних покриттів паливовмісних мас об’єкта «Укриття» (наук. керівники М.В. Токарчук, М.Ф. Головка). Протягом 2002–2003 років виконувалися проекти: «Актуальні фізичні проблеми поведінки паливовмісних матеріалів в об’єкті «Укриття»: моделювання властивостей і прогнозні оцінки» (наук. керівник І.М. Мриглад) та «Теоретичне і комп’ютерне дослідження основних факторів руйнування ЛПВМ в ОУ: висновки, прогнози та рекомендації» (наук. керівник М.В. Токарчук). У 2003–2004 роках співробітники інституту брали участь у виконанні проекту SIP FCMR 001 «Розробка розрахунково-аналітичної моделі поведінки ПВМ» та проекту УНТЦ «Розробка сорбційно-бар’єрних матеріалів на основі глинистої сировини для сорбції радіонуклідів». У 2005 р. в ІФКС НАН України виконувалося два проекти на замовлення вже Інституту проблем безпеки атомних електростанцій НАН України (ген. директор О.О. Ключников): «Розробка і верифікація окремих складових прогнозу моделі поведінки ПВМ в об’єкті «Укриття» (наук. керівник І.М. Мриглад) та «Комп’ютерне моделювання поведінки ЛПВМ при взаємодії з атмосферою, водою, водними розчинами: механізми взаємодії, сорбційно — бар’єрні матеріали» (наук. керівник М.В. Токарчук). Протягом 2006–2008 років у рамках цільової програми Відділення ядерної фізики та енергетики НАН України виконувалися проекти: «Дослідження і моделювання фізичних властивостей паливовмісних матеріалів в об’єкті «Укриття» (наук. керівник І.М. Мриглад), «Дослідження фізико-хімічних властивостей водних розчинів та перебігу процесів деградації паливовмісних матеріалів в умовах об’єкта «Укриття»: моделювання та прогнозні оцінки» (наук. керівник І.М. Мриглад), «Моделювання поведінки і прогнозні оцінки для паливовмісних матеріалів об’єкта «Укриття» (наук. керівник І.М. Мриглад).

Ознайомлення з архівними матеріалами і спілкування з працівниками МНТЦ «Укриття» дозволило встановити, що основним джерелом потенційного виходу радіонуклідів у навколишнє середовище, а отже, і основним джерелом екологічної небезпеки об’єкта «Укриття», є паливовмісні матеріали (ПВМ), які перебувають у різних агрегатних станах та в різних модифікаціях. Основна частина ПВМ — це так звані лавоподібні паливовмісні матеріали (ЛПВМ), що є складним техногенним продуктом, який утворився в резуль-

таті фізико-хімічних процесів на перших етапах перебігу аварії. Від моменту аварії ЛПВМ пройшли певну модифікацію і являють собою гетерогенні склоподібні маси з включеннями різної природи. Концентрація урану в матриці ЛПВМ складає до 10%. Дуже важливою була інформація з досліджень О.В. Жидкова, з приходом якого до МНТЦ «Укриття» розпочався якісно інший характер досліджень поведінки ПВМ в об'єкті «Укриття». Насамперед, це стосувалося експериментальних досліджень радіаційної стійкості ПВМ, їх механічних, електричних, діелектричних і магнітних властивостей, процесів окислення опроміненого ядерного палива та ЛПВМ і їх взаємодії з водними розчинами. Було проведено цілу низку надзвичайно важливих та унікальних експериментів із метою встановлення ядерно-фізико-хімічних характеристик різних форм перебування ядерного палива в зруйнованому реакторі. Одним із важливих висновків експериментальних досліджень стали дані про те, що властивості ЛПВМ із часом змінюються, посилюються процеси деградації та їхнього саморуйнування.

Практично в кожному приміщенні об'єкта «Укриття» реєструвалася значна кількість пилу — дрібнодисперсних частинок із розмірами від кількох десятків до сотень мікрон. Ця пилюка містила в собі радіоактивні елементи і розглядалася як одне з джерел радіаційної небезпеки, зокрема при гіпотетичному руйнуванні об'єкта «Укриття». Окрім того, цей пил, перебуваючи в повітряній атмосфері об'єкта «Укриття», виносився за його межі як через вентиляційну систему, так і через отвори в конструкціях. Для боротьби з цими процесами в 90-х роках встановлювалися певні системи пилопригнічення, проводився відповідний моніторинг. У групі О.В. Жидкова були одержані нові дані щодо процесів генерування ядерного пилу субмікронних розмірів (від десятків нанометрів до кількох мікрон) поверхнею ЛПВМ при їх взаємодії з атмосферою. Зокрема встановлено, що частинки ядерного пилу ЛПВМ значно менші за пилові частинки опроміненого ядерного палива. Була досліджена структура пилових частинок, вивчено явище спонтанного пилоутворення поверхнями ЛПВМ, що, як виявилось, зв'язане із суттєвою роллю електричних полів поблизу поверхні ЛПВМ. Ці результати потребували окремого дослідження.

Дуже важливим фактором зміни стану об'єкта «Укриття» була вода, що накопичувалася на його нижніх рівнях. Фактично мова йде про водні розчини, які містять солі радіоактивних елементів: урану, плутонію, америцію, тощо. Оцінки показали, що за рахунок конденсації вологи в об'єкті «Укриття» з повітря могло надходити понад тисячу кубометрів води за рік. Взаємодіючи з ПВМ, ця вода розчиняла в собі деякі солі радіоактивних елементів і виносила їх на нижні рівні об'єкта «Укриття».

У зв'язку з вищенаведеними фактами виокремлено основні ризики і небезпеки, які розглядалися на той час.

Ядерну небезпеку об'єкта «Укриття» визначали: кількість палива в кожно-

му із приміщень, геометрія його розташування, макроскопічні властивості ПВМ, умови його перебування, зокрема наявність води. Виконані вже в перші роки після аварії оцінки та експериментальні виміри ефективного коефіцієнта розмноження нейтронів в об'єкті «Укриття» дозволяли стверджувати, що питання ядерної небезпеки на початку 2000-их вийшли з розряду пріоритетних, хоча й вимагали постійного моніторингу.

Радіаційну і екологічну небезпеку об'єкта «Укриття» визначала низка факторів. При її оцінці слід було враховувати, з одного боку, фізико-хімічний стан ПВМ та динаміку його зміни. З іншого боку, визначальна роль відводилася питанню про стан будівель об'єкта «Укриття», можливості і якості ізоляції внутрішніх приміщень від зовнішнього середовища, зокрема рівень потенційного обміну із зовнішнім середовищем через повітряні та водяні шляхи.

Як один із потенційних чинників радіаційної небезпеки розглядався процес формування і поширення дрібнодисперсної радіоактивної пилюки, яка не могла бути нейтралізована (особливо субмікронна її фракція) існуючими в об'єкті «Укриття» методами і виносилася повітряними потоками (в тому числі й вентиляційними каналами) поза межі об'єкта «Укриття». Особливість динаміки субмікронного пилу полягає в тому, що він може поширюватися на сотні і тисячі кілометрів до моменту свого осідання. Основним джерелом формування субмікронних пилових часток виступає процес спонтанного пилоутворення з поверхні ЛПВМ при взаємодії з повітрям та водою. Таким чином, питання про стійкість ЛПВМ набуло пріоритетного значення, оскільки саме цей фактор визначатиме інтенсивність пилоутворення у майбутньому.

Інша обставина, яка спонукала до більш інтенсивних досліджень властивостей субмікронних частинок із радіоактивними елементами у водному середовищі, пов'язана зі встановленням факту їх значного впливу на локальні хімічні властивості через ефекти гідролізу, що призводить до зміни конформаційних властивостей біологічно активних молекул і пояснює механізм не радіаційної, а токсичної дії таких частинок.

За даними експериментальних спостережень в об'єкті «Укриття» з часом відбувається деградація ЛПВМ, видимим наслідком якої є самовільна фрагментація скупчень ЛПВМ на дрібніші частини, а зумовлений цим ріст ефективної поверхні спричиняє ріст інтенсивності пилоутворення. Ще одним джерелом формування дрібнодисперсного пилу в формі радіоактивних аерозолів була тривала дія процесів окислення, свелінгу та внутрішнього самоопромінення.

Водні розчини солей урану, плутонію, америцію, стронцію та інших радіоактивних елементів утворюються внаслідок взаємодії фрагментів активної зони реактора, ЛПВМ і ядерного пилу з природною (атмосферні опади), конденсатною та техногенною водою. Фактор води важливий як з точки зору ядерної, так і екологічної безпеки. Перший аспект цієї проблеми пов'язаний, зокрема, із утворенням і накопиченням осадових та донних відкладів із висо-

ким вмістом радіоактивних елементів. З іншої боку, загальний обсяг виходу водних розчинів радіоактивних елементів за межі об'єкта «Укриття» складав від кількох сотень до тисячі кубометрів на рік.

Беручи до уваги ці основні фактори небезпеки об'єкта «Укриття», за результатами досліджень в ІФКС НАН України було одержано великий масив даних, що стосуються властивостей ЛПВМ об'єкта «Укриття», розуміння механізмів їх руйнування, поведінки ЛПВМ при взаємодії з водою, механізмів генерації радіоактивного дрібнодисперсного пилу на поверхні ЛПВМ та динаміки його поширення. Серед основних результатів можна виокремити такі.

Вказано на важливу роль води в об'єкті «Укриття». Отримані результати дозволили встановити низку чинників (вилуговування радіонуклідів, комплексоутворення у водних розчинах і осади, деструктивну роль при взаємодії з поверхнею ЛПВМ, адсорбційні явища тощо), які необхідно враховувати при побудові прогнозової моделі і проведенні моніторингу в об'єкті. Роль води посилюється із врахуванням молекулярно-фільтраційних властивостей ЛПВМ.

Запропоновано та апробовано методику розрахунку динаміки субмікронного пилу в повітряному середовищі. Розроблено відповідні алгоритми і програми, придатні для отримання довгострокових прогнозів. Показано, що субмікронні пилові частки до моменту свого осідання можуть зависати в атмосфері на роки і мігрувати на відстані тисяч кілометрів.

Проведено комплекс досліджень із вивчення механізмів спонтанної генерації субмікронних частинок із поверхні ЛПВМ. У рамках моделі коміркового автомата досліджено процеси саморуйнування твердих матеріалів, що містять у собі радіоактивне паливо. Отримано ряд характеристик для опису шорсткості поверхні матеріалу та динаміки деградації поверхні. В рамках такого підходу вдалося відтворити експериментально отримані гістограми розподілу пилових частинок за розмірами і пояснити основні їхні особливості. Вказано на фактори ризику, що пов'язані з можливістю об'ємного саморуйнування ЛПВМ та обумовленого цим різкого зростання інтенсивності пилогенерації.

Проведено попередні дослідження стабільності ЛПВМ, що враховують фактор внутрішнього самоопромінення цих матеріалів. Проаналізовано основні причини і механізми деградації ЛПВМ. Отримано оцінки часу до початку спонтанного об'ємного саморуйнування цих матеріалів, які показують, що попередні прогнози були завищені на кілька порядків — інтенсивність процесів саморуйнування ЛПВМ сильно зростатиме уже в найближчі роки.

Розроблено та апробовано кілька моделей ЛПВМ, які дозволяють пояснити їхні основні фізичні властивості, що спостерігаються експериментально, зокрема діелектричні, магнітні та механічні. Ці моделі враховують фактор радіаційного дефектоутворення як основну причину зміни цих властивостей. На цій основі може будуватися комплексна модель поведінки ПВМ, придатна для довготермінового прогнозування.

Запропоновано кілька нових перспективних підходів до розв'язання питань моніторингу стану ПВМ і вирішення технологічних питань, а саме: моніторинг концентрації та розподілу субмікронних пилових часток в об'єкті «Укриття» на основі оптичних дифракційних методів, контрольованого вилуговування радіоактивних елементів лужними водними розчинами, методи покращення ефективності схем пиловловлювання, використання ефективних сорбційних матеріалів, синтезованих на основі модифікованої природної карбонатомісної глини Янівського родовища (Львівська область) для вилучення радіонуклідів із їхніх водних розчинів тощо.

Все це привело до нового розуміння основних процесів, що відбуваються в об'єкті «Укриття», і висвітлило нові проблеми, які потребують нагального вирішення для перетворення цього об'єкта в ядерно- та екологічно безпечну систему, наблизило до створення реальної прогнозної фізичної моделі поведінки ПВМ, що є вкрай актуальним для прийняття адекватних технологічних рішень.

Упродовж всього часу ІФКС НАН України також проводив значну просвітницьку та науково-організаційну діяльність, пов'язану з Чорнобильською проблематикою. Так, у 1996 році Інститут за підтримки Міністерства екології та ядерної безпеки України, Міжнародного фонду «Відродження» та Міжнародного наукового фонду організував і провів у Львові Міжнародну робочу нараду «Водні розчини: проблеми радіоактивного забруднення» і за її матеріалами у 1997 році випустив спеціальний номер журналу «Condensed Matter Physics». У 2001 році Інститут спільно з МНТЦ «Укриття» НАН України організував Чорнобильські читання (Львів — Чорнобиль — Київ) та Круглий стіл у Комітеті з питань науки та освіти Верховної Ради України, присвячений актуальним проблемам Чорнобиля за участю народних депутатів, представників міністерств та наукових установ. У 2006 році також спільно з МНТЦ «Укриття» Інститут організував III Чорнобильські читання «Фізико-хімічні процеси в об'єкті «Укриття»: 20 років після аварії».

Широкопланова діяльність ІФКС НАН України у вирішенні проблем в об'єкті «Укриття» на ЧАЕС разом із партнерами з різних наукових установ забезпечила створення потужного колективу науковців для комплексного вирішення проблеми, стимулювала проведення низки важливих експериментів, що дозволили встановити ядерно-фізико-хімічні характеристики різних форм перебування ядерного палива в зруйнованому блоці та виробити рекомендації щодо поводження з ними на різних етапах перетворення об'єкта «Укриття» в екологічно безпечну систему.

Загалом за Чорнобильською тематикою працівниками Інституту опубліковано понад 60 статей у міжнародних та українських журналах та 10 звітів про виконання НДР загальним обсягом понад 2200 сторінок.

Про прикладні дослідження в ІФКС НАН України: розпізнавання образів, захист і кодування інформації, кольороподіл

Михайло Шовгенюк¹¹, Олександр Іванків

Інститут фізики конденсованих систем НАН України — наукова установа фундаментального профілю, головним напрямком досліджень якої є теорія конденсованої речовини. Ціла низка отриманих тут результатів знайшли прикладне застосування, підтверджуючи відомий вислів: «Немає нічого практичнішого за хорошу теорію». У тематиці Інституту впродовж багатьох десятиків років особливо виділявся напрямок, що має виразне інноваційне значення. Привніс його до Інституту М.В. Шовгенюк¹¹, який після закінчення в 1993 році докторантури (Інститут теоретичної фізики АН УРСР, Львівське відділення статистичної фізики, наукові консультанти І.Р. Юхновський та Я.О. Довгий), розпочав свою працю в Інституті. В колі його інтересів, зумовлених попереднім досвідом, були теоретична фізика, проблеми фізичної оптики та поліграфії. Такий симбіоз і визначив особливість наукового напрямку — методи оптичного розпізнавання образів, цифрової обробки інформації, кольороподілу та друку кольоровими фарбами, захисту, кодування і декодування інформації.

Теоретичні методи розпізнавання образів і захист інформації

Від початку 2000-их в Інституті розвивалася теорія дробового фур'є-перетворення на основі методу розподілу сигналів, яка відкривала цікаві можливості для створення принципово нових методів і систем оптичної обробки інформації. На основі цієї теорії для задач розпізнавання образів розроблено оптичну систему узагальненого корелятора спільного дробового фур'є-перетворення еталонного та досліджуваного зображень. Система давала можливість записувати висококонтрастну інтерференційну картину оптично суміщених зображень у довільній площині згаданого перетворення, а запропонована кореляційна схема розпізнавання образів дозволила суттєво підвищити надійність ідентифікації зображень.

Згодом розроблено нові методи цифрової обробки зображень на основі дискретного перетворення Адамара, які були ефективно використані в сучасних технологіях захисту цінних паперів і документів. На основі ортого-

¹¹ 25 липня 2019 року, коли книга готувалася до друку, відійшов у вічність доктор фізикоматематичних наук Михайло Васильович Шовгенюк.

нальних матриць Адамара запропоновано методи та алгоритми кодування зображень, введено принципово новий тип графічного елемента захисту цінних паперів, що складається із кодованого зображення та відповідного ключа, виготовлених за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми «Графі-Код4». Перевагою цього способу кодування графічного зображення є абсолютна візуальна невпізнаваність закодованого зображення, велика кількість різних ключів для розкодування, можливість розкодування зображення високої роздільної здатності з мінімальними шумами, а також надійність ідентифікації та високий рівень захисту. Отримані за цими дослідженнями результати в 2007 році стали основою для промислового освоєння спеціалізованого програмного забезпечення та впровадження нової технології захисту цінних паперів на державному підприємстві із виготовлення цінних паперів Поліграфічний комбінат «Україна» та в Національному банку України. Технологія оптичного захисту цінних паперів захищена патентами, її демонстрували на виставках в Україні, США та Німеччині.

В Інституті також запропоновано новий метод кодування зображень на основі дискретного перетворення Хартлі. Цей метод має суттєві переваги порівняно з іншими відомими методами дискретного фур'є-перетворення. Новий метод двовимірного 2D-кодування оптичної інформації дозволяє виконувати дійсне перетворення зображення при інтенсивності кожного пікселя оригіналу цифрового зображення без жодних обмежень відносно формату (розмірності) зображення і його роздільної здатності. Окрім цього, інформація для 2D-кодування зображення може містити як дані про півтони за рівнем градацій, так і текстову, графічну та колірну складові. Новий метод 2D-кодування зображення дозволяє виконувати теоретично точне перетворення зображення і отримати в просторово-частотній області повний розклад зображення як за додатніми, так і за від'ємними просторовими частотами, що забезпечує збереження всієї інформації про зображення. В результаті оберненого перетворення Хартлі просторово-частотного образу кодованого зображення отримується повне відновлення зображення оригіналу з високою роздільною здатністю та мінімальними втратами інтенсивності окремих пікселів, які обумовлені точністю виконання прямого і оберненого перетворення Хартлі. Новий метод 2D-кодування зображення на основі перетворення Хартлі дозволив технологічно реалізувати метод кодування зображення із персональним ключем, що створює сприятливі умови для надійної системи захисту конфіденційної інформації від несанкціонованого доступу. Ключ містить мінімальний (менше 1%) обсяг цифрової інформації про вихідне зображення оригіналу, формується в процесі кодування зображення і передається окремим каналом зв'язку. Без ключа теоретично неможливо відновити із закодованого зображення оригінал.

Новий спосіб кольороподілу і кольоровий друк

Наступним етапом розвитку методів цифрової обробки кольорового зображення в ІФКС НАН України стала розробка та впровадження нової інноваційної технології кольорового друку ICaS–ColorPrint®, яка базується на принципово новій теоретичній моделі синтезу кольорів на відбитку — кожна точка (піксель) кольорового зображення друкується лише двома кольоровими і чорною фарбами. Технологія не має аналогів у світовій практиці виготовлення ілюстрованої друкованої продукції.

В основі всіх дотепер поширених технологій кольорового друку трьома кольоровими (голубою, пурпурною, жовтою) і чорною фарбами вже наперед закладено принцип максимального використання кольорових друкарських фарб. Як не дивно, використання третьої кольорової фарби зовсім не обов'язкове і не суперечить фізичній теорії трьох основних кольорів Дж. Максвелла. Всі кольори зображення оригіналу фізично реально синтезувати двома кольоровими та чорною фарбами. У цій технології особливо проявляється унікальний ефект чорної фарби (при наявності кольорових), за якого всі кольори зображення немов оживають. Це відкриває нові можливості для покращення якості кольорового друку, особливо складних оригіналів мистецьких творів.

Уся сукупність методів цифрової обробки видавничого оригіналу здійснюється в новому колірному просторі ICaS, в якому кожен колір оригіналу описується ахроматичною I та двома хроматичними C і S координатами. В цьому просторі записуються рівняння для хроматичних координат C і S кольорів оригіналу і друкарських фарб на відбитку. Встановлено, що відомі колірні простори, зокрема вживані в телебаченні, цифровій фотографії та інших технічних ділянках використання кольору, при виконанні умови ортогональності колірних координат зводяться до колірному простору ICaS.

У колірному просторі ICaS кольорове зображення оригіналу може бути представлене у вигляді своєрідного колірного дерева, стовбуром якого виступає ахроматична вісь кольорів від точки чорного кольору в основі до вершини в точці білого кольору. На гілках такого дерева знаходяться всі кольори оригіналу, положення яких визначається хроматичними координатами C і S , які розміщені на замкненому колірному крузі (вперше відкрив І. Ньютон). У цьому просторі кольори друкарських фарб задаються базовими векторами, для визначення яких необхідна мінімальна кількість даних. Взаємозв'язок між колірними координатами кольорів оригіналу і друкарських фарб описує система автотипних рівнянь, для яких вперше отримано аналітичні розв'язки, що дозволяють для кожної точки (пікселя) цифрового зображення розраховувати мінімальну кількість двох кольорових і чорної фарб (необхідні для колориметрично точного кольоровідтворення оригіналу на папері). Зауважимо також, що однією із вимог сучасних стандартів до якості кольорових зобра-

жень, яка залишається особливо актуальною при друку складних оригіналів, є обмеження товщини фарб не більше, ніж у три шари, яка автоматично виконується в колірному просторі ICaS.

Практична цінність технології ICaS–ColorPrint® полягає в тому, що при реальному друці досягається значна економія кольорових фарб (понад 50%), що для цифрового друку дає значний економічний ефект і забезпечує стабільні та оптимальні умови для кольорового друку. Світовий ринок друкарських фарб і тонерів на сьогодні оцінюється в сотні мільярдів доларів США, тому за впровадженням нової інформаційної технології ICaS–ColorPrint® цифрового кольорового друку для видавничої-поліграфічної галузі є великі перспективи.

Ще одним кроком стала розробка програмного забезпечення для практичного використання нової технології кольорового друку. Створено пакет конкурентоспроможного програмного забезпечення, до якого входить база програма кольороподілу зображення. Цей науково-технічний продукт є винятково українським і може скласти гідну конкуренцію загальноживаному сьогодні графічному редактору Adobe Photoshop.

Для синтезу кольорового зображення на основі кольороподілених зображень за новою технологією ICaS–ColorPrint® у 2014 році розроблена також програма ICaS–Color Synthesis. Інформаційна технологія синтезу кольорового зображення дозволяє кількісно оцінити рівень і відповідність до вимог нового стандарту ISO 12647-2:2013 сучасних технологій додрукарської підготовки кольорових оригіналів до друку і запропонувати для виробництва інформаційну технологію ICaS–ColorPrint®, яка за своїми характеристиками перевершує вимоги цього нового стандарту щодо якості кольоровідтворення на відбитку за мінімальної кількості кольорових фарб. Програма дозволяє готувати у виробничих умовах цифрові файли друку для прямого виводу кольороподілених зображень на друкарську форму та повноколірного синтезу зображення цифрового друку. Розроблено нові методи цифрової обробки кольорового зображення для кількісної оцінки максимального накладання кольорових і чорної фарб у темних ділянках на відбитку та гамма-корекції (додавання та віднімання) кольорових фарб на стадії додрукарської підготовки форм.

Розроблено також програму ICaS–Color Inks Gamut, що виконує обробку та аналіз колірних даних, рекомендованих стандартизованих умов і результатів експериментальних вимірювань кольорів фарб в умовах виробництва. Ця програма дозволяє отримати чисельні значення базових векторів кольорів фарб і визначити показник нелінійності друкарського процесу. В програмі ICaS СМУК–Correction на основі моделі ізохром Манселла реалізовано алгоритми програмного пошуку і корекції кольорів оригіналу для кожної кольорової фарби і ахроматичної шкали нейтрально-сірих кольорів для чорної фарби.



Рис. 1. Книги, кольорові ілюстрації в яких надруковані за технологією ICaS–ColorPrint: Василь Пилип'юк. Світлопис моєї душі. Ювілейний фотоальбом вибраних світлин. — Львів: Світло й тінь, 2014. — 72 с.; Юхновський. Фотоальбом. — Львів: ІФКС НАН України, 2015. — 120 с.

Авторські права на всі етапи створеної технології ICaS–ColorPrint® захищені, проведена державна реєстрація в Україні товарного знаку ICaS–ColorPrint. Запропонована технологія була представлена в експозиції наукових установ НАН України на двох Міжнародних форумах Innovation Market, Київ, 2016–2017 рр.

Кольороподіл і вивід зображення на екран світлодіодного дисплея

Не менш привабливою виявилася ідея щодо розробки нового принципу кольороподілу зображення при його виводі на екран світлодіодного дисплея, кожний піксель якого складається з білого і трьох кольорових субпікселів. На першому етапі успішно реалізовано схему розділення довільного кольору на два основні та білий кольори. Такий принцип кольороподілу зображення базується на фізіологічній моделі колірного зору людини, яка якнайповніше відображає фундаментальні механізми складних процесів обробки колірної інформації та ідентифікації кольорів у корі головного мозку. Для оцінки ефективності використання нового принципу кольороподілу проведено аналіз кольороподілених зображень для певних наборів типових кольорів, що синтезувалися білим і двома основними кольорами, та виконано порівняння з традиційною технологією кольороподілу. Показано, що новий принцип кольороподілу реалізується за менших яскравостей кольорових субпікселів, що важливо для вирішення проблеми перевантаження кольорових субпікселів LED-дисплеїв. При цьому досягається висока якість відтворення на екрані кольорового зображення, а економія у використанні електроенергії може сягати до 15–20%, що важливо для багатьох застосувань.

Спільно з Науково-дослідною лабораторією «Центр випробувань і діагностики напівпровідникових джерел світла та освітлювальних систем на їх основі» Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України у 2019 році проведено дослідження технологічних умов виводу на екран LED-дисплея кольорового зображення двома кольорами і білим світлом, що мало на меті визначити і порівняти фізичні характеристики кольорів, синтезованих за обома технологіями — новою та традиційною. Експериментально підтверджено, що при використанні нового принципу кольороподілу синтезуються ідентичні кольори, а також те, що вивід на екран LED-дисплея зображення довільного кольору лише двома кольорами і білим світлом забезпечує умови синтезу кольорового зображення високої якості без жодних втрат колірної інформації. Дослідження у цьому напрямі тривають. Зауважимо, що за останні 20 років подано понад 800 патентів на способи та вдосконалення структури 4-субпіксельних WRGB дисплеїв, які нині використовуються. Це рекордна кількість патентів, яка відображає надзвичайну актуальність проблеми виводу на екран дисплея якісного кольорового зображення за умов економного енергоспоживання. Перші результати свідчать, що новий принцип кольороподілу зображення, який базується на моделі Х'юбела, відкриває цікаві перспективи для вирішення існуючих проблем.

ІФКС НАН України в історико-науковому та суспільному контекстах

Ярослав Ільницький

Упродовж усієї історії людства науковці не лише виступали генераторами нових знань про природу, людину і суспільство, але й докладали максимум зусиль, щоби ці знання були правильно сприйняті, належно засвоєні й знаходили відповідні ніші для практичних застосувань для загального суспільного блага. Це завдання далеко непросте, оскільки, як правило, передбачає обмеження в такому спілкуванні понятійним апаратом. Він є зрозумілим колегам з інших наук або ж представникам ненаукових професій і є, водночас, неодмінною і важливою функцією фундаментальної науки, яка фінансується, як правило, коштом платників податків. Часто при цьому доводиться використовувати мову порівнянь і спрощених аналогій задля забезпечення належного рівня розуміння.

З іншого боку, популяризація науки не допускає надмірних спрощень із підміною наукових тверджень на популярні гасла і тому є радше мистецтвом, цінність якого ще й у тому, що: по-перше, наукова ідея відточується і позбувається зайвих нашарувань (на цьому аспекті, зокрема, наголошував американський фізик Річард Фейнман); по-друге, наукова спільнота уникає свого роду герметизації у вузькому колі своїх інтересів і задач та небезпеки перетворитися в «річ у собі»; і, по-третє, формується суспільне розуміння (social awareness) важливості і необхідності наукових досліджень у повсякденному житті, а прогрес у нових технологіях асоціюється з конкретними людьми, які живуть у тому ж місті і часто потребують суспільного захисту в комерційно орієнтованому суспільстві.

Усвідомлюючи ці аспекти, співробітники ІФКС НАН України, як соціально-активні громадяни, традиційно залучені до різних форм поширення та популяризації наукових знань (лекції, семінари, круглі столи, інтерв'ю в засобах масової інформації, публікації в пресі) як серед колег-науковців, так і серед широкої громадськості. Не претендуючи на вичерпність і повноту викладу, у цьому розділі подаємо радше репрезентативну добірку із історико-наукової та суспільно-популярної діяльності Інституту та його окремих працівників протягом останніх років.

Історико-науковий аспект науки

Важливим суспільним аспектом наукової діяльності є популяризація досягнень і вшанування визначних науковців минулого, у нашому випадку — тих,

хто жили і працювали в різний час у Львові або ж суттєво доклались до становлення і розвою науки в регіоні. Така робота має декілька важливих стратегічних цілей: формує відчуття історичної тягlosti наукових шкіл і традицій; звертає погляди молодих людей в бік наукової діяльності; підкреслює імідж Львова як європейського міста науки і культури, сприяючи інвестиціям, розвитку туризму та роблячи місто привабливим для проведення в ньому наукових зібрань світового рівня.

Історико-наукову діяльність співробітники ІФКС ведуть, починаючи з 1990-х років. Це, зокрема, статті Юрія Головача про життєвий та науковий шлях низки фізиків — дійсних членів НТШ та Романа Гайди зі співавторами про нашого співвітчизника-фізика Івана Пулюя (обидві в збірнику нарисів «Аксіоми для нащадків», Львів: Каменяр, 1991); стаття Лонгіна Лисецького, Андрія Трохимчука та Василя Шендеровського під назвою «Кристали, за якими майбутнє: до 150-річчя відкриття рідких кристалів: внесок львівських фізиків» («Світогляд» № 6 за 2001 р.). Ця діяльність не переривалась з огляду на активне членство співробітників ІФКС у Комісії фізики НТШ. Останнім часом багато в напрямку вшанування пам'яті наших вчених-земляків зроблено завдяки програмі Львівської міської ради «Львів науковий», в ініціюванні якої важливу роль відіграла низка співробітників ІФКС. Як результат, на будинках, де мешкали чи працювали визначні вчені (Маріан Смолюховський, Стефан Банах, Станіслав Улям, Рудольф Вайгль та Юліуш Планер), були розміщені інформаційні пам'ятні таблиці, а співробітник Інституту Андрій Трохимчук взяв участь у телеефірі ЛОДТРК з питань наукової спадщини («Спадщина», 13.12.2015).

Іншою формою вшанування доробку вчених минулого є проведення наукових зібрань на їх честь. В цьому аспекті Інститут регулярно виступає ініціатором і (спів)організатором міжнародних конференцій, зокрема, серії «Statistical Physics: Modern Trends and Applications», у 2009 і 2019 роках — до 100- і 110-річчя від дня народження академіка Миколи Боголюбова, а у 2012 р. — з нагоди 140-річчя від дня народження проф. Маріана Смолюховського. Відбулись також три знакові для Львова наукові майстерні «Planer-Smoluchowski Soft Matter Workshop» (2009 та 2011 pp.) та «Ulam Computer Simulations Workshop» (2017). Усі перелічені наукові заходи відбулися за широкої участі провідних світових учених, поєднали минуле і майбутнє статистичної фізики та фізики м'якої речовини, були широко висвітлені в місцевій пресі і у великій мірі сприяли поширенню інформації про імена згаданих вчених та їх роль у науковому поступі.

У 2018 р. Інститут разом із Комісією фізики НТШ і Секцією фізики та астрономії ЗНЦ НАН і МОН України провели Меморіальні читання, присвячені 90-ій річниці від народження відомого фізика-теоретика та дослідника історії української науки і термінології, професора Романа Гайди (1928–1998). За участі цих же установ та МОН України у 2019 р. відбувся Меморіальний

семінар до 90-ї річниці від народження видатної особистості та відомого вченого Анатолія Свідзинського (1929–2019).

Питання державотворення та реформи науки

Актуальні проблеми державного управління та організації наукової діяльності тісно пов'язані з принципами фінансування досліджень та їх ефективністю, з реалізацією творчого потенціалу, тож не дивно, що вони перебувають у полі зору вчених. Співробітники Інституту активно висловлюють свою громадянську позицію з цього приводу в пресі, соціальних мережах, як і активно висловлюють нові ідеї на існуючих чи новостворених дискусійних майданчиках.

Так, ІФКС спільно з ЛНУ імені Івана Франка в 2015 р. організував сесію «Вибір України: минуле, сучасність і майбутнє», де заслухано виступи видатних інтелектуалів щодо розвитку наукової та освітньої сфери в Україні, конституційного права, становлення суспільства сталого розвитку і середнього класу, проблеми національної пам'яті тощо. Модератором сесії був почесний директор Інституту, акад. НАН України Ігор Юхновський.

Працівники Інституту: акад. НАН України Ігор Мриглюд та Андрій Трохимчук — активні учасники дискусій та круглих столів щодо реформування наукової сфери в Україні, члени групи з підготовки окремого законопроекту «Про наукову та науково-технічну діяльність». Ігор Мриглюд виступав на всеукраїнському телемості з обговорення законопроекту «Про наукову і науково-технічну діяльність» (30 квітня 2015 р.), а також представляв законопроект 2244а «Про наукову і науково-технічну діяльність» на слуханнях у Комітеті з питань освіти і науки Верховної Ради України 16 вересня 2015 р. Низку положень цього законопроекту враховано у прийнятому Верховною Радою України законі.

Серед публікацій у пресі за авторства співробітників Інституту є низка статей, присвячених реформі науки в Україні: Андрій Трохимчук «За чиновницьким сценарієм» («Дзеркало тижня», 5.06.2015); Ірина Єгорченко, Андрій Трохимчук та Андрій Шевченко «Академія вибирає зелений?» («Дзеркало тижня», 11.04.2016); Ігор Юхновський «Про проект Держбюджету-2017. Де тут є наука, трясця його матері?!» (ЗІК, 8.12.2016); Андрій Трохимчук «Хто стане рушієм змін?» («Дзеркало тижня», 25.05.2018).

Державотворчим ідеям присвячено цикл статей Ігоря Юхновського у виданні «Дзеркало тижня», зокрема проекту нової Конституції України. Як член Ініціативної групи «Першого грудня» Ігор Юхновський був співавтором численних звернень Групи з актуальних для суспільства і держави проблем, зокрема про мир, якого ми прагнемо, про співжиття у Європі, про свободу і толерантність, про відповідальність, про мову та освіту та низки інших. Усі звернення були поширені в засобах масової інформації і викликали значний

розголос у суспільстві. Звернення Групи зібрані в книзі «Слово про свободу й відповідальність. Ініціативна група «Першого грудня», Київ: Дух і літера, 2018, 424 с.

Міждисциплінарні концепції, фізика і гуманітарні науки

Протягом останніх декад у наукових дослідженнях спостерігаємо стійку тенденцію до посилення міждисциплінарних зв'язків між фізикою та іншими галузями знань. Такі містки мають декілька рівнів: від дослідження фізичних властивостей матерії для потреб іншої галузі (хімія, біологія, медицина) аж до синергетики методів опису і аналізу декількох дисциплін у нові підходи (складні системи, наука про дані). Ці наукові проблеми формують дискусійне поле міського міждисциплінарного семінару «Обрії науки», співорганізатором якого є Юрій Головач, а матеріали семінару вийшли друком у 2016 році («Обрії науки: збірка нарисів про науку і про вчених» (під ред. Юрія Головача та Ярослава Грицака), Львів: Вид-во УКУ, 2016, 187 с.) Центром такої тематики в ІФКС стала Лабораторія статистичної фізики складних систем, регулярний семінар якої є майданчиком для апробації результатів численних міждисциплінарних досліджень.

Співробітники Лабораторії — часті дописувачі на новинних і дискусійних веб-порталах, де діляться міждисциплінарними та світоглядними ідеями з ширшим загалом: Юрій Головач «Quo vadis, physis? Фізика і гуманітарні науки» («Zbruč», 11.03.2016); «Статистична фізика складних систем — один із напрямків діяльності ІФКС НАН України» («Світогляд», 2015, 4, 8–9); «Міста і закони» («Zbruč», 17.01.2017); «Фізична складність буття» («Zbruč», 28.03.2017); Олеся Мриглюд «Наука маленька, наука велика» («Zbruč», 2.10.2017).

Окрім цього, мультидисциплінарні концепції широко популяризовані в лекціях для студентів місцевих вишів та ширшого загалу: Олеся Мриглюд «15 хвилин про наукометрію» (лекція в рамках ініціативи «15×4», липень 2017); Юрій Головач «Фізика і соціологія» (Інститут народознавства НАН України, 2018) та «Фізика і гуманітарні науки» (Київський національний лінгвістичний університет, 2018); Олеся Мриглюд «Кількісна соціологія: аналіз активності гравців онлайн гри» (УКУ, 2018); Юрій Головач «Історія науки: ціле це більше, ніж сума його частин» (cowo.guru, 2019).

Лабораторія статистичної фізики складних систем ІФКС також була організатором двох наукових майстерень «Фізика і гуманітарні науки» (2013, 2017), які стали платформою для поширення знань про фізику серед науковців гуманітарного профілю та для початку мультидисциплінарної співпраці.

До мультидисциплінарних досліджень, які не лише викликають живий інтерес наукової та широкої спільноти, але мають і практичне застосування в повсякденні, належать роботи з кольороподілу, що тривалий час виконувались в ІФКС НАН України: Михайло Шовгенюк «Наша технологія надає зна-

чно правдивіше інформацію про колірну гаму навколишнього світу» (Урядовий кур'єр, 16.09.2016). Нова інформаційна технологія кольорового друку ICaS-ColorPrint була представлена на виставках науково-технічних інноваційних розробок НАН України (Київ, 2013, 2015), Міжнародному форумі «Innovation Market» (Київ, 2016, 2017), Китайсько-українській виставці технологій та інновацій (Київ, 2017), підсумкових виставках конкурсу проектів «Інноваційна весна у Львові» (Львів, 2013, 2017).

Інтеграція в науково-технічне життя міста

У 2016 р. Львівська міська рада започаткувала підтримку наукової діяльності місцевих учених через конкурс «Премія Львівського міського голови талановитим вченим». Це — частина програми «Львів науковий», у великій мірі ініційованої завдяки участі співробітників ІФКС Ігоря Мриглода та Андрія Трохимчука на дискусійних зібраннях із стратегії розвитку науки в регіоні. Серед номінантів конкурсу — представники Інституту: Юрій Калюжний, Андрій Баумкетнер (2016), Ярослав Ільницький, Тарас Пацаган (2017) та Тарас Брик (2018).

Відтак програма підтримки вчених отримала новий виток у форматі «Львівської системи дослідників», спрямованої на розвиток науково-технічного потенціалу міста. Серед інших завдань системи дослідників також популяризація наукових та науково-технічних досягнень наукових дослідників міста, підняття престижу професії наукового дослідника, залучення успішних наукових дослідників міста Львова до стратегічного планування розвитку міста, вирішення поставлених завдань, актуальних проблем та створення креативного середовища. Членство в Львівській системі дослідників співробітників ІФКС Мирослава Головка, Юрія Калюжного, Юрія Головача, Тараса Брика, Ярослава Ільницького, Оксани Добуш, Олеси Крупницької, Мар'яни Красницької та Володимира Шмотолохи, отримане за результатами конкурсу, без сумніву, сприятиме активній участі ІФКС у вирішенні цих задач.

Інтерв'ю на радіо і в пресі

Важливу роль у підвищенні градусу науки в суспільстві відіграють інтерв'ю, де певний стереотипний образ науковця в суспільстві персоніфікується в конкретну особу — з його інтересами, пріоритетами та думками. В радіоефірі прозвучали програми за участі Наталі Отріщенко та Юрія Головача «Дискусія про складні системи» (Радіо Сковорода, 5.10.2016) та інтерв'ю з Ярославом Ільницьким в програмі Наталі Рибки-Пархоменко «Особливі люди» (Радіо Люкс, 16.11.2013). Низку інтерв'ю із номінантами програми «Львів Науковий» взяла журналістка Діана Горбань «Над чим працюють львівські науковці та хто за це платить» (Твоє місто, 07.08.2018), в т.ч. за участі Ярослава Ільницько-

го. Зустріч-інтерв'ю із членами лабораторії статистичної фізики складних систем (Юрій Головач, Максим Дудка, Мар'яна Красницька, Дмитро Шаповал) та її гостем Леонардом Хостмаєром провела журналістка Інституту просвіти Тетяна Ільків: «Науковці — це люди, які вміють літати, не маючи крил» (17 травня 2019). В інтерв'ю Юрія Дубленича з Іриною Петренко та Анатолієм Бурдейним «Мало любити Україну до глибини душі, треба любити її й до глибини кишені» («За Вільну Україну плюс», 16.07.2015) подано історичні деталі життя і діяльності однієї із засновниць НТШ Єлизавети Милорадович.

Популяризаційні лекції, заходи, події

Фестиваль науки в ІФКС, організований НАН України, як і Дні науки у Львові в рамках Всесвітнього дня науки — це природні комунікативні простори для зустрічі зі школярами і студентами та для викладу сучасного стану фізичних знань у популярній формі. Серед лекцій, які прочитали співробітники Інституту: Юрій Дубленич «Цікаво про квазікристали» (ІФКС НАН України, 2011); Юрій Яремко «Нейтрино: частинка — привид» (Природничий музей НАН України); Олег Фаренюк «Наше місце у Всесвіті» (Українська Академія Лідерства, 2015). За інших нагод прочитано науково-популярні лекції і на такі теми: Юрій Яремко «Теорія відносності — наріжний камінь сучасної фізики» (ЗНЦ, 2016); Олег Фаренюк «Масштаби Всесвіту» та «Небесні тіла, видимі у любительський телескоп» (Українська Академія Лідерства, 2015, 2016);

Корисний досвід як із популяризації науки, так і з точки зору контакту з ширшою спільнотою, зокрема дітьми, мала група представників Інституту на Днях Львова у Києві «Україна-Львів-Європа» (Київ, Мистецький Арсенал, 2013), очолювана Олександром Іванківим та Миколою Пацаганом. Іграшки, що ґрунтувались на теоретичних фізичних моделях, вікторини і конкурси виявились дієвим способом налагодження контакту і зацікавлення відвідувачів, так за час проходження виставки сотні киян зупинялись з інтересом біля павільйону ІФКС для розмови чи участі в конкурсі.

Низку цікавих акцій із популяризації науки провели молоді вчені Інституту в рамках Львівського осередку програми Young Minds Європейського фізичного товариства, деякі з яких збирали по кілька сотень відвідувачів, як, наприклад, «Фізика вдень і вночі: неділя дослідів» (17, 22 жовтня 2017 р.).

Інформація про діяльність Інституту була опублікована і в міжнародних виданнях. Зокрема, про Міжнародний коледж докторантів «L4» та Ізінгівські читання у Львові йшлося в інтерв'ю з Бертраном Бершем (Нансі, Франція) і Ральфом Кенною (Ковентрі, Великобританія) з нагоди співпраці цих науковців із ІФКС у дослідженнях явища перколяції (J. Phys.+, 21.07.2017). Інтерв'ю з авторами статті «Partition function zeros for the Ising model on complete graphs and on annealed scale-free networks» Мар'яною Красницькою, Бертраном Бершем, Юрієм Головачем та Ральфом Кенною опубліковане на онлайн-сторін-

ці журналу J. Phys. A, а популярна інформація про статтю Петра Сарканича, Юрія Головача та Ральфа Кенні (Phys. Lett. A381, 3589, 2017) розміщена на офіційній сторінці видавництва Elsevier.

Для оперативного поширення інформації про Інститут та цікаві події, пов'язані з популяризацією науки і фізики зокрема, активно використовується сторінка Інституту в Facebook, окрему сторінку має також Лабораторія статистичної фізики складних систем. Окрім цього, ці заходи висвітлюються на веб-сторінках Інституту, НАН України, новинних ресурсах zaxid.net, zik.ua та ін. Як приклад, детальні повідомлення про об'єднаний захід «Ізінгівські читання-2016» та засідання наглядових комітетів проектів IRSES 7-ї Рамкової програми ЄС були поміщені на сайті НАН України; а інформація про Улямівську міжнародну конференцію з комп'ютерного моделювання, організовану і проведену ІФКС у червні 2017 року, широко представлена на інтернет-ресурсах Львівської міської ради, ЛНУ ім. Івана Франка та новинному ресурсі zaxid.net тощо.

Підсумовуючи, можна сміливо сказати, що ІФКС завжди був і залишається на передньому рубежі наукових проблем як організатор широкого спектру громадсько-суспільних та науково-історичних ініціатив, глибоко інтегрованих у простір Львова та України.

Публікаційна активність інституту

Олеся Мриглов, Ігор Мриглов

Короткий вступ. Наукова публікація досі залишається основним способом маніфестації одержаного результату в науці. Особливо це стосується фундаментальних досліджень, основне завдання яких — отримання нових знань про навколишній світ в усіх його проявах. Опублікувавши свою роботу, науковець фіксує авторство за результатом і оприлюднює його для верифікації колегами та якомога ширшого розповсюдження. Залежно від дисципліни, існують різні види публікаційної культури, проте найчастіше основна роль відводиться тут науковим періодичним виданням. З одного боку, хороший фаховий науковий журнал із добре апробованою системою незалежного рецензування виступає як перший експертний фільтр, що забезпечує належну якість проведеного дослідження. З іншого боку, він залишається доволі оперативним засобом наукової комунікації між дослідниками з різних країн, де, окрім опублікування нового результату та його верифікації, залишаються відкритими опції для оперативних коментарів чи висловлення контраргументів.

До певної міри, наукові публікації в рецензованих фахових виданнях можна розглядати як опосередкований показник ефективності наукової праці, яку безпосередньо важко «виміряти». Аналіз статистики бібліометричних показників дає змогу оцінити та порівняти діяльність окремих вчених, дослідницьких груп, колективів установ чи наукового потенціалу цілих країн. У рамках науки про науки (наукознавства) сформувалася окрема дисципліна — наукометрія, що вивчає і розвиває кількісні підходи для опису науки як дуже специфічного і важливого виду людської діяльності, і одним із основних її завдань залишається аналіз публікаційної активності. З середини минулого століття в арсеналі наукометрії з'явилися різноманітні методики кількісного аналізу, що базуються на врахуванні наукових покликів. При цьому визнано, що цитування наукових робіт своїх попередників уже несе в собі елемент оцінювання їх значущості та впливу на наступні дослідження. Звісно, аналіз наукових цитувань рідко буває однозначним з огляду на різні мотивації до їх здійснення, ряд технічних труднощів, дисциплінарні відмінності тощо. Добре відомі приклади таких явищ, як «негативне» цитування (цитування робіт із помилковими твердженнями) або ж «відтерміноване визнання» (йдеться про публікації, які романтично називали «сплячими красунями» через віддалений в часі спалах їх цитованості). Загалом, наукометрики не є ідеальним, універсальним чи єдиним засобом для оцінювання ефективності наукової діяльності, проте вони дають змогу урізноманітнити та збагатити відповідний інструментарій та привнести кількісний аспект у діяльність експертів, на яких

покладається таке ж завдання. Базуючись на достатній статистиці, такі методи дозволяють виявити певні загальні тенденції і фактори, які їм сприяють. Саме тому аналіз публікаційної активності залишається важливим джерелом інформації, коли мова заходить про опис наукової діяльності на індивідуальному чи груповому рівнях.

Кілька слів варто сказати і про джерела інформації, їх надійність, вичерпність та зручність з точки зору знаходження необхідної інформації. Якщо мова заходить не просто про цільовий пошук наукових публікацій, але й про збір релевантної інформації щодо їх цитованості, то відразу постає питання щодо авторитетності самого інформаційного ресурсу. Так, найбільш визнаними у світі наукометричними ресурсами нині є Web of Science (WoS) від Clarivate Analytics та Scopus від Elsevier. Базуючись на достатньо вичерпних базах даних, вони все ж не є всеохопними чи «всєйдними», на відміну від інформаційних пошуковиків на кшталт Google Scholar. Надійність згаданих сервісів гарантується саме їх вибірковістю: у базах індексується не вся наукова періодика, а лише її частина, що задовільняє цілій низці критеріїв. Основне завдання такого обмеження полягає у відборі найкращих наукових видань як із огляду на дотримання базових видавничих стандартів, так і з точки зору можливостей відповідних редколегій забезпечити конкурентний і якісний вміст. Уже згадані наукометричні ресурси не лише індексують наукові видання, але й збирають відомості про згадування кожної із публікацій в науковій літературі. Відповідні програмні надбудови дають змогу здійснити первинне опрацювання статистики цитувань. Фізика як дисципліна досить добре охоплена як у WoS, так і в Scopus, тому саме ці ресурси використовуємо для отримання портрета публікаційної діяльності Інституту.

Про число публікацій. Пошук за профілем установи «Institute for Condensed Matter Physics Nasu» станом на вересень 2019 року дає перелік із 1549 документів у базі даних Scopus та 1401 — в основній колекції (Core Collection) баз даних WoS. Потрібно відразу зазначити: що глибша ретроспектива пошуку, то більше виникає технічних нюансів, пов'язаних із різним написанням назви установи і зі способом її вказання. Сьогодні, коли очевидно є необхідність використання уніфікованих назв та типових структур документів, а також коли доступні можливості верифікації та зведення профілів авторів чи установ, такі проблеми виникають рідше. Все ж деякі публікації, що мали б належати до профілю Інституту, можуть досі випадати з аналізу. Адже деякі помилки чи неточності, допущені самим авторами, неможливо виправити автоматично. В окремих випадках автори не згадують основного місця праці, стажуючись в інших установах. Також двозначності виникають при некоректному написанні місця праці або ж через неспроможність сервісу автоматично розпізнати ієрархічне підпорядкування: скажімо, визначити Інститут як окрему одиницю, а не долучити публікацію до профілю цілої Академії наук, якій він підпорядковується. Ще один типовий приклад стосується робіт,

де основне місце праці автора вказується не у полі всіх афіліацій, а зовсім окремо (іноді у зносці з приміткою «основна адреса» / «permanent address», «у відпустці з» / «on leave from», тощо). Яскравий приклад — стаття:

- Baumketner, A., Bernstein, S.L., Wyttenbach, T., Bitan, G., Teplow, D.B., Bowers, M.T. and Shea, J.E., Amyloid β -protein monomer structure: A computational and experimental study. *Protein Science*, 15(3), 420–428 (2006).

яка не потрапляє до профілю Інституту згідно WoS, а у профілі за даними Scopus фігурує в десятці найцитованіших робіт (див. Додаток 2).

Окремої уваги заслуговує ще один аспект, важливий для побудови коректного наукометричного профілю установи: фактично історія колективу Інституту розпочалася в 1969 році, а Інститут фізики конденсованих систем НАН України офіційно постав лише в 1990-му. Природно, що сегмент праць, які були опубліковані раніше, не враховується наукометричними сервісами. Вказані назви відділу (чи пізніше відділення) Інституту теоретичної фізики (ІТФ) АН УРСР або ж просто Академії наук УРСР не можуть бути автоматично віднесеними до Інституту з сучасною його назвою. З іншого боку, в часи СРСР (як і зрештою у світі) існували зовсім інші «правила академічної гри»: практика врахування наукових цитувань широко не використовувалася, іншими були вимоги до публікацій, а також відповідно і до звітності і т.д. Однією з особливостей радянського періоду, коли вітчизняна наука розвивалася відокремлено від світової, була орієнтація на публікації в авторитетних галузевих журналах союзного рівня, із яких лише певна частина перекладалася і перевидавалася за кордоном, а публікація матеріалів у іноземних виданнях не лише не заохочувалася, але й потребувала отримання спеціальних дозволів уповноважених органів. Окрім того, певний час (після 70-х років) до переліку поважних видань відносилися також деякі видання оперативної поліграфії. Скажімо, ВАК СРСР у частині «теоретична фізика» високо позиціював препринти Об'єднаного інституту ядерних досліджень (Росія, Дубна) чи, для прикладу, Інституту теоретичної фізики (Київ), для публікації яких вимагалася рекомендація вченої ради установи.

Таким чином, оцінити публікаційну активність інституту до 1990 року є непростим завданням, більшість публікацій залишаються невидимими для сучасних наукометричних сервісів, а навіть ті статті, що були проіндексовані в них, часто фігурують під іншими афіліаціями. Для того, щоб оцінити публікаційну активність колективу в «доінститутський період» (до 1992 року включно, адже деякі матеріали чекали на опублікування більше року), фактично вручну було проведено поіменний пошук, що дозволив відібрати статті тих працівників, які працювали ще в період відділу та, згодом, відділення. З врахуванням того, що транслітерації прізвищ в ті часи лише встановлювалися, то для пошуку доводилося врахувати іноді до п'яти різних написань одного прізвища. В результаті було виявлено 246 таких робіт у базі WoS (Core Collecti-

on), 78 із цих «видимих» статей були опубліковані в міжнародних журналах (для прикладу, на перших позиціях *PHYSICA STATUS SOLIDI B — BASIC RESEARCH* — 21 стаття, *MOLECULAR PHYSICS* — 8), усі інші — це публікації в радянській науковій періодиці, а саме:

- 91 публікація у всесоюзних журналах (серед лідерів *THEORETICAL AND MATHEMATICAL PHYSICS* — 41, *FIZIKA METALLOV I METALLOVEDENIE* — 12, *IZVESTIYA AKADEMII NAUK SSSR SERIYA FIZICHESKAYA* — 10)
- 77 статей в українських фахових виданнях (більшість у *UKRAINSKII FIZICHESKII ZHURNAL* — 60, *DOPOVIDI AKADEMII NAUK UKRAINSKOI RSR SERIYA A-FIZIKO-MATEMATICHNI TECHNICHNI NAUKI* — 13).

На Рис. 1 наведено щорічні показники публікаційної активності колективу Інституту за даними Scopus та WoS. Ретроспективні 246 статей показані кружечками, а результати пошуку за профілем установи у двох базах, відповідно, відображені у вигляді квадратиків (Scopus) та трикутників (WoS).

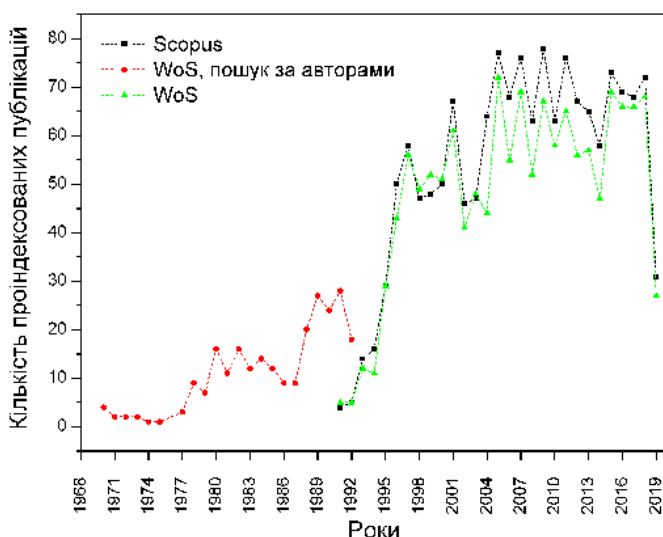


Рис. 1. Щорічна динаміка кількості опублікованих робіт працівниками Інституту: до 1992 включно на основі поіменного пошуку (кружечками), за період (1990–2019) на основі пошуку за профілем установи «Institute for Condensed Matter Physics NASU» станом на вересень 2019 року в базах Scopus (квадратики) та WoS (трикутники).

Очевидно, що результати проведеного пошуку в базах WoS чи Scopus відображають лише деякий сегмент із списку публікацій Інституту, що стосу-

ється тих періодичних видань, з якими відповідні бази працюють, чи працювали в певні проміжки часу. Тому цікавим є питання про загальне число публікацій, що продукувалися дослідниками з колективу Інституту в різні роки з врахуванням тих, що не увійшли до згаданих вище баз даних. Зокрема мова про велику кількість наукових видань в Україні або ж колишньому СРСР, включно із препринтами, монографіями, підручниками або ж іншими типами неперіодичних наукових публікацій. Наприклад, до 90-х років значна частина публікацій авторського колективу теперішнього Інституту були препринтами Інституту теоретичної фізики. Так, з 1969 по 1979 роки відділ СТеКС ІТФ АН УРСР опублікував понад 300 наукових публікацій, лише третину з яких складали статті в наукових журналах, а за часів Відділення статистичної фізики ІТФ АН УРСР (1980–1990) з понад тисячі опублікованих робіт ця частка була ще меншою — близько чверті. Решту публікацій становлять, в основному, препринти та тези доповідей на наукових конференціях. Від моменту офіційного становлення (з 1991 по 2019 рр.) Інститут звітував про понад 5 тис. наукових публікацій (в середньому, 170–190 щороку), з яких більше 2 тис. (в середньому, 70 щороку) — статті у провідних фахових наукових виданнях. Перелік із більше півсотні найменувань інших друкованих праць працівників Інституту (монографій, підручників, популярних та інформаційних видань) наведено в Додатку 1.

Аналіз цитувань. 246 робіт працівників теперішнього Інституту, опубліковані в 1970–1992 роках, зібрали понад 1400 цитувань. Чотири статті одержали понад 70 покликів (станом на 17.09.2019):

- Nezbeda I., Kolafa J., Kalyuzhnyi Y.V. Primitive model of water: II. Theoretical results for the structure and thermodynamic properties. *Molecular Physics* **68**, 143–160 (1989) (114 цитувань).
- Holovko M.F., Kalyuzhnyi Y.V. On the effects of association in the statistical theory of ionic systems. Analytic solution of the PY-MSA version of the Wertheim theory. *Molecular Physics* **73**, 1145–1157 (1991) (102 цитування).
- Kalyuzhnyi Yu.V., Holovko M.F., Haymet A.D.J. Integral equation theory for associating liquids: Weakly associating 2–2 electrolytes. *The Journal of chemical physics* **95**, 9151–9164 (1991) (71 цитування).
- Plakida N.M., Yushankhai V.Yu., Stasyuk I.V. On the role of kinematic and exchange interactions in superconducting pairing of electrons in the Hubbard model, *Physica C* **160**, 80–88 (1989) (71 цитування).

З десятки найцитованіших робіт лише одна виявилась опублікованою у вітчизняній науковій періодиці:

- Gurskii Z.A., Krasko G.L. Model pseudopotential and some atomic properties of alkali and alkali-earth metals, *Soviet Physics Doklady* **16**, 298 (1971) (34 цитування).

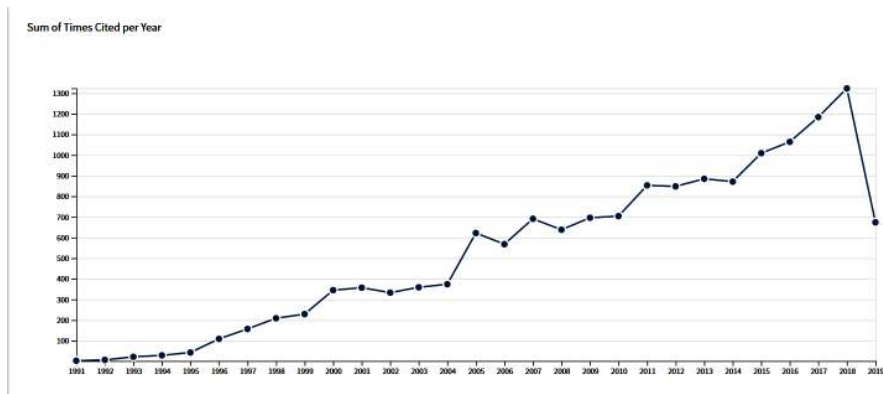


Рис. 2. Кількість цитувань, що були отримані впродовж кожного з років у період після 1991 року, на публікації установи «Institute for Condensed Matter Physics NASU» станом на вересень 2019 у базі WoS (Core Collection). Рисунок завантажений із офіційного сайту WoS [www.webofknowledge.com].

Роботи за профілем Інституту в базі WoS були процитовані загалом понад 15200 разів, частка самоцитовань виявилася на рівні 30%. На Рис. 2 показано кількість цитувань, які були отримані кожного року, на публікації Інституту в 1991–2019 рр. (станом на 17.09.2019).

Як відомо, розподіл цитувань не є симетричним, а характеризується типовим степеневим загасанням, тому середня кількість цитувань на одну роботу (10,85 за версією WoS), хоча і несе певне інформативне навантаження, однак не є показовою: зазвичай, є невелика частка високоцитованих робіт (біля 40 робіт були процитовані понад 50 разів, а 13 з них отримали понад 100 покликів), значна частина статей, що цитувалися лише по кілька разів, а близько 1.2% не були процитовані (з них більше третини — найновіші статті, що опубліковані в період з 2015 року). Медіана, рівна 5, говорить про те, що не менше половини усіх статей отримали хоча б 5 покликів.

Сьогодні часто зустрічаємося з практикою порівняння ефективності наукових установ за різними показниками, які часто базуються на рівні цитованості їхніх публікацій. Звісно, що робити це можна, але з врахуванням цілої низки застережень, що стосуються: галузі науки і тематики профільних досліджень установ; чисельності їхніх колективів науковців; основних методів досліджень, які ними використовуються (теорія, експеримент, комп'ютерні симуляції, «польові дослідження» тощо); рівнів фінансування установ тощо. Одним із найвживаніших показників для такого порівняння слугує так званий індекс Гірша (Hirsch index, h-індекс) — показник, запропонований у 2005 році для індивідуального оцінювання продуктивності та цитованості вчених.

Значення цього індекса буде рівним N , якщо хоча б N публікацій отримали не менше N покликів. Таким чином, цей показник свідчить про величину ядра високоцитованих публікацій та нехтує малоцитованими. І хоча індексу Гірша притаманні певні недоліки, які широко обговорювалися в наукометричній спільноті, простота його розрахунку та наочність зробили індекс Гірша одним із найпопулярніших у серії інших наукометрич. Коректність використання h -індекса на груповому рівні досі під питанням, проте публікації, які він враховує, безсумнівно, можна вважати найзначимішими з тих, що сприяють визнанню наукової групи чи установи. Для Інституту таке «публікаційне ядро» складається із 47 публікацій за версією WoS (51 згідно зі Scopus). Перелік найцитованіших статей (50 і більше цитувань) за версією Scopus із вказанням кількості цитувань станом на 19.09.2019 року наведений у Додатку 2. Зауважимо, що в силу причин, про які йшлося вище, списки найцитованіших публікацій за версіями WoS та Scopus можуть відрізнятися, інколи, досить помітно. У випадку Інституту перша топ-п'ятірка в обох версіях співпадає. Для топ-десятки збігається вісім статей з 10. Частка таких відмінностей зростає зі збільшенням числа статей, включених до відповідних рейтингових списків.

Тематика та географія публікацій. Природно, що домінуючою тематикою для публікацій Інституту згідно із класифікацією WoS є фізика конденсованої речовини («Physics Condensed Matter») — більше третини (фактично, майже 40%) усіх опублікованих робіт відносяться до цього напрямку. Далі, за кількістю публікацій, у переліку фізична хімія («Chemistry Physical») та атомістична, молекулярна і хімічна фізика («Physics atomic molecular chemical»). Цікаво, що першу п'ятірку завершують міждисциплінарні напрямки досліджень («Physics multidisciplinary» та «Materials science multidisciplinary»), які разом охоплюють також приблизно третину всіх публікацій інституту. І дуже показово, що попри чітко визначений основний профіль Інституту, яким є теоретична фізика з чітким акцентом на фундаментальні дослідження, більше 10% усіх статей відносяться до прикладної фізики. Подібний тематичний спектр характеризує статті, що цитують праці колективу Інституту. Тут на першому місці знаходимо фізичну хімію; далі — атомістичну, молекулярну та хімічну фізику; фізику конденсованої речовини тощо. Як за версією WoS, так і за даними Scopus, серед найвживаніших ключових слів, які використовують автори в публікаціях Інституту знаходимо такі: молекулярна динаміка (molecular dynamics), фазовий перехід (phase transition), ренормгрупа (renormalization group), сегнетоелектрики (ferroelectrics), діелектрична проникність (dielectric permittivity), модель Ізінґа (Ising model), критична точка (critical point), асоціація (association), параметр порядку (order parameter).

Мережа авторської співпраці Інституту в період 1991–2019 рр. включає 707 науковців: приблизно до сотні його працівників у різні роки співпрацювали (пов'язані зв'язками) з шістьма сотнями колег із інших установ. Мережа співавторства країн поєднує Інститут (Україну) з 39 країнами світу, що про-

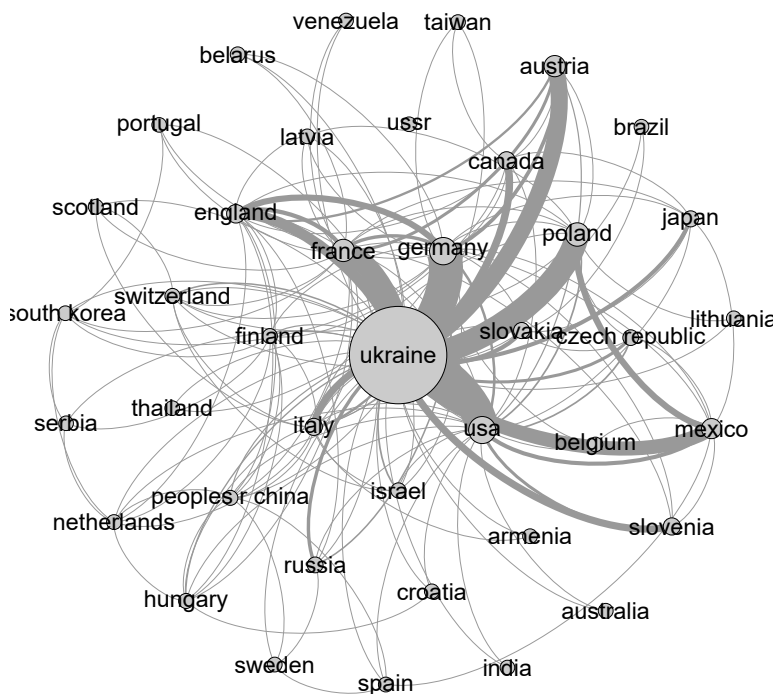


Рис. 3. Мережа співавторства країн, побудована на основі даних WoS про публікації за профілем установи «Institute for Condensed Matter Physics NASU», експортованих у вересні 2019 р. Для генерації мережі було використано програмне забезпечення VosViewer, а для подальшої візуалізації — програму Gephi.

ілюстровано на Рис. 3.

Про інтенсивність міжнародних зв'язків (чи величину авторського вкладу) з різними країнами світу можна дізнатися з діаграми, що приведена на Рис. 4. Видно, що інтегрально за цей період найміцніші зв'язки поєднували науковців Інституту з вченими Німеччини, США, Польщі, Франції, Австрії, за якими в першій десятці знаходимо також Мексику, Великобританію, Канаду, Словенію та Італію. Зрозуміло, що різні періоди часу послідовність країн у цьому списку змінювалася, залежно від того, які міжнародні проекти були в той час найактуальніші, проте загальну картину цей список цілком відображає.

Замість висновків. У добу розвинутих інформаційних технологій пошук даних про наукові публікації видається завданням майже тривіальним. Проте з врахуванням вищезгаданих нюансів бачимо, що серед усього різноманіття «інформаційних слідів» іноді складно виокремити справжню статистику. Та й

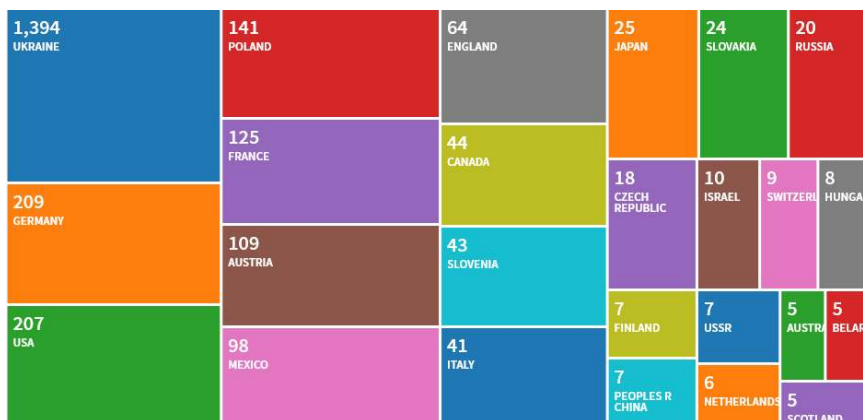


Рис. 4. Діаграма географічного спектру співавторів публікацій за профілем установи «Institute for Condensed Matter Physics NASU» станом на вересень 2019 у базі WoS (Core Collection). Рисунок із WoS Рисунок завантажений із офіційного сайту WoS [www.webofknowledge.com].

у питанні «достовірності» можна знову повертатися до початків, запитуючи щоразу наново, що ж дійсно вибрати за умовну одиницю результату наукової праці і чи слід, для прикладу, враховувати всі опубліковані роботи з певними вагами чи ж брати до уваги лише статті у найавторитетніших журналах і які критерії їх авторитетності. Можна запроваджувати інші наукометрики, зокрема враховуючи виключно матеріали у відкритому доступі (Open Access, OA) чи базуючись на даних пошуковиків, на кшталт Google Scholar, які характеризуються найширшим охопленням і «влювлюють» навіть «наукоподібні» матеріали, або ж використовують «національні бази», що запроваджують свої (інколи доволі сумнівні) критерії та означення «публікації в науковому виданні». Проте виникає сумнів, чи слід знову видумувати велосипед...

Інформація про публікаційну активність Інституту, що приведена у цьому розділі, отримана в спосіб, що є вже традиційним у наукометрії. Вважаємо, що вона буде корисна тим, хто цікавиться наукою. Серед ключових моментів на які хочеться звернути особливу увагу, відмітимо такі: пройшовши тривалу дорогу в півстоліття, невеликий колектив Інституту (до 70 дослідників) отримав цілком європейські показники наукової діяльності, публікуючи щорічно біля 70 статей у провідних міжнародних виданнях; за ці 50 років колектив Інституту здобув авторитет у світовій спільноті, про що яскраво свідчить рівень цитувань наукових праць його співробітників — біля 1300 цитувань щорічно (див. Рис. 2 в останні роки); рівень міжнародної співпраці вказує високі показники інтегрованості фундаментальних досліджень, що виконуються в Інституті, у світову науку і забезпечує надійну верифікацію отриманих результатів.

Як підсумок, варто наголосити на помилковості деяких тверджень, котрі все частіше можна чути з уст деяких представників влади щодо науки і наукових установ і які спростовують дані, що приведені вище. Найпопулярнішими є такі міфи:

- *міф про швидку відтворюваність науки.* Досвід Інституту яскраво свідчить, що для створення ефективно працюючого наукового колективу необхідно щонайменше декілька десятирок років, точніше — до півстоліття. І це лише в умовах, що система вищої освіти забезпечує якісну підготовку відповідних фахівців на рівні магістрів, а держава може належно профінансувати створення нового колективу;
- *міф про нібито неефективність малих установ.* Це твердження базується на вірі, що для обслуговування наукової діяльності у великій установі потрібно менше допоміжного персоналу. При цьому ігноруються усі інші «дрібні витрати» як от: в швидкості комунікації при вирішенні оперативних питань та в якості перспективних рішень через різноманітність цілей і завдань багатьох наукових груп. Останні дослідження залежності ефективності праці вчених у колективі свідчать про існування оптимального розміру групи, що складає залежно від галузі науки, завдань проекту і типу досліджень від 5 до 10 науковців. І не існує надійних свідчень того, що у великій установі наукові дослідження проводяться ефективніше. Хоча в значній мірі ефективність роботи установи залежить від рівня її фінансування;
- *міф про необхідність розвивати лише прикладну науку.* Бо для чого витрачатися на фундаментальну, якщо основні знання можна знайти в Інтернеті? При цьому забувають про інші важливі функції науки, зокрема експертну та освітню, без яких суспільство починає рухатися у зворотному напрямку еволюції. Ігнорується також той факт, що без науки фундаментальної, не може мати перспектив наука прикладна. Звісно, що апологети цього міфу і тут мають контраргумент, бо при потребі «можемо купувати і технології». Важко не погодитися, бо дійсно зараз уже можна купувати і використовувати навіть програми зі «штучним інтелектом», проте цілковитою рідкістю на ринку залишається «державна мудрість».

І наостанок слід застеретти прихильників кардинальних структурних змін у науковій сфері — різкі зміни тут супроводжуватимуться значними іміджевими втратами України як розвинутої європейської держави. Бо, як свідчать наведені тут результати, завоювати міжнародний авторитет для будь-якого дослідницького центру важко, оскільки його наукометрична історія розпочинається з моменту творення нової назви. Не просто його і підтримувати на належному рівні, проте тут діє принцип «багатий багатіє», а отже структура, яка відома і авторитетна має значно більше шансів виграти між-

народний проект, інтегруватися у світову науку чи організувати міжнародну конференцію. А кількість таких авторитетних у світі наукових установ якраз і визначає престиж науки в Україні в цілому.

Додаток 1. Перелік монографій, підручників, популярних та інформаційних видань, авторами яких є науковці з колективу Інституту

1. И.Р. Юхновский, М.Ф. Головкин. Статистическая теория классических равновесных систем. — К.: Наукова думка, 1980. — 372 с.
2. И.Р. Юхновский. Фазовые переходы второго рода. Метод коллективных переменных. — К.: Наукова думка, 1985. — 224 с.
3. Проблемы современной статистической физики. Сб. науч. тр. / Под ред. Н.Н. Боголюбова. — К.: Наукова думка, 1985. — 288 с.
4. I.R. Yukhnovskii. Phase transitions of the second order. Collective variables method. — Singapore, World Scientific, 1987. — 327 p.
5. И.Р. Юхновский, И.И. Курыляк. Электролиты. — К.: Наукова думка, 1988. — 168 с.;
6. И.Р. Юхновский, З.А. Гурский. Квантово-статистическая теория неупорядоченных систем. — К.: Наукова думка, 1991. — 228 с.
7. І.Р. Юхновський. Україна — незалежна держава. Виступи, аналітичні статті. — Львів: Зах. наук. центр, 1994. — 128 с.
8. І.Р. Юхновський. Основи квантової механіки. — К.: Либідь, 1995. — 352 с.
9. Ігор Рафаїлович Юхновський. Біобібліографія вчених України / Відп. ред. М.А. Кориневський. — К.: Наукова думка, 1995. — 85 с.
10. Р. Гайда, Р. Пляцко. Іван Пулюй. 1845–1918: Життєписно-бібліографічний нарис. — Львів: Вид-во Наукового товариства імені Шевченка у Львові, 1998. — 284 с.
11. М.В. Шовгенюк, В.Є. Білорус, І.З. Миклушка, В.О. Дудяк. Ввід і вивід зображень в комп'ютерних видавничих системах. — Львів: Вид-во Української академії друкарства, 1998. — 144 с.
12. Роман Гайда (1928–1998). Біобібліографічний покажчик / Відп. ред. В.І. Третяк. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 1998. — 46 с.
13. Ігор Васильович Стасюк. Бібліографічний покажчик / Відп. ред. О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 1998. — 62 с.
14. Олег Держко, Василь Мигаль. Вибрані питання неоднорідних класичних плинів. — Львів: ЛДУ ім. Івана Франка, 1999. — 220 с.
15. Формули життя і творчості академіка Юхновського. Есе, інтерв'ю, хроніка / Під ред. В.Й. Здоровеги, Б.В. Залізняка, О.Л. Іванківа, І.М. Мриглода, Ю.О. Шевченко. — Львів-Київ: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2000. — 160 с.

16. І.Р. Юхновський, М.П. Козловський, І.В. Пилюк. Мікроскопічна теорія фазових переходів у тривимірних системах. — Львів: Євросвіт, 2001. — 592 с.
17. Roman Gajda, Roman Plazko. Johann Pulujs Rätsel des universalen Talents. — Eurowelt Verlag L'wiv, 2001. — 264 s.
18. І.Р. Юхновський. Основи квантової механіки. — 2-ге вид., перероб. і доп. — К.: Либідь, 2002. — 392 с.
19. Роман Романович Левицький. Біобібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мриглов, О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 1998. — 46 с.
20. Мирослав Федорович Головка. Біобібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мриглов, О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2003. — 58 с.
21. Order, Disorder and Criticality. Advanced Problems of Phase Transition Theory / Ed. by Yu. Holovatch. — Singapore, World Scientific, 2004. — 287 p.
22. Зіновій Олександрович Гурський. Біобібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мриглов, О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2004. — 30 с.
23. І.Р. Юхновський. Вибрані праці. Фізика. — Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. — 858 с.
24. І.Р. Юхновський. Вибрані праці. Економіка. — Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. — 864 с.
25. Ionic Soft Matter: Modern Trends in Theory and Applications / Ed. by D. Henderson, M. Holovko, A. Trokhymchuk. — Springer, 2005. — 418 p.
26. М.А. Кориневський. Задачі з фізики з розв'язаннями. Електромагнетизм. — Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. — 224 с.
27. Наукова рада з проблеми «Фізика м'якої речовини». Короткий підсумок діяльності у період до 2006 року / Відп. ред. І.Р. Юхновський. — Львів-Київ: Інст. фізики конденс. систем НАН України, ВФА НАН України, 2006. — 105 с.
28. Order, Disorder and Criticality. Advanced Problems of Phase Transition Theory / Ed. by Yu. Holovatch. — Singapore, World Scientific, 2007. — Vol. 2. — 293 p.
29. І.М. Мриглов, В.В. Ігнатюк, Ю.В. Головач. Микола Боголюбов та Україна. — Львів: Євросвіт, 2009. — 192 с.
30. П.П. Костробій, М.В. Токарчук, Б.М. Маркович, В.В. Ігнатюк, Б.В. Гнатів. Реакційно-дифузійні процеси в системах «метал-газ». — Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. — 208 с.
31. І.В. Стасюк, Р.Р. Левицький, А.П. Моїна, О.Г. Сливка, О.В. Величко. Польові та деформаційні ефекти у складних сегнетоактивних сполуках. — Ужгород: Гражда, 2009. — 392 с.
32. Бінарна функція розподілу для систем взаємодіючих заряджених части-

- нок (за матеріалами кандидатської дисертації І.Р. Юхновського) / За ред. Ю. Головача, М. Головка, Р. Мельника, І. Мриглода, М. Токарчука. Серія: «З джерел фізичної науки» — Львів: Євросвіт, 2010. — 168 с.
33. І.Р. Юхновський. Вибрані праці. Політика. — Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2010. — 566 с.
34. В.І. Третяк. Форми релятивістичної лагранжевої динаміки. — К.: Наукова думка, 2011. — 280 с.
35. Наукова рада з проблеми «Фізика м'якої речовини». Короткий підсумок діяльності у 2006–2010 роках / Відп. ред. І.Р. Юхновський. — Львів-Київ: Інст. фізики конденс. систем НАН України, ВФА НАН України, 2011. — 192 с.
36. М.П. Козловський. Вплив зовнішнього поля на критичну поведінку тривимірних систем. — Львів: Вид-во «Галицький друкар», 2012. — 332 с.
37. Михайло Павлович Козловський. Біобібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мригloed, І.В. Пилюк, О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2012. — 46 с.
38. Yu. Yaremko, V. Tretyak. Radiation Reaction in Classical Field Theory: Basics, Concepts, Methods. — Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co., 2012. — 423 p.
39. І.В. Стасюк. Функції Гріна у квантовій статистиці твердих тіл. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. — 392 с.
40. Order, Disorder and Criticality. Advanced Problems of Phase Transition Theory / Ed. by Yu. Holovatch. — Singapore, World Scientific, 2013. — Vol. 3. — 237 p.
41. І.І. Григорчак, П.П. Костробій, І.В. Стасюк, М.В. Токарчук, О.В. Величко, Ф.О. Іващишин, Б.М. Маркович. Фізичні процеси та їх мікроскопічні моделі в періодичних неорганічно/органічних клатратах. — Львів: Вид-во Растр-7, 2015. — 286 с.
42. П.П. Костробій, Б.М. Маркович, М.В. Токарчук. Елементи теорії випадкових процесів. — Львів: Вид-во Растр-7, 2015. — 182 с.
43. Order, Disorder and Criticality. Advanced Problems of Phase Transition Theory / Ed. by Yu. Holovatch. — Singapore, World Scientific, 2015. — Vol. 4. — 217 p.
44. Юхновський. Фотоальбом / Упор. О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2015. — 120 с.: 170 світл.
45. Обрії науки (Збірка нарисів про науку і про вчених) / За ред. Ю. Головача та Я. Грицака. — Львів: Вид-во Українського католицького університету, 2016. — 186 с.
46. Наукова рада з проблеми «Фізика м'якої речовини». Короткий підсумок діяльності у період 2011–2015 років / Відп. ред. І.Р. Юхновський. — Львів-Київ: Інст. фізики конденс. систем НАН України, ВФА НАН України, 2016. — 227 с.

47. Оксана Вадимівна Пацаган. Бібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мриглод, О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2016. — 33 с.
48. Михайло Васильович Токарчук. Біобібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мриглод, О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2016. — 62 с.
49. Андрій Дмитрович Трохимчук. Біобібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мриглод, Т.М. Брик, О.Л. Іванків, Р.С. Мельник. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2016. — 48 с.
50. Ising Lectures in Lviv (1997–2017) / Ed. by M. Krasnytska, R. de Regt, P. Sarkanych. — Lviv: Inst. for Condens. Matter Phys. NAS of Ukraine, 2017. — 218 p.
51. Ігор Васильович Пилюк. Біобібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мриглод, О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2017. — 28 с.
52. Юрій Васильович Головач. Бібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мриглод, О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2017. — 69 с.
53. Order, Disorder and Criticality. Advanced Problems of Phase Transition Theory / Ed. by Yu. Holovatch. — Singapore, World Scientific, 2018. — Vol. 5. — 399 p.
54. Т.Є. Крохмальський. Вступ до квантових обчислень. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2018. — 204 с.
55. Микола Антонович Кориневський. Бібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мриглод, О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2018. — 32 с.
56. Ігор Васильович Стасюк. Бібліографічний покажчик / Відп. ред. І.М. Мриглод, А.М. Швайка, О.Л. Іванків. — Львів: Інст. фізики конденс. систем НАН України, 2018. — 130 с.

Додаток 2. Перелік найцитованіших (50 і більше цитувань) наукових статей працівників Інституту (за версією Scopus) станом на 19 вересня 2019 р.

1. Kovalenko, A., Hirata, F. Self-consistent description of a metal-water interface by the Kohn-Sham density functional theory and the three-dimensional reference interaction site model, *Journal of Chemical Physics*, **110** (1999) 10095–10112. Cited 432 times.
2. Trokhymchuk, A., Alejandre, J. Computer simulations of liquid/vapor interface in Lennard-Jones fluids: Some questions and answers, *Journal of Chemical Physics*, **111** (1999) 8510–8523. Cited 355 times.
3. Kovalenko, A., Hirata, F. Three-dimensional density profiles of water in con-

- tact with a solute of arbitrary shape: A RISM approach, *Chemical Physics Letters*, **290** (1998) 237–244. Cited 297 times.
4. Bernstein, S.L., Wytttenbach, T., Baumketner, A., Shea, J.-E., Bitan, G., Teplow, D.B., Bowers, M.T. Amyloid β -protein: Monomer structure and early aggregation states of A β 42 and its Pro19 alloform, *Journal of the American Chemical Society*, **127** (2005) 2075–2084. Cited 263 times.
 5. Simeoni, G.G., Bryk, T., Gorelli, F.A., Krisch, M., Ruocco, G., Santoro, M., Scopigno, T. The Widom line as the crossover between liquid-like and gas-like behaviour in supercritical fluids, *Nature Physics*, **6** (2010) 503–507. Cited 206 times.
 6. Baumketner, A., Bernstein, S.L., Wytttenbach, T., Bitan, G., Teplow, D.B., Bowers, M.T., Shea, J.-E. Amyloid β -protein monomer structure: A computational and experimental study, *Protein Science*, **15** (2006) 420–428. Cited 199 times.
 7. Kovalenko, A., Ten-No, S., Hirata, F. Solution of three-dimensional reference interaction site model and hypernetted chain equations for simple point charge water by modified method of direct inversion in iterative subspace, *Journal of Computational Chemistry*, **20** (1999) 928–936. Cited 189 times.
 8. Omelyan, I.P., Mryglod, I.M., Folk, R. Symplectic analytically integrable decomposition algorithms: Classification, derivation, and application to molecular dynamics, quantum and celestial mechanics simulations, *Computer Physics Communications*, **151** (2003) 272–314. Cited 160 times.
 9. Von Ferber, C., Holovatch, T., Holovatch, Y., Palchykov, V. Public transport networks: Empirical analysis and modeling, *European Physical Journal B*, **68** (2009) 261–275. Cited 146 times.
 10. Kovalenko, A., Hirata, F. Potential of mean force between two molecular ions in a polar molecular solvent: A study by the three-dimensional reference interaction site model, *Journal of Physical Chemistry B*, **103** (1999) 7942–7957. Cited 140 times.
 11. Trokhymchuk, A., Henderson, D., Nikolov, A., Wasan, D.T. A simple calculation of structural and depletion forces for fluids/suspensions confined in a film, *Langmuir*, **17** (2001) 4940–4947. Cited 121 times.
 12. Darradi, R., Derzhko, O., Zinke, R., Schulenburg, J., Krüger, S.E., Richter, J. Ground state phases of the spin-1/2 J1-J2 Heisenberg antiferromagnet on the square lattice: A high-order coupled cluster treatment, *Physical Review B — Condensed Matter and Materials Physics*, **78** (2008) 214415. Cited 117 times.
 13. Baumketner, A., Bernstein, S.L., Wytttenbach, T., Lazo, N.D., Teplow, D.B., Bowers, M.T., Shea, J.-E. Structure of the 21-30 fragment of amyloid β -protein, *Protein Science*, **15** (2006) 1239–1247. Cited 110 times.
 14. Pavlenko, N., Kopp, T., Tsybal, E.Y., Sawatzky, G.A., Mannhart, J. Magnetic and superconducting phases at the LaAlO₃/SrTiO₃ interface: The role of interfacial Ti 3d electrons, *Physical Review B — Condensed Matter and Ma-*

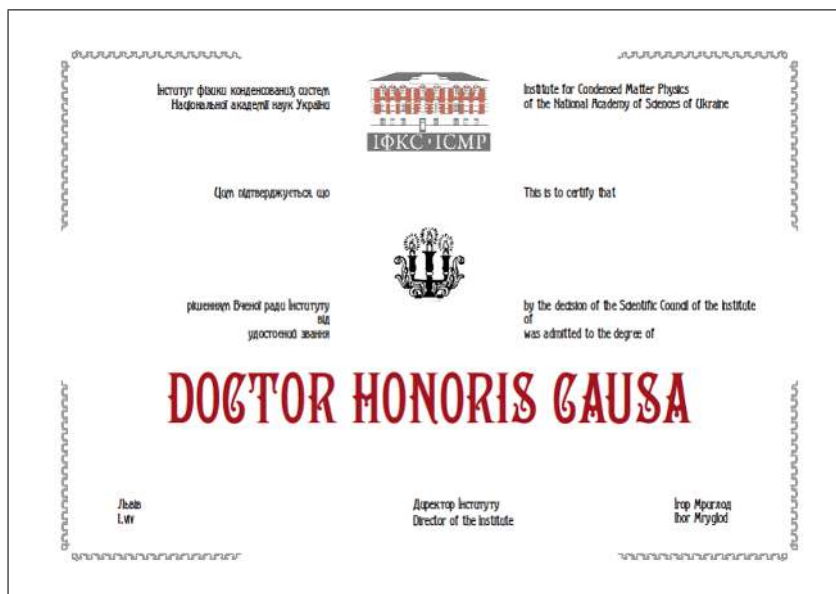
- terials Physics, **85** (2012) 020407. Cited 109 times.
15. Holovko, M.F., Kalyuzhnyi, Y.V. On the effects of association in the statistical theory of ionic systems. Analytic solution of the PY-MSA version of the wertheim theory, *Molecular Physics*, **73** (1991) 1145–1157. Cited 105 times.
 16. Diehl, H.W., Shpot, M. Massive field-theory approach to surface critical behavior in three-dimensional systems, *Nuclear Physics B*, **528** (1998) 595–647. Cited 101 times.
 17. Kalyuzhnyi, Y.V., Stell, G. On the effects of association in fluids with spherically symmetric interactions i. Cluster expansions and integral equations, *Molecular Physics*, **78** (1993) 1247–1258. Cited 101 times.
 18. Berche, B., Von Ferber, C., Holovatch, T., Holovatch, Y. Resilience of public transport networks against attacks, *European Physical Journal B*, **71** (2009) 125–137. Cited 98 times.
 19. Jewett, A.I., Baumketner, A., Shea, J.-E. Accelerated folding in the weak hydrophobic environment of a chaperonin cavity: Creation of an alternate fast folding pathway, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **101** (2004) 13192–13197. Cited 94 times.
 20. Mryglod, I.M., Omelyan, I.P., Tokarchuk, M.V. Generalized collective modes for the Lennard-Jones fluid, *Molecular Physics*, **84** (1995) 235–259. Cited 92 times.
 21. Kalyuzhnyi, Yu.V., Stell, G., Llano-Restrepo, M.L., Chapman, W.G., Holovko, M.F. Primitive models of chemical association. I. Theory and simulation for dimerization, *The Journal of Chemical Physics*, **101** (1994) 7939–7952. Cited 90 times.
 22. Folk, R., Holovatch, Yu., Yavors’kii, T. Critical exponents of a three-dimensional weakly diluted quenched Ising model, *Physics-Uspekhi*, **46** (2003) 169–191. Cited 87 times.
 23. Breitschaft, M., Tinkl, V., Pavlenko, N., Paetel, S., Richter, C., Kirtley, J.R., Liao, Y.C., Hammerl, G., Eyert, V., Kopp, T., Mannhart, J. Two-dimensional electron liquid state at $\text{LaAlO}_3\text{-SrTiO}_3$ interfaces, *Physical Review B — Condensed Matter and Materials Physics*, **81** (2010) 153414. Cited 86 times.
 24. Baumketner, A., Jewett, A., Shea, J.E. Effects of confinement in chaperonin assisted protein folding: Rate enhancement by decreasing the roughness of the folding energy landscape, *Journal of Molecular Biology*, **332** (2003) 701–713. Cited 83 times.
 25. Derzhko, O., Richter, J. Universal low-temperature behavior of frustrated quantum antiferromagnets in the vicinity of the saturation field, *European Physical Journal B*, **52** (2006) 23–36. Cited 80 times.
 26. Derzhko, O., Richter, J. Finite low-temperature entropy of some strongly frustrated quantum spin lattices in the vicinity of the saturation field, *Physical Review B — Condensed Matter and Materials Physics*, **70** (2004) 104415: 1–5. Cited 78 times.

27. Omelyan, I.P., Mryglod, I.M., Folk, R. Construction of high-order force-gradient algorithms for integration of motion in classical and quantum systems, *Physical Review E — Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics*, **66** (2002) 026701: 1–21. Cited 76 times.
28. Bryk, T., Haymet, A.D.J. Ice Ih/water interface of the SPC/E model: Molecular dynamics simulations of the equilibrium basal and prism interfaces, *Journal of Chemical Physics*, **117** (2002) 10258–10268. Cited 75 times.
29. Kalyuzhnyi, Yu.V., Holovko, M.F., Haymet, A.D.J. Integral equation theory for associating liquids: Weakly associating 2–2 electrolytes, *The Journal of Chemical Physics*, **95** (1991) 9151–9164. Cited 75 times.
30. Friedel, M., Baumketner, A., Shea, J.-E. Effects of surface tethering on protein folding mechanisms, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **103** (2006) 8396–8401. Cited 73 times.
31. Derzhko, O., Richter, J., Maksymenko, M. Strongly correlated flat-band systems: The route from Heisenberg spins to Hubbard electrons, *International Journal of Modern Physics B*, **29** (2015) 1530007. Cited 65 times.
32. Omelyan, I.P., Mryglod, I.M., Folk, R. Optimized Verlet-like algorithms for molecular dynamics simulations, *Physical Review E — Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, **65** (2002) 056706: 1–5. Cited 63 times.
33. Bryk, T., Mryglod, I., Kahl, G. Generalized collective modes in a binary $\text{He}_{0.65}\text{-Ne}_{0.55}$ mixture, *Physical Review E — Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics*, **56** (1997) 2903–2915. Cited 61 times.
34. Baumketner, A., Krone, M.G., Shea, J.-E. Role of the familial Dutch mutation E22Q in the folding and aggregation of the 15–28 fragment of the Alzheimer amyloid- β protein, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **105** (2008) 6027–6032. Cited 60 times.
35. Holovko, M., Kapko, V., Henderson, D., Boda, D. On the influence of ionic association on the capacitance of an electrical double layer, *Chemical Physics Letters*, **341** (2001) 363–368. Cited 60 times.
36. Diehl, H.W., Shpot, M. Critical behavior at m -axial Lifshitz points: Field-theory analysis and ϵ -expansion results, *Physical Review B — Condensed Matter and Materials Physics*, **62** (2000) 12338–12349. Cited 60 times.
37. Capponi, S., Derzhko, O., Honecker, A., Läuchli, A.M., Richter, J. Numerical study of magnetization plateaus in the spin- $\frac{1}{2}$ kagome Heisenberg antiferromagnet, *Physical Review B — Condensed Matter and Materials Physics*, **88** (2013) 144416. Cited 59 times.
38. Derzhko, O., Richter, J., Honecker, A., Maksymenko, M., Moessner, R. Low-temperature properties of the Hubbard model on highly frustrated one-dimensional lattices, *Physical Review B — Condensed Matter and Materials Physics*, **81** (2010) 014421. Cited 59 times.
39. Kalyuzhnyi, Yu.V., Vlachy, V., Holovko, M.F., Stell, G. Multidensity integral equation theory for highly asymmetric electrolyte solutions, *The Journal of*

- Chemical Physics, **102** (1995) 5770–5780. Cited 59 times.
40. Segura, C.J., Vakarin, E.V., Chapman, W.G., Holovko, M.F. A comparison of density functional and integral equation theories vs Monte Carlo simulations for hard sphere associating fluids near a hard wall, *Journal of Chemical Physics*, **108** (1998) 4837–4848. Cited 58 times.
 41. Vakarin, B.E. Integral equation theory for the four bonding sites model of I. Structure factor and compressibility associating fluids, *Molecular Physics*, **90** (1997) 611–624. Cited 56 times.
 42. Duda, Y., Govea-Rueda, R., Galicia, M., Beltraén, H.I., Zamudio-Rivera, L.S. Corrosion inhibitors: Design, performance, and computer simulations, *Journal of Physical Chemistry B*, **109** (2005) 22674–22684. Cited 55 times.
 43. Bryk, T., Mryglod, I. Optic-like excitations in binary liquids: Transverse dynamics, *Journal of Physics: Condensed Matter*, **12** (2000) 6063–6076. Cited 55 times.
 44. Urbič, T., Vlachy, V., Kalyuzhnyi, Yu.V., Southall, N.T., Dill, K.A. A two-dimensional model of water: Theory and computer simulations, *Journal of Chemical Physics*, **112** (2000) 2843–2848. Cited 55 times.
 45. Kalyuzhnyi, Y.V., Holovko, M.F. An analytical study of the effects of association in a 2–2 electrolyte solution I. Associative mean spherical approximation, *Molecular Physics*, **80** (1993) 1165–1176. Cited 54 times.
 46. Pizio, O., Henderson, D., Sokołowski, S. Density profiles of chemically reacting simple fluids near impenetrable surfaces, *Journal of Physical Chemistry*, **99** (1995) 2408–2411. Cited 53 times.
 47. Richter, J., Derzhko, O., Schulenburg, J. Magnetic-field induced spin-Peierls instability in strongly frustrated quantum spin lattices, *Physical Review Letters*, **93** (2004) 107206: 1–4. Cited 52 times.
 48. Omelyan, I.P., Mryglod, I.M., Folk, R. Algorithm for molecular dynamics simulations of spin liquids, *Physical Review Letters*, **86** (2001) 898–901. Cited 52 times.
 49. von Ferber, C., Holovatch, T., Holovatch, Yu., Palchykov, V. Network harness: Metropolis public transport, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, **380** (2007) 585–591. Cited 51 times.
 50. Trokhymchuk, A., Nezbeda, I., Jirsák, J., Henderson, D. Hard-sphere radial distribution function again, *Journal of Chemical Physics*, **123** (2005) 024501. Cited 51 times.
 51. Bryk, T., Haymet, A.D.J. The ice/water interface: Density-temperature phase diagram for the SPC/E model of liquid water, *Molecular Simulation*, **30** (2004) 131–135. Cited 51 times.
 52. Holovko, M.F., Vakarin, E.V. An associative version of the Henderson-Abraham-Barker equation, *Molecular Physics*, **84** (1995) 1057–1064. Cited 50 times.

Почесні доктори Інституту фізики конденсованих систем НАН України (*Doctor Honoris Causa*)

У жовтні 2009 року Вчена рада прийняла рішення про встановлення звання *Doctor Honoris Causa* (ДНС) Інституту фізики конденсованих систем НАН України. Звання Почесного доктора запроваджене з метою відзначення осіб, які зробили значний внесок у розвиток науки і поширення знань, а також сприяли науковому співробітництву та встановленню міжнародних зв'язків Інституту. Звання присвоюється як іноземним громадянам, так і громадянам України, які не є працівниками Інституту. Диплом *Doctor Honoris Causa* вручається на засіданні Вченої ради або Науковому зібранні ІФКС НАН України з виголошенням інавгураційної доповіді. Вчені, відзначені цим званням, мають право брати участь у засіданнях Вченої ради Інституту, посилатися на цей факт при публікації своїх праць. Від часу заснування звання Почесного доктора ІФКС НАН України присвоєно 11 вченим.



Макет диплома Почесного доктора ІФКС НАН України створила науковиця інституту Олеся Мриглюд. У дизайні використано гравюру Роберта Лісовського, яку він створив як ескіз печатки Українського університету (таємно діяв у Львові в 1920-х рр.).

Райнгард Фольк

*Рішенням Вченої ради ІФКС НАН України від 3 грудня 2009 р. звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно Райнгарду Фольку (м. Лінц, Австрія) за отримання фундаментальних результатів, що дозволили пояснити і кількісно описати різні типи критичних явищ у конденсованій речовині, а також за його ініціативи та персональну участь у проектах, спрямованих на укріплення співпраці між країнами Центральної та Східної Європи.*

Райнгард Фольк народився 29 квітня 1945 р. в м. Нойендеттельсау (Neuendettelsau), Німеччина. Навчався у Віденському університеті, де в 1973 р. захистив докторську дисертацію «Рівняння гідродинаміки діелектричних кристалів» (науковий керівник Франц Швабль). З цього ж року починає працювати в Інституті теоретичної фізики Університету Йоганна Кеплера в Лінці, спочатку асистентом, пізніше доцентом, надзвичайним професором, директором групи «Фазові переходи та критичні явища». Його наукові зацікавлення охоплюють різні ділянки фізики конденсованих систем. Зокрема він отримав важливі результати в теорії сегнетоелектриків, квантових рідин, регулярних та структурно-невпорядкованих магнетиків, спінових рідин, надпровідників, нейронних мереж. Райнгард Фольк та його співробітники виконали низку робіт, що стали підставовими для розуміння і кількісного опису явищ, що відбуваються в багатьох системах. Серед них — опис термодинамічних властивостей матерії в околі точок Ліфшица, опис критичної динаміки при різних типах законів збереження, аналіз ефективної (неасимптотичної) критичної поведінки, гідродинаміка систем із багатьма ступенями вільності. Широке застосування знаходять запропоновані ним та його співавторами алгоритми комп'ютерних обчислень, методи пересумовування асимптотичних рядів теорії збурень. За дослідження критичної динаміки гелію-4 він удостоєний в 1982 р. премії ім. Вальтера Шоткі Німецького фізичного товариства (спільно з Волькером Домом).

Райнгард Фольк відомий також своєю науково-організаційною та громадською діяльністю. Зокрема, він активний учасник австрійської організації BUKO (Bundeskonferenz des wissenschaftlichen und künstlerischen Personals der österreichischen Universitäten und Kunsthochschulen), в 1997–1999 член Президії, а в 1999–2003 — Голова цієї організації. Від 1998 року є делегатом від Австрії в Організації науково-технічної співпраці ЄС COST, від 2002 року — австрійський делегат у Наглядному комітеті програми «Фазові переходи та флюктуаційні явища у випадковій динаміці просторово-протяжних систем»



Європейської наукової фундації ESF. Він належить до ініціаторів та активних організаторів проведення серії щорічних конференцій MECO (Middle European Cooperation in Statistical Physics). Ці конференції сьогодні стали одним із найважливіших та найпрестижніших європейських фізичних форумів.

Живе зацікавлення науковою роботою, участь у різних програмах європейської наукової співпраці, глибока стурбованість майбутнім науки привели Райнгарда Фолька до організації та участі в проектах, що мають метою налагодження та зміцнення зв'язків із країнами Центральної та Східної Європи. Тут ми хотіли б особливо відзначити його тривалі та плідні зв'язки з Україною. Починаючи з 1990-х років, він ініціював проекти співпраці, за якими Інститут теоретичної фізики Університету Йогана Кеплера в Лінці відвідало багато українських фізиків зі Львова, Києва, Ужгорода, бере активну участь як співорганізатор багатьох міжнародних конференцій, що відбуваються в Україні; читає лекції для українських студентів та молодих вчених у Львові (Ізінгівські читання — 2003) та запрошує численних українських молодих дослідників та студентів для стажування в Лінці. Про тісні наукові контакти з українськими вченими свідчить і той факт, що в співпраці з ними він написав понад 60 наукових статей та одну монографію (Yu.M. Vysochanskii, T. Janssen, R. Currat, R. Folk, J. Banys, J. Grigas, and V. Samulionis; Phase Transitions in Ferroelectric Phosphorous Chalcogenide Crystals. Vilnius University Publishing House 2006).

Анатолій Загородній

*Рішенням Вченої ради ІФКС НАН України від 18 березня 2010 р. звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно Анатолію Загородньому (Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, м. Київ) за розробку статистичної теорії просторово-обмежених плазмово-молекулярних систем, побудову з перших принципів послідовної кінетичної теорії запорошеної плазми, тісну наукову співпрацю та активне сприяння у становленні ІФКС НАН України.*

Народився 29 січня 1951 року в селищі Великій Багачці, що на Полтавщині. Наукова діяльність ученого тісно пов'язана з Інститутом теоретичної фізики, де він почав працювати в 1972 р., одразу ж після закінчення радіофізичного факультету Харківського державного університету, і де пройшов шлях від стажиста-дослідника до завідувача відділу і директора інституту.

Основні наукові праці стосуються загальних питань теорії кінетичних процесів, теорії турбу-



лентної плазми, теорії процесів перенесення у термоядерній плазмі. А.Г. Загородній (у співпраці з І.П. Якименком та Ю.Л. Клімонтовичем) розробив статистичну теорію просторово-обмежених плазово-молекулярних систем і на її основі дослідив вплив взаємодії плазової та молекулярної підсистем на електромагнітні флуктуації в таких системах. Розвинув теорію гальмівного випромінювання у плазово-молекулярних системах, яка послідовно враховує всі можливі процеси розсіювання за участю заряджених частинок та молекул (у тому числі з врахуванням іонізації та рекомбінації), а також розсіювання електронів та молекул на колективних флуктуаціях. А.Г. Загородній (спільно з О.Г. Ситенком) узагальнив теорію флуктуацій у стійкій стаціонарній плазмі на випадок турбулентної плазми з дифузійно-дрейфовими рухами рідинного типу. Знайдено динамічні форм-фактори такої плазми і виявлено їхні особливості, пов'язані з великомасштабними турбулентними рухами плазми. Запропоновано модель немарковської дифузії частинок у турбулентній плазмі, що дає змогу описувати насичення плазових нестійкостей у граничних випадках слабкої і сильної турбулентності. Сформульовано кінетичні рівняння систем з немарковськими процесами релаксації. Розвинуто теорію електромагнітних флуктуацій у запорошеній плазмі з врахуванням флуктуацій заряду порошинок. Недавні роботи А.Г. Загороднього присвячені розробці послідовної кінетичної теорії запорошеної плазми на основі перших принципів статистичної механіки.

Поряд з науковою та педагогічною діяльністю А.Г. Загородній виконує великий обсяг науково-організаційної роботи як віце-президент Національної академії наук України, директор інституту, голова спеціалізованої ради з захисту докторських дисертацій, член наукової ради Державного фонду фундаментальних досліджень, головний редактор Українського фізичного журналу, член редколегій журналів *Condensed Matter Physics* (Львів) та «Наукові записки Національного університету „Києво-Могилянська академія“. Фізико-математичні науки», голова Наукової ради з інформатики, Наукової ради з проблем навколишнього середовища і сталого розвитку, Комітету наукової термінології, Комісії з наукової спадщини академіка В.І. Вернадського, Комісії з питань євроінтеграції, Комісії по роботі з науковою молоддю, є членом Міжнародного дорадчого комітету Міжнародного конгресу з фізики плазми — одного з найбільших світових наукових форумів за цією тематикою.

Дуглас Гендерсон

*Рішенням Вченої ради ІФКС НАН України від 29 квітня 2010 р. звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно Дугласу Гендерсону (Університет Брігхама Янга, м. Прово, США) за видатний внесок у статистичну теорію рідин, визначну роль у розвитку статистичної фізики та зміцнення співпраці між науковцями і науковими інституціями Північної Америки та України.*

Професор Дуглас Гендерсон є відомим вченим у теорії рідкого стану речовини та статистичної фізики, де отримані ним результати вважаються класичними. Загальновідомою є теорія збурень Баркера-Гендерсона, що заклала фундамент сучасної теорії рідин. Метод Гендерсона-Абрагама-Баркера розширив використання теорії рідин для опису адсорбції на плоских поверхнях. У 1999 р. Дуглас Гендерсон отримав нагороду імені Гільдебранда Американського хімічного товариства за визначний вклад у розвиток теорії рідин та рідких сумішей. Визначальним також є його внесок у теорію по-



двійного електричного шару, що утворюється на границі розділу електроліт-електрод. Одним із перших Д. Гендерсон зрозумів можливості методу функціоналу електронної густини, що дозволило зробити піонерські першопринципні дослідження впливу електронів електрода на приповерхневі властивості розчину електроліту. Дуглас Гендерсон є одним із авторів контактної теорії для профілю густини плинну твердих сфер біля твердої поверхні.

Дуглас Гендерсон є автором та співавтором біля 500 публікацій, включно з оглядовими статтями, книгами та главами у книгах. Серед них *Physical Chemistry: An Advanced Treatise* [15 томів, Academic Press, New York (1966–1975)] у співавторстві з Henry Eyring та Wilhelm Jost; *Theoretical Chemistry: Advances and Perspectives* [6 томів, Academic Press, New York (1973–1981)] у співавторстві з Henry Eyring; *Chemical Dynamics* [Wiley-Interscience, New York (1971)] у співавторстві з Joseph Hirschfelder; *Fundamentals of Inhomogeneous Fluids* [Dekker, New York (1992)]; *Stochastic Differential Equations in Science and Engineering*, у співавторстві з Peter Plaschko World Scientific, Singapore (2006).

Член Ньюйоркської та Мексиканської Академій Наук, Дійсний член Американського фізичного та Американського хімічного товариств, Дійсний член Королівського хімічного товариства.

Впродовж багатьох років Дуглас Гендерсон підтримує тісні наукові контакти з дослідниками Інституту фізики конденсованих систем НАН України. Окремі з них пройшли наукові стажування у професора Гендерсона та є співавторами численних спільних публікацій. Вперше Д. Гендерсон відвідав Львів у 1989 році. Відтоді він брав активну участь в організації та проведенні міжна-

родних конференцій у Львові. Зокрема, у 2000 році був співголовою робочої наради під егідою CRDF, що дозволило ряду провідних американських вчених вперше відвідати Україну. У 2004 році за ініціативою Гендерсона у Львові відбулася робоча нарада наукової програми НАТО з теорії м'якої іонної речовини. Дуглас Гендерсон є активним дописувачем та членом редколегії журналу Condensed Matter Physics, який видається ІФКС НАН України.

Іван Вакарчук

*Рішенням Вченої ради ІФКС НАН України від 16 травня 2011 р. звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно Іванові Вакарчуку (Львівський національний університет імені Івана Франка) за розробку мікроскопічної теорії бозе-рідини, статистичної теорії неупорядкованих систем, розвиток математичних методів теоретичної фізики, теорії зоряних спектрів і фундаментальних проблем квантової інформатики, а також за діяльність з організації вищої школи у Львові та в Україні і внесок у становлення Інституту фізики конденсованих систем НАН України.*

І.О. Вакарчук народився 6 березня 1947 року в с. Старих Братушанах Єдинецького району (зараз Молдова). Після закінчення фізичного факультету ЛДУ ім. Івана Франка навчався в аспірантурі (1970–1973) у відділі СТеКС ІТФ АН УРСР та під керівництвом І.Р. Юхновського захистив кандидатську дисертацію (1974). Згодом, після захисту в 1980 році дисертації «Мікроскопічна теорія бозе-рідини», став одним із наймолодших докторів наук в Україні та колишньому СРСР. Тоді ж очолив у Львівському відділенні статистичної фізики ІТФ АН УРСР відділ квантової статистики і став заступником керівника цього відділення. Від 1984 р. працює у Львівському університеті ім. І. Франка (протягом 1984–2015 на посаді завідувача кафедри теоретичної фізики, протягом 1990–2007 рр. і 2010–2013 рр. — ректор). У період 2007–2010 рр. працював міністром освіти і науки України.



На фоні традиційної в сучасній науці вузької спеціалізації професора І.О. Вакарчука вирізняє різноманіття наукових зацікавлень. Їх діапазон надзвичайно широкий. Це — фізика квантових рідин, теорія фазових переходів і критичних явищ, фізика неупорядкованих систем, математичні методи теоретичної фізики, фундаментальні проблеми квантової механіки та квантової інформатики, геофізика, загальна теорія відносності та космологія, теорія зоряних спектрів, філософія науки. У кожній із цих ділянок він запропонував нові оригінальні підходи. Широта наукових інтересів дозволяє І.О. Вакарчуку

застосовувати методи, створені ним для дослідження одних систем і явищ, до інших, і таке застосування для багатьох задач виявляється надзвичайно ефективним. Його наукові дослідження вирізняє підхід «із перших принципів», що полягає у формулюванні проблеми на основі фундаментальних рівнянь із наступним доведенням результатів теорії до числа.

І.О. Вакарчук є автором понад 360 наукових публікацій, у т.ч. підручників: «Лекції з загальної теорії відносності» (1990), «Квантова механіка» (1998, перевидання з доп. 2004, 2007), «Вступ до проблеми багатьох тіл» (1999), «Теорія зоряних спектрів» (2003). Засновник і головний редактор журналу «Світ фізики» та Журналу фізичних досліджень. Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2000), премії НАН України ім. М.П. Барабашова (2004). Герой України (2007), кавалер численних відзнак та володар багатьох почесних звань. Завдяки своїй науковій, педагогічній, організаційній та громадській діяльності професор Вакарчук — людина добре znana в Україні та за її межами і не лише в науковому світі.

Олег Лаврентович

*Рішенням Вченої ради ІФКС НАН України звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно професору Олегу Лаврентовичу за визначний вклад у вивчення рідкокристалічного стану речовини та вплив його наукової та педагогічної діяльності на формування позитивного іміджу української науки у світі.*

О.Д. Лаврентович народився 25 травня 1958 р. у селищі Липовці Липовецького району Вінницької області. У 1980 р. закінчив із відзнакою кафедру молекулярної фізики на фізичному факультеті Київського державного університету імені Т.Г. Шевченка (дипломна робота «Дослідження ролі дефектів структури в процесах фазових переходів у молекулярних кристалах»). Від 1980 р. почав працювати в Інституті фізики АН УРСР на посаді інженера відділу фотоніки. У 1984 р. захистив кандидатську дисертацію «Дослідження топологічних дефектів у рідких кристалах», а в 1990 р. — докторську дисертацію «Топологія дефектів у рідких кристалах». У 1987 р. удостоєний золотої медалі Академії наук УРСР для молодих дослідників за роботу «Дефекти типу монополів Дірака в рідких кристалах».

У 1992 р. Олег Лаврентович запрошений на посаду старшого наукового співробітника та завідувача лабораторією в Інституті рідких кристалів при Кентському університеті в США. Починаючи з 2003 р., протягом 8 років був



директором цього Інституту. До переїзду в США декілька років працював у Франції в лабораторіях CNRS в університеті Париж-Сюд та університеті П'єра та Марії Кюрі.

Основні наукові інтереси та досягнення професора Лаврентовича пов'язані з теоретичними та експериментальними дослідженнями топологічних і структурних дефектів у рідких кристалах. Зокрема він запропонував сучасну класифікацію можливих топологічних дефектів у рідких кристалах, а його авторству належить окремий клас дефектів — буджум (boojum). Окрім цього, він інтенсивно працює над проблемами поверхневих явищ, проблемами в області електрооптичних ефектів, досліджує ліотропні системи. Він започаткував новий напрямок рідкокристалічних досліджень, пов'язаний із рідкокристалічними колоїдами. Упродовж всього часу перебування за кордоном підтримує тісні наукові контакти з науковцями з України.

Важливого значення професор Лаврентович надає педагогічній діяльності. У 2002 р. він стає радником студентської філії Міжнародного товариства оптичної інженерії (SPIE), а починаючи з 2004 р. — радником студентської філії Товариства матеріалознавчих досліджень, які діють при Кентському університеті. Багато молодих дослідників із різних країн світу пройшли через аспірантуру Інституту рідких кристалів при Кентському університеті. Є серед них і випускники українських університетів.

Професор Лаврентович є співавтором двох книжок: «Defects in Liquid Crystals: Computer Simulations, Theory and Experiment» (O.D. Lavrentovich, P. Pasini, C. Zannoni, S. Zumer), Kluwer Academic Publishers: The Netherlands (2001) та «Soft Matter Physics: An Introduction» (M. Kleman, O.D. Lavrentovich), Springer Verlag: New York, (2003). Остання книжка вийшла у російському перекладі «Основы физики частично упорядоченных сред», Физматлит (2007). Окрім цього він є автором окремих розділів у 10 інших книжках та колективних монографіях.

Олег Лаврентович є членом редколегії журналу Condensed Matter Physics, зокрема, у 2010 році був співредактором спеціального випуску, присвяченого рідкокристалічним колоїдам. Також є членом редколегій інших журналів, зокрема, Liquid Crystals, Electronic Liquid Crystals та Українського фізичного журналу. Протягом 2003–2010 рр. був членом редколегії Physical Review E, а протягом 2000–2003 рр. — Liquid Crystals Today.

Професор Лаврентович є дійсним членом Міжнародного товариства оптичної інженерії (SPIE). У 2002 році удостоєний премії NorTech Innovation Award за технологію біодетекції на основі рідких кристалів. У період 1996–2000 рр. був членом ради директорів та виконавчим секретарем Міжнародного рідкокристалічного товариства. Протягом усього цього часу брав активну участь в організації та проведенні багатьох міжнародних конференцій з тематики рідких кристалів. Зокрема у 2000 р. — співголова Робочої наради з комп'ютерного моделювання дефектів у рідких кристалах, яка проходила в

Італії в рамках наукової програми NATO, у 2005 р. — голова Гордонівської конференції з рідких кристалів. Один з ініціаторів проведення у Львові Робочих нарад Планера-Смолуховського з м'якої речовини, які організовує Інститут фізики конденсованих систем НАН України (2009, 2011) за фінансової підтримки Institute for Complex Adaptive Matter (ICAM-I2CAM).

Крістіан фон Фербер

Рішенням Вченої ради Інституту фізики конденсованих систем Національної академії наук України від 15 листопада 2012 року, звання **Doctor Honoris Causa** присуджено Крістіану фон Ферберу (Ковентрі, Англія) за дослідження, що дозволили пояснити низку властивостей м'якої речовини та складних систем, зокрема скейлінг та мультифрактальність складних полімерів, фазові переходи в поліелектролітах та сурфактантах, динаміку і вразливість складних мереж, а також за його активну участь у підготовці молодих вчених та особисту ініціативу в різних формах співпраці між країнами ЄС та Україною.

Крістіан фон Фербер народився 15 травня 1961 р. у місті Геттінгені, Німеччина. Після отримання диплому магістра фізики (Dipl. Phys.) в університеті Бонна (1988), продовжив навчання в аспірантурі університету Ессена, де захистив дисертацію (*Dr. rer. nat., summa cum laude*, 1993). Далі проводив дослідження у кількох провідних наукових центрах, зокрема університеті Тель-Авіву, як стипендіат престижного фонду Мінерви, а також університетах Дюссельдорфа та Фрайбурга. Був запрошеним професором в університеті міста Лінц (Австрія) та стипендіатом Марії Кюрі в університеті Кракова (Польща). У 2003 р. отримав габілітацію (*Venia Legendi* у фізиці) в університеті Фрайбурга і є приватдоцентом в університеті Дюссельдорфа. Від 2006-го року працює в Дослідницькому центрі прикладної математики університету Ковентрі (Англія), є асоційованим професором цього університету.



Наукові зацікавлення Крістіана фон Фербера стосуються в основному фізики м'якої речовини та складних систем. Завдяки глибоким і систематичним дослідженням він став визнаним експертом у галузі статистичної фізики, фізики полімерів та теорії складних мереж. Об'єктами його досліджень є складні полімери, колоїди та неупорядковані магнетики, транспортні мережі. Особливою рисою д-ра фон Фербера є майстерне володіння багатьма сучасними аналітичними та чисельними підходами. Робота в різних галузях дозволила йому застосувати розвинені методики до різних задач і таким чином знаходити розв'язки складних проблем інколи незвичними, але завжди

дуже ефективними шляхами. Скейлінг складних полімерних систем, явища мультифрактальності, фазові переходи в поліелектролітах та сурфактантах, динаміка мереж та їх вразливість під дією атак є лише деякими з низки явищ, які вдалось глибше зрозуміти завдяки його наполегливій роботі.

Варто відзначити наукову організаційну діяльність Крістіана фон Фербера. Він є провідним партнером у низці дослідницьких проектів національного та міжнародного рівня, тісно співпрацює із дослідницькими групами у Франції, Німеччині, Португалії, США та Великобританії. Його співпраця з Україною розпочалась більш як двадцять років тому. Крістіан фон Фебер є членом редколегії журналу *Condensed Matter Physics* і веде в ньому полімерну тематику. Зокрема, був ініціатором і співредактором декількох спеціальних випусків журналу, серед яких — перша збірка оглядових статей із фізики зіркових полімерів. К. фон Фербер є серед організаторів конференцій, що проводяться в Україні. Значна частина його зусиль присвячена вихованню молодого покоління українських вчених. Він читав спецкурси студентам та аспірантам ЛНУ ім. І. Франка та ІФКС НАН України, керував дипломними роботами і кандидатськими дисертаціями. Завдяки його особистій ініціативі багато молодих українських вчених мали можливість проводити дослідження у провідних світових наукових центрах.

Олександр Бакай

*Рішенням Вченої ради Інституту фізики конденсованих систем Національної академії наук України від 26 лютого 2013 року звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно професору Олександру Бакаю (Інститут теоретичної фізики ім. О.І. Ахієзера ННЦ Харківський фізико-технічний інститут НАН України, Харків) за вагомий внесок у теорію плазми, скла, рідин, розвиток матеріалознавства для ядерної енергетики, підтримку української культури та поширення її у світі, а також тісну співпрацю з ІФКС НАН України в дослідженні неупорядкованих систем, фазових переходів та критичних явищ.*

О.С. Бакай народився 16 вересня 1938 р. у Харкові. Після закінчення Харківського державного університету працює у Харківському фізико-технічному інституті, де пройшов шлях від молодшого наукового співробітника (1961) до завідувача теоретичного відділу (1981). У 1966 р. захистив кандидатську дисертацію «Вплив періодичних та випадкових збурень на нелінійні системи», а в 1972 р. — докторську дисертацію «Питання теорії нелінійних коливань та їхнє застосування у фізиці».

Наукові зацікавлення О.С. Бакая пов'язані із ши-



роким спектром досліджень як в області теоретичної фізики та теорії конденсованого стану, так і в галузі прикладного матеріалознавства в ядерній енергетиці. Він разом із О.І. Ахієзером запропонував теорію стохастичного прискорення частинок на основі моделі Фермі-Уляма; разом із В.Г. Бар'яхтаром досліджував процеси параметричного збудження звуку однорідним магнітним полем у феромагнетиках; із Ю.С. Сіговим вивчав турбулентні явища в рідинах і плазмі. Він отримав важливі результати при дослідженні: механізмів збудження і управління релаксаційними коливаннями в системі пучок-плазма; нелінійної динаміки й теорії плазми; структурних та динамічних властивостей металічних стекел і склоутворюючих рідин. Теоретичні роботи О.С. Бакая заклали фундамент фізики структурних фазових перетворень під впливом радіаційного опромінення. Під його керівництвом створено дослідницький комплекс для вивчення впливу опромінювання на корозію конструкційних сплавів у сольових розплавах.

О.С. Бакай є автором біля 300 наукових праць та 4 монографій. Його наукові роботи відзначені Державною премією України в області науки і техніки (1992) і премією НАН України ім. О.І. Лейпунського (2008). У 2009 р. О.С. Бакая було обрано дійсним членом Національної академії наук України. Блискуче володіння сучасним апаратом теоретичної фізики, глибока ерудиція в різних ділянках науки і культури, активна участь у громадському житті країни — такі характерні риси особистості Олександра Степановича Бакая. Він — дійсний член Наукового товариства імені Шевченка (2007), почесний доктор ІТФ НАН України ім. М.М. Боголюбова (2010), Соросівський професор (1996), лауреат стипендії ім. К.Д. Синельникова (2003), член редколегій багатьох наукових журналів, зокрема Журналу фізичних досліджень, Металлофізика и новейшие технологии, Питання атомної науки і техніки, Успехи фізики металлов, Фізика низких температур, Фізична інженерія поверхні.

Жан-П'єр Бадіалі

*Рішенням Вченої ради ІФКС НАН України звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно доктору Жан-П'єру Бадіалі за визначний вклад у розвиток теорії поверхневих явищ, електрохімії, м'якої речовини, статистичної фізики, за важливу роль у встановленні та зміцненні наукової співпраці між науковцями Франції та України.*

Жан-П'єр Бадіалі народився 20 жовтня 1941 р. в селищі Міранді (Mirande) регіону Південні Піреней Франції. Помер 15 квітня 2016 р. у Парижі. Отримав інженерну освіту, закінчивши Вищу електричну школу (Ecole Supérieure d'Electricité) в Парижі. Від 1970 р. працював в Національному науково-дослідницькому центрі (CNRS) як науковець. Тут він пройшов науковий шлях від стажиста-дослідника до дослідницького директора виняткового класу. Протягом двох термінів Ж.-П. Бадіалі керував науковою лабораторією в університеті П'єра і Марії Кюрі в Парижі, чотири рази обирався членом наукової ради CNRS, протягом 1995–2000 рр. був президентом секції «Молекули: структура та взаємодії». У період 2001–2006 рр. керував науковою групою «Теорія міжфазних явищ» лабораторії електрохімії та аналітичної хімії Вищої національної школи хімії в Парижі, протягом 2006–2010 рр. працював у цій групі як науковець, а у 2010–2016 рр. — як Emeritus науковець.



Свою наукову діяльність Ж.-П. Бадіалі розпочав теоретичними та експериментальними дослідженнями діелектричної релаксації в розчинах електrolітів. На початку 1980-их років у його роботах зі співробітниками зроблено перші систематичні дослідження впливу електронної підсистеми металічного електрода на властивості електрохімічних систем. У 1990-х роках для опису властивостей іонних систем при наявності поверхні він розробив нові методи, що базуються на теоретико-польовому підході. В цей же час він проводить успішні дослідження формування пасивного шару та його впливу на властивості електрохімічних систем. Пізніше ці дослідження лягли в основу оригінальних робіт з мезоскопічного моделювання корозійного руйнування поверхні. Виняткове значення мають його роботи з дослідження реструктуризації матеріалів під впливом адсорбції. Природним розширенням цих робіт стали дослідження впливу процесів інтеркаляції на властивості матеріалів. Протягом останніх двох деkad Ж.-П. Бадіалі виконав ряд фундаментальних робіт у галузі статистичної фізики та квантової механіки. Серед них: введення фрактальної структури у фейнмановські інтеграли по траєкторії, розрахунок ентропії чорних дір, з'ясування ролі дискретності простору в квантовій

та статистичній механіці, часова еволюція малих хімічно реагуючих систем, проблема необоротності в статистичній механіці тощо.

Упродовж багатьох років Ж.-П. Бадіалі підтримував тісні наукові контакти з науковцями Інституту фізики конденсованих систем НАН України. Вперше Ж.-П. Бадіалі відвідав Львів у 1991 р. Відтоді починаються його регулярні візити до України, результатом яких стали чисельні спільні наукові дослідження. Він брав активну участь в організації та проведенні багатьох міжнародних конференцій, що проходили у Львові. Він був активним співучасником ряду спільних міжнародних проектів, зокрема двох проектів INTAS, проекту Eсо-Net, в рамках якого розроблену ним теорію корозії використано для моделювання процесів саморуйнування матеріалів, що містять радіоактивні речовини. За ініціативою Ж.-П. Бадіалі, Інститут фізики конденсованих систем НАН України, починаючи з 1991 р., став першим інститутом НАН України, що має регулярні контакти з CNRS. Ж.-П. Бадіалі був членом редколегії журналу Condensed Matter Physics та активним автором журналу. Його підтримка була важлива при створенні Наукової ради з проблеми «Фізика м'якої речовини» при Відділенні фізики та астрономії НАН України.

Карл Хайнцінґер

*Рішенням Вченої ради ІФКС НАН України від 14 травня 2015 р. звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно Карлу Хайнцінґеру (Інститут хімії Товариства імені Макса Планка, м. Майнц, Німеччина) за піонерські дослідження розчинів електролітів методами комп'ютерного моделювання та його роль у становленні комп'ютерного моделювання, як одного з провідних напрямків досліджень Інституту фізики конденсованих систем НАН України.*

Карл Хайнцінґер народився 25 грудня 1930 р. в Кляйн Ауґаймі (Klein-Auheim), передмісті Ганау (Hanau), земля Оффенбах, Гессен. За освітою фізик, у 1957 р. отримав диплом Інституту прикладної фізики Університету Франкфурта. Науковою роботою почав займатися, працюючи в Інституті хімії (Інститут Отто-Гана) Товариства імені Макса Планка у Майнці. У 1961 р. отримав диплом доктора філософії університету Майнца. Протягом 1962–1964 рр. — науковий співробітник (Postdoctoral Research Associate) відділу хімії Брукхейвенської національної лабораторії (Аптон, штат Нью-Йорк, США). У період 1964–1996 рр. — працює в Інституті хімії Товариства імені Макса Планка у Майнці



на посаді керівника робочої групи з фізичній хімії. Від 1996 р. перебуває на пенсії.

Перші наукові дослідження Карла Хайнцінгера були пов'язані з вимірюваннями теплопровідності орто- та пара-водню при низьких температурах. Тематика ізотопних ефектів у воді та водних розчинах була однією з основних на перших етапах його наукової кар'єри. Починаючи з 1973 р. основна частина наукової діяльності Карла Хайнцінгера та його групи пов'язана з комп'ютерним моделюванням водних розчинів електролітів. Ця діяльність була спрямована на дослідження властивостей, які на той час були невивченими чи маловивченими в рамках існуючих експериментальних методик, зокрема це стосується дослідження гідратаційної структури іонів та її вплив на динамічні властивості розчинів електролітів.

З метою вивчення впливу іонів на властивості води у 1983 р. Карл Хайнцінгер разом із Філіпом Бопом та Габором Янчо запропонував оригінальну нежорстку модель води (Bopp-Jancho-Heinzinger або BJH модель), що згодом отримала визнання серед дослідників, які займаються комп'ютерним моделюванням як розчинів електролітів, зокрема, так і водних середовищ, в цілому. Сьогодні ця стаття з описом моделі води нараховує майже півтисячі цитувань у базі даних WoS. Проведені в рамках цієї моделі дослідження гідратаційної структури катіонів Ca^{2+} та Mg^{2+} виявили суттєву зміну структури молекул води в гідратній оболонці як наслідок їх взаємодії з катіоном. Ці результати стали основою проведених пізніше в ІФКС НАН України досліджень з моделювання катіонного гідролізу, спричиненого високо-валентними катіонами.

Серед інших важливих об'єктів, які досліджувалися в групі Карла Хайнцінгера, слід відмітити водно-спиртові розчини, зокрема, водний розчин метилового спирту, а також метало-аміачні розчини, поверхні розділу «метал (платина) — водний розчин електроліту» та ряд інших систем. Характерною рисою всіх цих досліджень є поєднання комп'ютерних методів із квантово-механічними розрахунками потенціалів іонно-молекулярної взаємодії, використання якомога реалістичніших моделей, проведення досліджень при фіксованій іонній концентрації, а також тісний контакт із різними експериментальними групами. В полі зору Карла Хайнцінгера були також різні прикладні аспекти, зокрема, геологічні, пов'язані з дослідженням водних розчинів електролітів при високих тисках і температурах.

Упродовж багатьох років Доктор Карл Хайнцінгер підтримував тісні наукові контакти з науковцями ІФКС НАН України. Вперше він відвідав Львів у 1983 р. як запрошений лектор Міжнародної школи з фізики іонної сольватації. У 1985 р. за ініціативою Карла Хайнцінгера підписано трирічний договір про наукове співробітництво між Львівським відділенням статистичної фізики Інституту теоретичної фізики АН УРСР (від 1990 р. — Інститут фізики конденсованих систем НАН України) та Інститутом хімії Товариства Макса

Планка, який згодом продовжили ще на два трирічних терміни (до 1994 р. включно). Відтоді розпочалися регулярні взаємні наукові візити, результатом яких стали спільні наукові публікації. Карл Хайнцінгер брав активну участь в організації та проведенні багатьох міжнародних конференцій, що проходили у Львові. Він був активним учасником ряду спільних міжнародних наукових проєктів, останній з яких стосувався проведення у Львові Інститутом фізики конденсованих систем НАН України в 2004 р. Робочої наради НАТО з фізики іонної м'якої речовини.

Бертран Берш

*Рішенням Вченої ради ІФКС НАН України від 10 березня 2016 р. звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно Бертррану Бершу (м. Нансі, Франція) за цикл досліджень, що пояснили зміни в критичній поведінці складних систем під впливом структурного безладу, неоднорідностей, аперіодичності і просторових обмежень, а також за його діяльність у підготовці молодих вчених і особисту ініціативу в різних формах співпраці між Францією та Україною.*

Бертран Берш народився 6 травня 1963 р. в м. Метці (Франція). У 1987 р. в університеті Нансі отримав ступінь магістра фізики і прикладної фізики. В 1991 р. захистив докторську дисертацію, виконану в цьому ж університеті під керівництвом одного з французьких патріархів статистичної фізики Лоїка Тюрбана. Відтоді працює в цьому університеті (від 2009 р. університет увійшов до більшого об'єднання — університету Лотарингії). Габілітований доктор (1997), професор (1998). Протягом 2008–2011 рр. — президент секції Національної ради університетів (CNU, France) — загальнонаціональної установи, що відповідає за оцінювання та зарахування на посаду викладачів університетів. У період 2008–2013 рр. — директор департаменту фізики і механіки університету Лотарингії.

Основна ділянка наукових зацікавлень Бертррана Берша, в якій він почав працювати ще з часу виконання дисертації — фазові переходи і критичність (в їх різноманітних реалізаціях). Завдяки його праці стали зрозумілішими зміни критичної поведінки дво- та тривимірних систем під впливом структурного безладу, неоднорідностей, просторових обмежень. Учений запропонував теоретичний опис переходів різного типу (нематик–ізотропна рідина, пара–ферромагнетик, ВКТ-подібних) та провів надзвичайно ретельні чисельні симуляції для перевірки передбачень теорії. Нещодавно він зробив ва-



жливий внесок у теорію спінового транспорту в напівпровідниках, дослідивши сполуки з сильною спин-орбітальною взаємодією і застосувавши калібрувальну симетрію для аналізу топологічних аспектів таких систем. Майстерне володіння методами статистичної фізики та комп'ютерного експерименту привело його до застосування цих знарядь для аналізу складних систем, що складаються із багатьох агентів нефізичної природи. Завдяки цим та іншим дослідженням проф. Б. Берш є визнаним у світі експертом у ділянці статистичної фізики складних систем.

Згадані вище дослідження виконані за участі численних колег із різних наукових установ світу. Особливі зв'язки, однак, поєднують Бертрана Берша з Україною та з ІФКС НАН України. У співпраці з українськими вченими він опублікував понад 30 робіт, був співкерівником кандидатських дисертацій, що виконувалися в ІФКС НАН України та в університеті Лотарингії. Зокрема під його керівництвом виконано кандидатську дисертацію, захищену під час першого спільного франко-українського засідання (січень, 2009). Ця традиція знайшла своє продовження, зокрема, в створеному за ініціативою Бертрана Берша Міжнародному коледжі докторантів «Статистична фізика складних систем» (Нансі–Ляйпціг–Львів–Ковентрі), до якого входить також ІФКС НАН України. Завдяки ініціативі та підтримці Б. Берша низка молодих науковців України отримала змогу навчатися і стажуватися за кордоном, виконувати дослідження в рамках міжнародних проектів співпраці. Бертран Берш входить до редколегії журналу *Condensed Matter Physics*, він належить до активних організаторів проведення серії щорічних конференцій MECO (*Middle European Cooperation in Statistical Physics*, організованих у Європі з 1974 р.). Завдяки його підтримці Львів у 2011 р. став першим українським містом, де відбулась одна з конференцій MECO.

Войко Влахі

*Рішенням Вченої ради ІФКС НАН України від 6 березня 2017 р. звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно Войку Влахі (м. Любляна, Словенія) за визначний вклад у теоретичні та експериментальні дослідження водних розчинів електролітів і поліелектролітів, включаючи колоїдні та білкові розчини, та за встановлення і зміцнення наукових зв'язків між вченими Словенії та України.*

Войко Влахі народився 29 травня 1946 р. в Люблянi. Вищу освіту отримав, навчаючись на факультеті природничих наук і технології університету Любляни, де спеціалізувався в хімічній інженерії (BSc, 1970) та фізичній хімії (Msc, 1973). У цьому ж університеті в 1978 р. отримав ступінь доктора філософії (PhD). З цього часу вся його професійна та наукова діяльність пов'язана з університетом Любляни, де він пройшов шлях від асистента до професора кафедри фізичної хімії. Впродовж цього часу Войко Влахі неодноразово отримував як національні, так і міжнародні престижні відзнаки, зокрема, найвищу національну відзнаку за наукову діяльність в Словенії (Zois Award, 1996), стипендію програми Фулбрайта (1984–1986), обраний до Європейської академії наук та мистецтв (2009). Запрошений лектор на посаду візитуючого професора в університети Каліфорнії у Девісі та Берклі (1984–1986, США), Регенсбурга (2006, Німеччина), П'єра та Марії Кюрі в Парижі (2007, 2009, Франція), Каліфорнії у Сан-Франциско (2006–2011, США).

Свою наукову діяльність Войко Влахі розпочав теоретичними та експериментальними дослідженнями впливу конформації полііонів на термодинамічні властивості розчинів поліелектролітів. Пізніше, на початку 1980-их років у роботах В. Влахі та його співробітників були зроблені перші систематичні дослідження подвійного електричного шару циліндричної геометрії, виконані за допомогою методу Монте Карло, теорії функціоналу густини та на основі використання модифікованого рівняння Пуасона-Больцмана. У 1990-х роках, завдяки врахуванню сил збіднення він, разом із Дж. Праузніцом (UC Berkeley), запропонував теорію для осаду білків. Важливе значення мають роботи В. Влахі зі співробітниками, в яких методами Монте Карло показано, що за присутності двовалентних контрйонів відбувається кластеризація однойменно заряджених макроіонів. Ці роботи були виконані в кінці 1990-х років і з того часу стимулювали велику кількість публікацій, присвячених цьому ефекту. Велике значення для розуміння ефектів іонної гідратації мають роботи В. Влахі початку 2000-х років. У роботах, виконаних впродовж 2008–2013 років, показано, що присутність гідрофобних груп приводить до



зворотної зміни послідовності Гофмейстера. Ці роботи лягли в основу сучасної теорії розчинів білків. У ній вперше проведено рівноправне врахування взаємодії між усіма частинками системи, включно з іонами солей та молекулами води.

Упродовж багатьох років Войко Влахі підтримував тісні наукові контакти з Інститутом фізики конденсованих систем НАН України. Перше знайомство В. Влахі з працівниками ІФКС НАН України відбулося в 1990 р., під час 3-ї Ліблицької конференції зі статистичної механіки рідин, яка відбувалася у Бехіні (Чехія). З того часу розпочато надзвичайно успішне наукове співробітництво, яке триває майже 30 років. Відбувалися регулярні візити дослідників інституту в Люблян у та працівників кафедри фізичної хімії університету Любляни до Львова. В результаті співробітництва опубліковано близько 40 спільних наукових статей. В. Влахі брав активну участь в організації та проведенні багатьох міжнародних конференцій, що проходили у Львові. Він є членом редколегії журналу *Condensed Matter Physics* та його активним дописувачем.

Ральф Кенна

*Рішенням Вченої ради ІФКС НАН України від 11 лютого 2019 р. звання **Doctor Honoris Causa** присвоєно Ральфу Кенні (м. Ковентрі, Велика Британія) за цикл досліджень, присвячених критичній поведінці складних систем нефізичної природи, соціальних явищ і проблем гуманітарних наук, а також за його діяльність з підготовки молодих вчених і особисту ініціативу в різних формах співпраці між Великою Британією та Україною.*

Ральф Кенна народився 27 серпня 1964 р. у м. Атлоні (Ірландія). В 1988 р. після здобуття ступеня магістра в Трініті коледжі в Дубліні він отримав грант від Європейської Ради на навчання в аспірантурі в Австрії. У 1993 р. із відзнакою захистив докторську дисертацію в університеті м. Граца. Після цього працював в університеті Ліверпуля (1994–1997) та в Трініті коледжі в Дубліні (1997–1999). Починаючи з 2002 р., працює в університеті міста Ковентрі (від 2012 р. — на посаді професора). Ральф Кенна є одним зі співзасновників Дослідницького центру прикладної математики в університеті міста Ковентрі.

Наукові інтереси Ральфа Кенні охоплюють теорію поля, статистичну фізику складних систем та теорію фазових переходів, соціофізику. Його дослідження скейлінгу нулів статистичної суми $2d$ XY моделі дозволили пояснити особливості переходу Березицького-Костерліца-



Таулеса, а знайдені ним співвідношення для логарифмічних поправок до скейлінгу широко застосовуються в дослідженні неперервних фазових переходів. Добре знані його результати про структурно-невпорядковані системи, нерівноважні моделі при низьких вимірностях, особливості впорядкування поблизу верхньої критичної вимірності. Ральф Кенна і його колеги успішно використовують концептуальний апарат і методи статистичної фізики для дослідження складних систем нефізичної природи. Окремо хотілося б підкреслити два тематичні напрямки з широкого спектру зацікавлень Ральфа Кенни, які безпосередньо вплинули на тематичний профіль досліджень ІФКС НАН України. Кількісні дослідження соціальних явищ та проблем гуманітарних наук, що відомі в світі під терміном «digital humanities», а також наукознавчі розвідки активно проводяться в ІФКС НАН України саме в тісній співпраці із групою Р. Кенни. Насамперед це стосується аналізу соціальних мереж міфологічних героїв, дослідження кореляцій між різними оцінками ефективності наукових колективів та вивчення процесів завантажуваностей наукових статей. Донедавна ці задачі вважалися «екзотичними» для фізики, нині вони належать до науки про складні системи, піонером якої в Україні є ІФКС НАН України. У журналі *Scientometrics*, що є світовим флагманом у сфері наукометрії, з десятка статей, що мають стосунок до України, більшість містять результати, отримані працівниками ІФКС НАН України в співпраці з Ральфом Кенною. Спільно з українськими вченими він опублікував понад 30 наукових робіт. Поряд із англомовними працями, деякі з його статей вийшли українською мовою у виданнях *Вісник НАН України*, *Доповіді НАН України*, *Журнал фізичних досліджень*, *Україна модерна*. Професор Р. Кенна є співкерівником кандидатської дисертації, виконаної одночасно в ІФКС НАН України та в університеті Ковентрі (П. Сарканич), ініціатором і співдиректором Міжнародного коледжу докторантів «Статистична фізика складних систем» та Співпраці «L4» (Нансі–Ляйпціг–Львів–Ковентрі). Завдяки ініціативі та підтримці проф. Р. Кенни молоді науковці ІФКС НАН України мають змогу навчатися і стажуватися за кордоном, виконувати дослідження в рамках міжнародних проектів (три проекти міжнародної співпраці IRSES). Ральф Кенна є членом редколегії *Condens. Matter Phys.*, належить до активних організаторів щорічних конференцій MECO (Middle European Cooperation in Statistical Physics). Завдяки його ініціативі відбуваються майстерні *Math Meets Myth* (MMM), які знайшли своє продовження у серії майстерень *Physics Meets Humanities*, що проводить Інститут фізики конденсованих систем НАН України.

ПЕРСОНАЛІЇ



Андрусик Андрій Ярославович

Народився 04.12.1976 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2011). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1998). Протягом 1999–2001 рр. навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України. У період 2001–2014 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (відділ теорії модельних спінових систем) на посадах пров. інженера та мол. наук. співр. Від 2014 р. працює в ІТ-сфері (програміст у компанії SoftServe). Брав участь у розробці системи державних закупівель PROZORRO.

Наукові дослідження пов'язані з вивченням статичних і динамічних властивостей сегнетоактивних сполук із водневими зв'язками.

Стипендіат академіка НАН України І.Р. Юхновського (2012), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2006).

Пр.: R.R.Levitskii, I.R.Zachek and A.Ya.Andrusyk. The thermodynamics of the Rochelle salt $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ crystal studied within the Mitsui model extended by piezoelectric interaction and transverse field // J. Phys. Stud.-2010. - Vol. 14, No. 3. - P. 3701; R.R.Levitskii, A.Ya.Andrusyk and I.R.Zachek. Dynamics of the Rochelle salt $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ crystal studied within the Mitsui model extended by piezoelectric interaction and transverse field // Condens. Matter Phys. - 2010. - Vol. 3, No. 1. - P. 13705; A.Andrusyk. Piezoelectric effect in Rochelle salt // Ferroelectrics — Physical Effects / Ed. by M. Lallart. - InTeh, 2011. - August. - P. 195-220.



Антоневич Максим Петрович

Народився 13.01.1976 р. у м. Львові. Закінчив Держ. ун-т «Львівська політехніка» (1997). Протягом 1998–1999 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на посаді інж. II кат. У 1999 р. переведений у ДП Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» ІФКС НАН України.

Займався забезпеченням науково-телекомунікаційної діяльності засобами комп'ютерної мережі

Інтернет. Встановлював та налагоджував електронну пошту, комутований та некомутований зв'язок. Займався розробкою і підтримкою веб-сторінок.



Антоневич Остап Петрович

Народився 24.10.1971 р. у м. Львові. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1993). Протягом 1993-1996 рр. навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України. У період 1996–2003 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України на посаді пров. інж. відділу теорії розчинів. У 1999–2000 рр. стажувався у Вільному університеті Берліна. Від 2003 р. працює в ІТ-сфері (розробка програмного забезпечення в області пошукових і децентралізованих інформаційних систем у фірмі Neofonie; старший консультант у фірмі F-Project, від 2008 р. — старший ІТ-архітектор у фірмі T-Systems у різних проектах для німецької автомобільної промисловості).

Наукові дослідження стосуються теорії розчинів. Спільно з М.Ф. Головком запропоновано асоціативну базисну модель у теорії іонно-водних розчинів. Досліджено руйнування сітки водневих зв'язків у воді при зростанні концентрації іонів. У рамках методу інтегральних рівнянь для кореляційних функцій проведено дослідження фазової діаграми симетричної бінарної суміші (разом із Ф. Форцманом).

Пр.: М.Ф. Головко, О.П. Антонеvич. Проста асоціативна модель у теорії водних розчинів електролітів // Укр. фіз. журн., 1996, Т. 41, с.1050–1055; M.F. Holovko, O.P. Antonevych. Associative reference model in statistical theory of ionic-aqueous solutions // Condens. Matter Phys., 1996, vol.7, p.87-100; O. Antonevych, F. Forstman, E. Diar-Herrera. Phase diagram of symmetric binary fluid mixtures: First-order or second-order demixing // Phys. Rev E, 2002, vol. 65, 061504.



Баліґа Василь Ярославович

Народився 07.02.1991 р. у с. Довжках Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2019). Закінчив Львівський націон. ун-т імені Івана Франка (2015). Протягом 2015–2018 рр. навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України. Від 2018 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики на посаді мол. наук. співр.

Наукові інтереси пов'язані з вивченням впливу бездисперсійного одночастинкового спектру на властивості квантових ґраткових систем. Проведено дослідження фазових переходів, пов'язаних із впорядкуванням локалізованих маґнонів, у квантових антиферромагнетиках Гайзенберга на фрустрованих двошарах у режимі сильних маґнітних полів та низьких температур. Вивчено основний стан квантової антиферромаґнітної моделі Гайзенберга на двошарах за відсутності маґнітного поля. Досліджено властивості одновимірного парамагнетика Тасакі-ґабарда в зовнішньому полі. Автор 16 наукових праць.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2018-2020), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2017), премії НАН України для молодих учених і студентів вищих навч. закладів за кращі наукові роботи (2019).

Пр.: V. Baliha, J. Richter, and O. Derzhko, One-Dimensional Tasaki-Hubbard Model in Paramagnetic Limit // *Acta Phys. Polon. A* 132, 1256 (2017); T. Krokhmal'skii, V. Baliha, O. Derzhko, J. Schulenburg, and J. Richter, Frustrated honeycomb-lattice bilayer quantum antiferromagnet in a magnetic field: Unconventional phase transitions in a two-dimensional isotropic Heisenberg model // *Phys. Rev. B* 95, 094419 (2017); J. Richter, O. Krupnitska, V. Baliha, T. Krokhmal'skii, and O. Derzhko, Thermodynamic properties of $\text{Ba}_2\text{CoSi}_2\text{O}_6\text{Cl}_2$ in strong magnetic field: Realization of flat-band physics in a highly frustrated quantum magnet // *Phys. Rev. B* 97, 024405 (2018); T. Krokhmal'skii, V. Baliha, O. Derzhko, J. Schulenburg, and J. Richter, Frustrated honeycomb-lattice bilayer quantum antiferromagnet in a magnetic field // *Physica B* 536, 388 (2018); J. Strečka, K. Karlova, V. Baliha, and O. Derzhko, Ising versus Potts criticality in a low-temperature magnetothermodynamics of a frustrated spin-1/2 Heisenberg triangular bilayer // *Phys. Rev. B* 98, 174426 (2018).



Банащук Володимир Петрович

Народився 09.11.1962 р. у м. Городку Львівської обл. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1984). Протягом 1984–1986 рр. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР. Навчався в аспірантурі Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (1987–1989). Займається підприємницькою діяльністю.

Наукові дослідження стосувались фазового переходу рідина-газ.



Баран Адріан Юрійович

Народився 04.07.1972 р. у м. Львові. Закінчив Держ. ун-т «Львівська політехніка» (1994). Протягом 1993–1997 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі обчислювальної фізики та лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на інженерних посадах.

Займався налагодженням та обслуговуванням локальної комп'ютерної мережі ІФКС НАН України, здійснював адміністрування роутера зовнішніх зв'язків та модемного пулу.



Баран Олег Святославович

Народився 04.12.1967 р. у м. Львові. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1991). Протягом 1991–1993 рр. навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України. Закінчив аспірантуру фізичного ф-ту ун-ту МакГілл у Монреалі, там же захистив PhD дисертацію «Моделювання гідродинамічних та теплообмінних процесів» (2000). Працює менеджером у німецькому концерні «Сіменс» у США.

Наукові інтереси в сфері теорії багатоелектронних систем; фізика рідин та сипучих тіл.

Пр.: Ваврух М.В., Баран О.С. Базисні розклади в теорії розсіяння і атомних кореляцій. - Препринт ІТФ-

91-35У. - Київ, 1991. - 44 с. Vavruk M., Baran O. Statistical reference system approach in the theory of spatially inhomogeneous and limited many-electron system. - Preprint ICMP-92-14E. - Lviv, 1992. - 20 p. Oleh Baran, Deniz Ertas, Gary S. Grest, Jeremy B. Lechman and Thomas C. Halsey, *Velocity correlations in dense gravity-driven granular chute flow*, *Phys. Rev. E*, **74**, 051302 (2006). Oleh Baran and Lou Kondic, *On velocity profiles and stresses in sheared and vibrated granular systems under variable gravity*, *Physics of Fluids*, **18**, 121509 (2006). Oleh Baran and Lou Kondic, *Velocity profiles, stresses, and Bagnold scaling of sheared granular system in zero gravity*, *Physics of Fluids*, **17**, 073304 (2005). Phanikumar Sistla, Oleh Baran, Qunlai Chen, Peter H. Poole and Robert J. Martinuzzi, *Bulk motion of granular matter in an agitated cylindrical bed*, *Phys. Rev. E*, **71**, 011303 (2005).



Баран Остап Романович

Народився 30.11.1967 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2002). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1992). Від 1992 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії модельних спінових систем та від 2016 р. — у відділі квантової статистики (від 2005 р. — на посаді наук. співр.). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2016–2018). Протягом 2003–2013 рр. за сумісн. читав курс лекцій «Комп'ютерні технології проектування» на каф. проектування інтер'єрів

Львівської націон. акад. мистецтв.

Наукові дослідження пов'язані з різноманітними спіновими системи при базисному врахуванні короткосяжних взаємодій методом кластерних розв'язань або у кластерному наближенні при врахуванні далекосяжних взаємодій. На основі моделі протонного впорядкування з врахуванням тунелювання протонів на зв'язках досліджено термодинамічні та діелектричні властивості сегнетоактивних кристалів типу KN_2PO_4 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ та CsH_2PO_4 . Вивчено вплив поздовжнього та поперечного полів на властивості спін-3/2 моделі Блюма-Капеля на прямокутній ґратці у випадках, коли в одному напрямку взаємодії є феромагнітними, а в перпендикулярному – антиферомагнітними ($\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$). Досліджено основний стан фрустрованої двовимірної спін-1/2 $J_1 - J'_1 - J_2$ моделі Гайзенберга в рамках методу перетворення Йордана-Вігнера в наближенні типу наближення молекулярного поля як для прямої взаємодії між ферміонами, так і для фазових множників, що виникають в результаті ферміонізації. Отримано точні результати для спін-1/2 ХУ ланцюжка з g-факторами, які чергуються, та для ХУ магнетоелектрика на зигзаг ланцюжку. Автор 22 статей у реферованих журналах.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих уче-

них (2002).

Пр.: Baran O.R., Levitskii R.R. Reentrant phase transitions in the Blume-Emery-Griffiths model on a simple cubic lattice: The two-particle cluster approximation. *Phys. Rev. B* 65, 172407-4 (2002). Levitskii R.R., Baran O.R., Lisnii B.M. Phase diagrams of spin-1 Ising model with bilinear and quadrupolar interactions under magnetic field. Two-particle cluster approximation. *Eur. Phys. J. B* 50, 439-443 (2006). Baran O., Levitskii R. Phase diagrams of spin-3/2 Blume-Capel model on rectangular lattice under longitudinal magnetic field. *Physica B* 408, 88-94 (2013). Baran O.R., Verkholyak T.M. Two-dimensional spin-1/2 $J_1 - J'_1 - J_2$ Heisenberg model within the Jordan-Wigner transformation. *Ukr. J. Phys.* 61, No. 7, p. 597-605 (2016). Baran O., Ohanyan V., Verkholyak T. Spin-1/2 XY chain magnetoelectric: Effect of zigzag geometry. *Phys. Rev. B* 98, 064415-13 (2018).



Баран Святослав-Петро Романович

Народився 11.09.1942 р. у м. Яворові Львівської обл. Помер 21.12.2012 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1974). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1964). У 1966–1970 рр. — асист., викладач каф. теорії твердого тіла цього ун-ту. У 1970–1978 рр. працював у Львівському відділі статистич. теорії конденс. систем Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР. У 1978–2009 рр. працював на кафедрі заг. фізики Львівської політехніки (від 1982 р. на посаді доцента). У 2009–2012 рр. працював в Академії сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного на посаді проф. кафедри фізики.

Коло наукових інтересів: вивчення рівноважних станів у домішковій підсистемі в кристалах, аналіз розподілу домішок у напівпровідниковому кристалі при змінній концентрації та температурі. Займався розробкою методичних проблем викладання фізики у вищій школі.

Пр.: Tovstyuk K.D., Baran S.R., Rakin G.V. The equilibrium states of the impurities in the dynamic lattice // *Phys. status solidi (B)*, 1972, 51, N1, p. 197-204. Баран С.Р., Товстюк К.Д. Равновесная концентрация примеси в ангармонической решетке. – Киев, 1971. – 22 с. – (Препринт АН УССР. Ин-т теорет. физики, ИТФ-71-89Р). І.В. Бандрівчак, С.Р. Баран, І.М. Бордун, В.М. Габа, Ф.М. Гончар. Лабораторний практикум з фізики. Навчальний посібник. Част. 1. Лабораторія механіки та молекулярної фізики – Львів: В-во НУ «Львівська політехніка», 2002. – 184 с.



Баумкетнер Андрій Богданович

Народився 03.10.1973 р. у м. Бориславі Львівської обл. Доктор фіз.-мат. наук (2018), старший наук. співр. (2013). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1995). Протягом 1995–1999 рр. навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України. Від 1999 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі комп'ютерного моделюв. багаточастинк. систем (з 2018 р. — пров. наук. співр.). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2013–2016). У 2000–2002 рр. стажувався в ун-ті Канава (Японія), у 2002–2005 рр. — в ун-ті Каліфорнії (Санта Барбара, США), у 2005–2013 рр. — в ун-ті Північної Кароліни (Шарлотт, США).

Наукові дослідження в сфері поведінки біологічних систем, зокрема, процесів згортання та агрегації білків. Займається розробкою методів для теоретичних досліджень та комп'ютерного моделювання цих процесів. Є автором 57 наукових статей. Керував науковим колективом професійних дослідників, аспірантів та студентів.

Лауреат премії Львівської міської ради талановитим ученим (2016). Нагороджений Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018).

Пр.: Baumketner and W. Cai, Clusters of lysozyme in aqueous solutions, *Phys. Rev. E* 98, 032419 (2018) Baumketner, A. Stelmakh and W. Cai, Cluster crystals stabilized by hydrophobic and electrostatic interactions, *J. Phys. Chem. B* 122, 2669 (2018) Baumketner, Electric field as a disaggregating agent for amyloid fibrils, *J. Phys. Chem. B* 118, 14578 (2014) Baumketner, M. Krone Griffin and J.-E. Shea, Role of the familial Dutch mutation E22Q in the folding and aggregation of the 15-28 fragment of the Alzheimer Amyloid- β protein, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 105, 6027 (2008) D. B. Teplow, N. D. Lazo, G. Bitan, S. Bernstein, T. Wytenbach, M. T. Bowers, A. Baumketner, J.-E. Shea, B. Urbanc, L. Cruz, J. Borreguero, H. E. Stanley, Elucidating amyloid β -protein folding and assembly: A multidisciplinary approach, *Acc. Chem. Res.*, 39, 635 (2006)



Бзовська Ірина Степанівна

Народилася 12.04.1982 р. у м. Золочеві Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2013). Закінчила з відзнакою Львівський націон. ун-т імені Івана Франка (2004). Від 2004 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі комп'ютерного моделюв. багаточастинк. систем (від 2018 р. — наук. співр.).

Наукові інтереси стосуються процесів гетерогенного каталізу на прикладі реакції окислення монооксиду вуглецю на поверхні металевого каталізатора. Проведено аналіз основного стану реакції та знаходження умов виникнення та існування реактивної області CO-кисень, де є можливими процеси окислення; досліджено механізми формування просторово-часових дисипативних структур у реакційно-дифузійній моделі, що описує реакцію окислення CO, з конкурентними умовами біфуркацій, а також вплив домішкових частинок, що знаходяться на поверхні, на протікання реакції. Авторка 32 наукових праць. Технічна редакторка журналу «Condensed Matter Physics» (від 2016 р.).

Стипендіатка Президента України для молодих вчених НАН України (2014–2016), лауреатка премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2005, 2016).

Пр.: Моделі квантово-статистичного опису каталітичних процесів на металевих підкладах: Колективна монографія / За заг. ред. Костробія П.П. – Львів: Видавництво Растр-7, 2012. – 260 с. – Гл. 5: Моделювання кінетики хімічних реакцій при гетерогенному каталізі на прикладі реакції окислення монооксиду вуглецю / І. Бзовська, І.М. Мриглед. – С. 182–215. Mryglod I.M., Bzovska I.S. Kinetics of the processes of catalytic CO oxidation. Ukr. J. Phys. **53**, 529–535 (2008). Bzovska I.S., Mryglod I.M. Spatiotemporal pattern formation in a three-variable CO oxidation reaction model. Condens. Matter Phys. **21**, 23801 (2018).



Блавацька Вікторія Богданівна

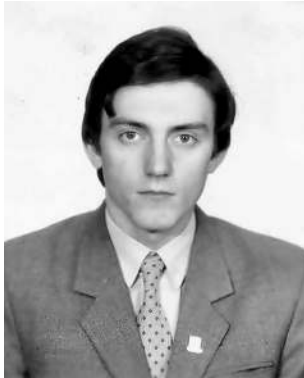
Народилася 11.03.1978 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (2014). Закінчила Львівський національний університет імені Івана Франка (2000). Протягом 2000–2003 рр. навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України. Від 2003 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (з 2014 р. — пров. наук. співр. відділу комп'ютерн. моделюв. багаточастинк. систем). Протягом 2008–2010 рр. працювала в Ін-ті теорет. фізики Університету м. Ляйпцига (Німеччина). Проходила наукові стажування в: Центрі прикл. математики Університету м. Ковентрі (Великобританія), Ін-ті фізики та астрон. Університету м. Потсдама (Німеччина), Лабораторії фізики Університету м. Ліона (Франція).

Наукові дослідження пов'язані з розвитком теорії та комп'ютерних симуляцій полімерних макромолекул, що характеризуються складністю топології (складногалужені макромолекули) та хімічної структури (мультikomпонентні гетерополімери, кополімери, поліамфоліти) у розчинах. Особливу увагу зосереджено на аналізі впливу структурних неоднорідностей та невпорядкованості середовища на конформаційні властивості та особливості фазових переходів у розчинах макромолекул.

Авторка 42 наукових праць, підготувала 1 кандидата наук.

Стипендіатка фонду Александра фон Гумбольдта (2008), Європейського фонду Марії К'юрі (2009), Президента України для молодих вчених (2012–2014). Лауреатка Премії Президента України для молодих вчених (2009), премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2010). Нагороджена відзнакою НАН України «Талант, натхнення, праця» (2009).

Пр.: Blavatska V. Janke W. Multifractality of self-avoiding walks on percolation clusters. *Phys. Rev. Lett.* 101, 125701(1-4) (2008). Blavatska V, von Ferber C., Holovatch Yu. Star copolymers in porous environments: scaling and its manifestations. *Phys. Rev. E* 83, 011803(1-13) (2011). Blavatska V. Equivalence of quenched and annealed averaging in models of disordered polymers. *J. Phys.: Condens. Matter* 25, 505101(1-9) (2013). Blavatska V., Metzler R. Conformational properties of complex polymers: rosette versus star-like structures. *J. Phys. A: Math. Theor.* 48, 135001(1-15) (2015). Blavatska V., Haydukivska K. Loop formation in polymers in crowded environment. *J. Chem. Phys.* 144, 084901(1-7) (2016)



Блажиевський Орест Лаврентійович

Народився 14.06.1966 р. у м. Львові. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1990). Протягом 1990–1997 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах статистичної теорії конденсованих систем та теорії багатеелектронних систем. Від 1997 р. працює в ІТ-сфері (компанія «Техніка для бізнесу»).

Наукові дослідження в сфері теорії електронної рідини та теорії фермі-систем.

Пр.: Ваврух М.В., Блажиевський О.Л. Базисний підхід в теорії двосортних взаємодіючих фермі-систем. — Препринт ІТФ–90–77У. — Київ, 1990. Ваврух М.В., Блажиевський О.Л. Розрахунок характеристик моделі електрон-діркової рідини в металічній фазі. — Препринт ІТФ–92–4У. — Київ, 1992. Ваврух М.В., Блажиевський О.Л. Застосування базисного підходу до двокомпонентних фермі-систем // Укр. Фізичний журнал. 1993. Т. 38, № 11. С. 1748–1757. Vavrukh M.V., Blazhievskii O.L. Reference system approach in the electron liquid theory. V. Application to the two-component Fermi system // Phys. Stat. Sol. (b). 1994. V. 186, No 2. P. 449–460. Vavrukh M., Paslavskii V. and Blazhievskii O. Local-field correction function of the Fermi system with a short-range interaction // Condens. Matter Phys. - 1997. - V. 7. - P.127-136.



Блажиевський Юрій Лаврентійович

Народився 10.02.1972 р. у м. Львові. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1994). Протягом 1994–2011 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів на посаді інженера. Від 2011 р. працює в ІТ-сфері.

Наукові інтереси: термодинамічні та діелектричні характеристики конденсованих систем взаємодіючих частинок (діелектрики, іонні системи) у пористих середовищах на основі мікроскопічної статистичної теорії.

Пр.: М.Ф. Головкин, Ю.Л. Блажиевський, Український Фізичний Журнал, No 7, т.44, 1999 Ю.Л. Блажиевський, Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Сер. фіз. Вип. 14, 105 (2003). М.Ф. Головкин, Ю.Л. Блажиевський, Журн. фіз. досл. 10, 187 (2006) Ю.Л. Блажиевський, Журн. фіз. досл. т.13, №1 (2009) 1501(5с)



Брик Тарас Михайлович

Народився 31.07.1963 р. у м. Дрогобичі Львівської обл. Доктор фіз.-мат. наук (2005), старший наук. співр. (2003). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1985). У 1985–1987 рр. працював у Львівському держ. ун-ті ім. І.Я. Франка на кафедрі фізики напівпровідників. Протягом 1987–1990 рр. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР. Від 1990 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 2006 р. — заст. директора з наук. роботи, від 2008 р. — завідувач відділу

комп'ютерн. моделюв. багаточастинк. систем). Від 2006 р. працює за сумісництвом у Націон. ун-ті «Львівська Політехніка» на посаді професора.

Наукову діяльність розпочинав під керівництвом проф. З.О. Гурського, розробляв теорію першопринципних псевдопотенціалів. Після захисту кандидатської дисертації (1994) у 1997–1999 рр. стажувався в одного із засновників теорії псевдопотенціалів та першопринципних розрахунків проф. Л. Клеймана (Остін, США), а протягом 2000–2002 рр. працював у проф. Т. Геймета (Г'юстон, США) над комп'ютерним моделюванням води та границь розділу фаз. Основні напрямки наукової діяльності стосуються комп'ютерного моделювання неупорядкованих систем, динамічних властивостей рідин і склоподібних систем, структури та динаміки конденсованих систем при високих тисках. Серед найважливіших результатів — існування оптичних колективних збуджень в бінарних рідинах, природа явища «швидкого звуку» в бінарних розплавах із великою різницею мас компонент, теорія позитивної дисперсії звуку в надкритичних флюїдах, встановлення нового структурного переходу в розплаві рубідію при високих тисках та природи низької в'язкості внутрішнього ядра Землі.

Автор 250 наукових праць, виховав 1 доктора наук. Є представником України в програмному комітеті з інфраструктурних проектів Європейської програми «Горизонт-2020», член експертної ради з фізики ДАК МОН України, заступник головного редактора журналу «Condensed Matter Physics».

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2006), премії Львівської міської ради талановитим ученим (2018), член Львівської системи дослідників I рівня (2019). Нагороджений Почесною грамотою Президії НАН України (2013), Цінним подарунком Верховної Ради України (2018), відзнакою НАН України «За професійні здобутки» (2019).

basal and prism interfaces. *J. Chem. Phys.* 117, 2180–2190 (2002). Simeoni G.G., Bryk T., Gorelli F.A., Krisch M., Ruocco G., Santoro M., Scopigno T. The Widom line as the crossover between liquid-like and gas-like behaviour in supercritical fluids. *Nat. Phys.* 6, 503–507 (2010). Bryk T., de Panfilis S., Gorelli F.A., Gregoryanz E., Krisch M., Ruocco G., Santoro M., Scopigno T., Seitsonen A.P. Dynamical crossover at the liquid-liquid transformation of a compressed molten alkali metal. *Phys. Rev. Lett.* 111, 077801 (2013). Bryk T., Gorelli F.A., Mryglod I., Ruocco G., Santoro M., Scopigno T. Behavior of Supercritical Fluids across the «Frenkel Line». *J. Phys. Chem. Lett.* 8, 4995–5001 (2017). Belonoshko A., Fu J., Bryk T., Simak S., Mattesini M. Low Viscosity of the Earth Inner Core. *Nat. Commun.* 10, 2483 (2019).



Буній Роман Васильович

Народився 16.05.1969 р. у м. Надвірній Івано-Франківської обл. Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т імені Івана Франка (1993). У 1993–1996 рр. навчався в аспірантурі в ІФКС НАН України (відділ теорії багатоелектронних систем). Після аспірантури виїхав на навчання до США. Працює асоційованим професором фізики Ун-ту Чепмена (Каліфорнія, США).



Бутрій Олена Орестівна

Народилась 02.02.1980 р. у м. Львові. Закінчила з відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2002). Протягом 2002–2003 рр. навчалася в аспірантурі ІФКС НАН України. Від 2003 р. продовжила навчання в Ун-ті Гронінгера (Голландія), де захистила дисертацію на звання доктора філософії. Від 2008 р. після захисту дисертації працювала в різних наукових установах Голландії. Згодом перекваліфікувалася і в 2015 р. отримала ступінь магістра з юриспруденції (Ун-т Гронінгера).

Перші наукові роботи пов'язані зі застосуванням методу функціоналу густини для дослідження самоасоціативних систем. Наукова діяльність у Голландії пов'язана з розвитком методу часово-залежних функціоналів густини для опису електронно-ядерних взаємодій.

Пр.: O. Butriy, H. Ebadi, P.L. de Boeij, R. Van Leeuwen, E.K.U. Gross. Multicomponent density-functional theory for time-dependent systems. *Phys. Rev. A*, 2007, vol 76, 052514; O. Butriy. Shaping a colour. *Journal of Intellectual Property Law and Practice*, 2007, vol. 12, issue 12, pp. 997-1003.



Ваврух Маркіян Васильович

Народився 11.08.1942 р. у с. Кошляках тепер Підволочиського р-ну Тернопільської обл. Доктор фіз.-мат. наук (1987), професор (2001). Закінчив із відзнакою фізич. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1964), аспірантуру (1971). У 1964–68 рр. — асистент каф. теорет. фізики Львів ун-ту. Від 1971 р. працює у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем, а згодом — Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (від 1989 — пров. наук. співр.). Протягом 1990–1996 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України на посаді зав. відділу теорії ба-

гатоелектронних систем. Від 1996 р. працює у Львівському націон. ун-ті ім. Івана Франка (до 2015 р. — зав. каф. астрофізики, від 2015 р. — професор цієї каф.). Заслужений проф. Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка (2018).

Наукові інтереси в сфері квантової механіки та статистичної фізики систем багатьох частинок, мікроскопічної теорії металів, планетології, внутрішньої будови зір на релятивістській стадії еволюції, випромінювання зір.

Науковий керівник 11 канд. дис.; автор 282 наукових праць. Член НТШ. Член редколегій «Журналу фізичних досліджень», «Condensed Matter Physics», «Вісн. Львівського ун-ту. Сер. фізична». Член спеціалізованих вчених рад фіз. ф-ту Львівського ун-ту та ІФКС НАН України.

Пр.: Vavruk M. Reference System Approach in the Electron Liquid Theory / Vavruk M. at all // Phys. Stat. Sol. (b). - 1991. - V. 168. - P. 519-532; 1992. - V. 169. - P. 451-462; 1993. - V. 177. - P. 361-371; 1994. - V. 186. - P. 159-169. Ваврух М.В. Обобщение концепции локального поля в теории ферми-жидкостей // ФНТ. - 1996. - Т. 22, № 9. - С. 1005-1017. Vavruk M.V. Continuous Absorption and Depression in the Solar Spectrum at Wavelengths from 650 to 820 nm / Vasil'eva I.E., Stelmakh O.M., Tyshko N.L. // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. - 2016. - V. 32, N 3. - P. 129-144. Ваврух М. Базисний підхід в теорії багатоелектронних систем: монографія / Ваврух М., Костробій П., Маркович Б. - Львів: вид-во «Растр-7», 2017. - 508 с. Ваврух М. Нові моделі в теорії структури вироджених карликів: монографія / Ваврух М., Смеречинський С., Тишко Н. - Львів: вид-во «Растр-7», 2018. - 268 с.



Ваврух Наталія Маркіянівна

Народилась 19.07.1967 р. у с. Кошляках Тернопільської обл. Померла у м. Львові 05.09.1994 р. Закінчила з відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1989). Протягом 1989–1994 рр. працювала у Львівському від-ні статист. фізики ІТФ АН УРСР (відділ СТеКС) та в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії багатоелектронних систем.

Основний напрямок наукової діяльності стосувався теорії фермі-систем і теорії надпровідності.

Пр.: Vavruk M., Solovyan V., Vavruk N. Reference System Approach in the Electron Liquid Theory: III. Dynamic Function of Local-Field Correction. *Physica Status Solidi* 177, 361-371 (1993). Vavruk M., Vavruk N. Reference System Approach in the Electron Liquid Theory: IV. Momentum Distribution. *Physica Status Solidi* 186, 159-169 (1994). Ваврух М.В., Ваврух Н.М. Сверхпроводящая фаза сильно неидеальной электронной жидкости // ФНТ. - 1995. - Т. 21, № 7. - С.738-747.



Вакарін Едуард Владиславович

Народився 28.02.1967 р. у м. Львові. Помер 22.05.2015 р. у м. Парижі (Франція). Кандидат фіз.-мат. наук (1996). Габілітований доктор наук (Франція, 2008). Закінчив фізичний ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1992). Протягом 1992–1995 рр. навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України. Протягом 1995–2009 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 1999 р. — наук. співр.) у відділі теорії розчинів. Протягом 2001–2015 рр. стажувався, а згодом працював як

наук. співр. першого класу CNRS в Ун-ті П'єра і Марії Кюрі та Вищій націон. школі хімії в м. Парижі (Франція).

Перші наукові дослідження пов'язані з вивченням впливу асоціативних ефектів на поверхневі властивості плинів. Виявлено ефект збіднення плину біля поверхні внаслідок асоціації, розкрито механізми кооперативної адсорбції асоціативних плинів на кристалічних поверхнях. Для нежорсткої поверхні вивчено її модифікацію адсорбентом. Інший важливий аспект наукової діяльності пов'язаний із дослідженнями інтеркаляції іонів у матрицях. Отримані результати використовувались для інтерпретації експериментальних даних в лабораторіях Ізраїлю та Іспанії. Останні теоретичні роботи присвячені ви-

вченню фундаментальних проблем, пов'язаних із ентропією в складних системах і в неекстенсивних середовищах. Автор біля 70 наукових робіт.

Стипендіат НАН України для молодих вчених (2000–2001).

Пр.: M.F. Holovko, E. Vakarin, An associative version of the Henderson-Abraham-Barker equation. – Mol. Phys, 1995, vol.84, pp.1057-1064. E. Vakarin, Y. Duda, M.F. Holovko. Integral equation theory for the four bonding sites model of associating fluid. I. Structure factor and compressibility. – Mol. Phys, 1997, vol.90, pp.611-623. E. Vakarin, M.F. Holovko, P.Piotrowiak. Ion-pairing effects in intramolecular electron transfer. – Chem. Phys. Letters, 2002, vol.363, pp.7-12. E. Vakarin, J.P. Badiali, M.F. Holovko. An interplay of adsorption and corrugation at HCl-ice interfaces. – Chem. Phys. Letters, 2002, vol.359, pp.349-363. E. Vakarin, J.P. Badiali. Maximum entropy approach to power-law distribution in coupled dynamic – stochastic systems.. – Phys. Rev E, 2006, vol.74, 036120.



Вакарчук Іван Олександрович

Народився 06.03.1947 р. у с. Старих Братушанах Єдинецького р-ну, Молдова. Доктор фіз.-мат. наук (1980), професор (1984). Закінчив із відзнакою фізичн. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1970), аспірантуру (1973). Протягом 1973–1984 рр. працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем, а згодом — у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (від 1980 — зав. відділу квантової статистики). Від 1984 р. працює у Львівському ун-ті ім. Івана Франка (протягом 1984–2015 рр. — зав. каф. теорет. фізики, протягом 1990–2007 рр. та 2010–2013 рр. — ректор, від 2015 р. — проф. каф. теорет. фізики). У період 2007–2010 рр. — міністр освіти і науки України.

Наукові дослідження в сфері математичних методів у теоретичній фізиці, фізики квантових рідин, теорії надплинного гелію, астрофізики, теорії зоряних спектрів, теорії фазових переходів і критичних явищ, фізики неупорядкованих систем, фізики магнітних систем, фундаментальних проблем квантової механіки, деяких задач геофізики, філософії науки. Автор понад 360 наукових праць. Засновник і гол. ред. «Журн. фіз. досліджень» та журн. «Світ фізики», член редколегії журн. «Condensed Matter Physics».

Наукові дослідження в сфері математичних методів у теоретичній фізиці, фізики квантових рідин, теорії надплинного гелію, астрофізики, теорії зоряних спектрів, теорії фазових переходів і критичних явищ, фізики неупорядкованих систем, фізики магнітних систем, фундаментальних проблем квантової механіки, деяких задач геофізики, філософії науки. Автор понад 360 наукових праць. Засновник і гол. ред. «Журн. фіз. досліджень» та журн. «Світ фізики», член редколегії журн. «Condensed Matter Physics».

Народний депутат Верховної ради СРСР (1989–1991). Голова Львівської обласної Ради миру (1991), голова Ради ректорів вищих навч. закл. Львівщини (1996–2010), голова спец. вч. ради із захисту дисерт. при фіз. ф-ті ЛНУ (від 1995), голова Зах. укр. фіз. т-ва (1998–2002), президент Укр. фіз. т-ва (2001–2004), президент Львівської обласної МАН (від 1991), віце-президент Спілки

ректорів ВНЗ України (2002–2007), Народний посол України (2002), дійсний член НТШ (від 2003), член Комісії держ. нагород і геральдики (від 2005), член Комітету з Держ. премій України в галузі науки і техніки (від 2006).

Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2000), премій НАН України ім. М.П. Барабашова (2004) та ім. О.С. Давидова (2016).

Почесний доктор Краківської педагог. акад. (2002), Вроцлавського ун-ту (2009), ІФКС НАН України (2011), ІТФ ім. М.М. Боголюбова НАН України (2016), почесн. доктор філос. Укр. вільного ун-ту в Мюнхені (2011). Заслужений професор Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка (2012).

Герой України з врученням ордена Держави (2007), кавалер Почесної відзнаки Президента України (1996), ордена «За заслуги» II ступеня (2005), «Офіцерського Хреста» Ордена Заслуги Республіки Польща (2005), Державного ордена Італійської Республіки «Зірка італійської солідарності» (2008). Заслужений діяч науки і техніки України (2006). Нагороджений Почесною грамотою Верховної Ради України (2005), Грамотами Президії АН УРСР (1977, 1981), Знаком «Відмінник народної освіти УРСР» (1983), Грамотою Мін-ства народної освіти України (1992), Знаком МОН України «Петро Могила» (2006), Відзнакою Мін-ства оборони України «Знак пошани» (2007), медаллю НАПН України «Григорій Сковорода» (2011), Відзнакою Капітули українсько-польського поєднання (2001), численними відзнаками громадських і релігійних організацій.

Пр.: И. А. Вакарчук, И. Р. Юхновский. Микроскопическая теория энергетического спектра жидкого He. II. Теор. мат. физ. 42, 112–123 (1980). Vakarchuk I. O. On Dirac theory in the space with deformed Heisenberg algebra: Exact solutions. J. Phys. A: Math. Gen. 38, 7567–7576 (2005). Vakarchuk I. O. The Kepler problem in Dirac theory for a particle with position-dependent mass. J. Phys. A: Math. Gen. 38, 4727–4734 (2005).

Вакарчук І. О. Теорія зоряних спектрів (Львів, ЛНУ ім. Івана Франка, 2002). Вакарчук І. О. Квантова механіка (4-е доп. вид.) (Львів, ЛНУ ім. Івана Франка, 2012).



Василенко Андрій Ігорович

Народився 13.08.1983 р. у м. Калуші Івано-Франківської обл. PhD (2015, Ун-т ім. Адама Міцкевича в м. Познань, Польща). Закінчив із відзнакою фіз. ф-т Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка (2005). Протягом 2005–2008 рр. навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (відділ теорії нерівноважних процесів). Від 2008 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах теорії нерівноважних процесів та теорії м'якої речовини (від 2018 — мол. наук. співр.). Проходив наукові

стажування в: Ун-ті ім. Адама Міцкевича (м. Познань, Польща, 2013–2015), Ун-ті Варвік (м. Ковентрі, Великобританія, 2015–2018), Ун-ті м. Ліверпуль (Великобританія, 2018–2019).

Наукова діяльність пов'язана з проблемами нерівноважної статистичної теорії просторово неоднорідних електронних систем. Розвинуто підхід для опису нерівноважної електрон-фононної динаміки в кристалічних матеріалах. За допомогою поєднання цього підходу і розрахунків із перших принципів для електрон-фононної взаємодії отримано залежності електронного струму від напруги в системі одномірного ланцюжка берилію, інкапсульованого у вуглецеву нанотрубку.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2009).

Пр.: Kostrobii P., Markovych B., Vasylenko A., Rudavskii Yu., Tokarchuk M. Nonequilibrium statistical Zubarev's operator and Green's functions for an inhomogeneous electron gas. /P. *Conden. Matt. Phys.*, 9, 519-533 (2006). Markiv B., Vasylenko A., and Tokarchuk M. Statistical description of hydrodynamic processes in ionic melts while taking into account polarization effects. *J. Chem. Phys.*, 136, 234502(1-10) (2012). Vasylenko A., Tokarchuk M., Jurga S. Effect of a vacancy in single-walled carbon nanotubes on He and NO adsorption. *J. Phys. Chem. C*, 119, 5113-5116 (2015). Vasylenko A., Wynn J., Medeiros P. V. C., Morris A. J., Sloan J., Quigley D. Encapsulated nanowires: Boosting electronic transport in carbon nanotubes. *Phys. Rev. B*, 95, 121408 (R) (2017). Medeiros P. V. C., Marks S., Wynn J. M., Vasylenko A., Ramasse Q. M., Quigley D., Sloan J., Morris A. J., Single-Atom Scale Structural Selectivity in Te Nanowires Encapsulated Inside Ultrathin, Single-Walled Carbon Nanotubes. *ACS NANO*, 11, 6178 (2017).



Вдович Андрій Степанович

Народився 27.01.1980 р. у с. Поріччі Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2010). Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2002). Від 2002 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах теорії модельних спінових систем та квантової статистики (від 2018 р. — ст. наук. співр.). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2016–2018).

Наукові дослідження стосуються впливу зовнішнього електричного поля та механічних напруг на діелектричні, п'єзоелектричні, пружні, теплові характеристики сегнетоелектриків, антисегнетоелектриків, а також їх сумішей. Вивчається електрокалоричний ефект у цих сполуках. Автор 55 наукових праць.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2010–2012), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2004, 2013), премії НАН України для молодих учених і студентів ВНЗ за кращі наукові роботи (2015).

Пр.: Sorokov S. I., Levitsky R.R., Vdovych A.S., Microscopic Theory of $\text{Rb}_{1-x}(\text{NH}_4)_x\text{H}_2\text{PO}_4$ Type Compounds. *Ferroelectrics*. 379, 101-106 (2009). Zachek I., Levitskii R., Vdovych A. Dielectric Properties of Monoclinic RbD_2PO_4 . The Influence of Hydrostatic Pressure. *Ferroelectrics*. 444, 67-75 (2013). A.S. Vdovych, A.P. Moina, R.R. Levitskii, I.R. Zachek. Electrocaloric effect in KH_2PO_4 family crystals. *Condens. Matter Phys.* 17, 43703:1-10 (2014). Zachek I.R., Shchur Ya., Levitskii R.R., Vdovych A.S. Thermodynamic properties of ferroelectric $\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}\cdot\text{H}_2\text{PO}_3$ crystal. *Physica B*. 520, 164-173 (2017). Zachek I. R., Levitskii R. R., Vdovych A. S.. Deformation effects in glycinium phosphite ferroelectric. *Condens. Matter Phys.* 21, 33702:1-17 (2018).



Величко Олег Володимирович

Народився 08.08.1967 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2006). З відзнакою закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1989). Навчався в аспірантурі Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (1989–1992). Від 1992 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2011 р. — ст. наук. співр.). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2015–2018).

Наукові дослідження пов'язані з мікроскопічним описом прояву польових ефектів у термодинаміці та динаміці багатостано-

вих квантових систем із фазовими переходами типу лад-безлад, зокрема у кристалах із багатопозиційними елементами структури і кристалічним полем типу одноіонної анізотропії та багатопідґраткових сегнетоелектричних системах зі складною просторовою орієнтацією локальних ефективних дипольних моментів. До сфери наукових інтересів належить квантово-статистичний опис термодинаміки та діелектричних властивостей інтеркальованих сполук, зокрема, електретного ефекту в монохалькогенідах металів (InSe, GaSe) та явищ, пов'язаних із фазовим розшаруванням у літій-інтеркальованому анатазі. Досліджує особливості бозе-конденсації та ефектів неергодичності в границі жорстких бозонів для моделі Бозе–Габарда з двома локальними станами при переносі бозонів лише в збудженій зоні.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2001).

Пр.: Стасюк І.В., Левицький Р.Р., Моїна А.П., Сливка О.Г., Величко О.В. Польові та деформаційні ефекти у складних сегнетоактивних сполуках. Ужгород, Гражда, 2009, 392 с. Григорчак І.І., Костробій П.П., Стасюк І.В., Токарчук М.В., Величко О.В., Івацшин Ф.О., Маркович Б.М. Фізичні процеси та їх мікроскопічні моделі в періодичних неорганічно/органічних клатратах. Львів, Растр-7, 2015, 285 с. Stasyuk I., Czapla Z., Dacko S., Velychko O. Dielectric anomalies and phase transition in glycinium phosphite crystal under the influence of a transverse electric field. J. Phys.: Condens. Matter. 16, 1963–1979 (2004). Velychko O.V., Stasyuk I.V. Phase separation in lithium intercalated anatase: A theory. Condens. Matter Phys. 12, 249–266 (2009). Stasyuk I.V., Velychko O.V. Bose-Einstein condensation in the excited band and the energy spectrum of the Bose–Hubbard model. Theor. Math. Phys. 168, 1347–1357 (2011).



Верхоляк Тарас Михайлович

Народився 23.02.1972 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1999), старший дослідник (2017). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1994 р.). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1994–1998). Від 1994 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах: теорії модельних спінових систем, квант.-статист. теорії процесів каталізу, комп'ютерного моделюв. багаточастинк. систем (від 2009 — ст. наук. співр.). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2010–2013).

Наукові інтереси в сфері квантових спінових систем та їх застосування до теорії магнітних та сегнетоелектричних явищ у твердих тілах. За допомогою перетворення Йордана–Вігнера отримано ряд строгих результатів для узагальнення спін-1/2 ХУ ланцюжка на випадок просторового безладу, взаємодії Дзялошинського–Морія, а також при врахуванні магнетоелектричного

зв'язку в магнітних сполуках. Проведено дослідження гібридних моделей, в яких поєднана складна геометрія ґратки зі специфічною конфігурацією Ізінгових та Гайзенбергових взаємодій. Автор 97 наукових праць.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2003–2005).

Пр.: Verkholyak, T., Honecker, A., Brenig, W. Jordan-Wigner approach to the frustrated spin one-half XXZ chain. *Eur. Phys. J. B.* 49, 283 (2006). Verkholyak T., Derzhko O., Krokhmalkii T., Stolze J. Dynamic properties of quantum spin chains: Simple route to complex behavior. *Phys. Rev. B.* 76, 144418 (2007). Verkholyak T., Strečka J. Quantum phase transitions in the exactly solved spin-1/2 Heisenberg–Ising ladder. *J. Phys. A: Math. Theor.* 45, 305001 (2012). Verkholyak T., Strečka J., Mila F., Schmidt K. P. Exact ground states of a spin-1/2 Ising-Heisenberg model on the Shastry-Sutherland lattice in a magnetic field. *Phys. Rev. B.* 90, 134413 (2014). Verkholyak T., Strečka J. Fractional magnetization plateaus of the spin-1/2 Heisenberg orthogonal-dimer chain: Strong-coupling approach developed from the exactly solved Ising-Heisenberg model. *Phys. Rev. B.* 94, 144410 (2016).

Височанський Василь Степанович



Народився 01.10.1946 р. у с. Путятинцях Рогатинського р-ну Івано-Франківської обл. Канд. фіз.-мат. наук (1976), професор (2004). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1969). Протягом 1969–1977 рр. працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем ІТФ АН УРСР. Від 1977 р. працює у Львівському держ. ун-ті ім. І.Я. Франка: доцент каф. обчисл. математики (1979–1989), доцент (1989–1993), зав. каф. програмування (1999–2011), проректор з навч. роботи (1993–2004), перший проректор (2004–2019), в.о.

ректора Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка (2007–2010).

Наукові дослідження стосуються розробки програмного та методичного забезпечення курсів інформатики для навчальних закладів. Із використанням ЕОМ обчислено групові інтеграли, побудовано криві функцій розподілу частинок різних сортів у рідких системах. Автор близько 60 наукових праць.

Кавалер ордена «За заслуги» III ступеня (2006), Заслужений працівник освіти України (2017), нагороджений медаллю НАПН України «Ушинський К.Д.» (2011), Почесними грамотами Львівської облдержадміністрації (2001, 2006).

Пр.: Юхновський І.Р., Головка М.Ф., Височанський В.С. Дослідження бінарних функцій розподілу змішаних іонно-дипольних систем, записаних у вигляді експоненти від потенціалу середньої сили. *Укр. фіз. ж.* 1977. Т. 22. № 8, с. 1328–1333. Височанський В.С., Кардаш А.І., Костів О.В., Черняхівський В.В. Елементи інформатики. – Львів: Світ, 1990. – 190 с.



Вілігурський Олег Миколайович

Народився 16.10.1972 р. у селищі Любешові Волинської обл. Закінчив Волинський держ. ун-т ім. Лесі Українки (тепер — Східноєвропейський націон. ун-т ім. Лесі Українки) (1995). Протягом 1995–1996 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (інж. II кат). Навчався в аспірантурі Волинського держ. ун-ту ім. Лесі Українки (1996–1999). Від 1999 р. працює на фіз. ф-ті (згодом — ф-ті інформаційних систем, фізики та математики) Східноєвропейського націон. ун-ту ім. Лесі Українки.

Наукові праці пов'язані з теорією надпровідних контактів, теоретико-ігровим моделюванням багатоагентних систем, екофізикою.

Пр.: Свідзинський А., Вілігурський О., Бірук О., Ракуцький А. До теорії струмових станів у надпровідних контактах. — Журнал фізичних досліджень. Т.3 № 3 (1999) с. 359-369 Свідзинський А.В., Вілігурський О.М. Лекції з фізики надпровідності. — Луцьк: РВВ «Вежа» ВДУ ім. Лесі Українки, 2003. Вілігурський О.М., Хомутенко О.Е. Теоретико-ігрове моделювання двотоварного ринку / О.М. Вілігурський, О.Е. Хомутенко // Матеріали всеукраїнського семінару з теоретичної та математичної фізики. До 85-річчя професора Анатолія Вадимовича Свідзинського. — Луцьк, «Вежа — Друк» — 2014. — С. 99-102. Вілігурський О.М. Математичне моделювання фінансових ринків з одиничним горизонтом / О.М. Вілігурський, О.Е. Хомутенко // Релаксаційні, нелінійні й акустооптичні процеси та матеріали: матеріали VII Міжнар. наук. конф. — Луцьк: ПФ «Вежа — Друк», 2014. с. 102-106.



Віцієвський Роман Броніславович

Народився 19.10.1972 р. у м. Львові. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1995). Протягом 1995–1998 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на інженерних посадах.

Займався розробкою, супроводом і адмініструванням нових програмних продуктів, зокрема системи обліку користувачів мережі УАРНЕТ, програмного шлюзу між інтернетом та системою пейджингового зв'язку.



Вонс Андрій Петрович

Народився 16.05.1976 р. у м. Львові. Закінчив Держ. ун-т «Львівська політехніка» (1998). Протягом 1998–1999 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на посаді інж. II кат. Від 1999 р. працює у ДП Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» ІФКС НАН України.

Займався забезпеченням науково-телекомунікаційної діяльності засобами комп'ютерної мережі інтернет, здійснював обслуговування користува-

чів мережі УАРНЕТ.



Воробйов Олег Анатолійович

Народився 15.05.1977 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2009). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1999). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1999–2002). Протягом 2002–2015 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2013 р. — наук. співр.). Протягом січня–вересня 2015 р. був мобілізований до ЗСУ і перебував на фронті.

Наукові дослідження в сфері енергетичних та термодинамічних характеристик одновимірних протонних провідників із врахуванням короткосяжних кореляцій між протонами на найближчих вузлах. Показана роль цих кореляцій у розщепленні спектру, встановлено тип провідності в залежності від концентрації частинок. Проведено дослідження комбінаційного розсіяння та оптичної провідності в сильноскорельованих матеріалах, що знаходяться поблизу точки переходу метал-діелектрик, встановлена роль резонансних ефектів. При дослідженні двопідґраткової моделі жорстких бозонів підтверджено зв'язок між характерними особливостями спектру системи та фазою, в якій вона перебуває. Автор 48 наукових праць.

Стипендіат НАН України для молодих вчених (2006–2008), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2010).

Пр.: Stasyuk I.V., Vorobyov O., Hilczar B. Influence of inter-chain correlations on proton ordering in MeHxO_4 protonic conductors. *Solid State Ionics*, 2001, vol. 145, p. 211-216; Stasyuk I., Vorobyov O. One-Dimensional

Proton Conductor with Strong Short-Range Interactions. *Integrated Ferroelectrics*. 2004. Vol. 63, P. 215.; Shvaika A.M., Vorobyov O., Freericks J.K., Devereaux T.P. Electronic Raman scattering in correlated materials: A treatment of nonresonant, mixed, and resonant scattering using dynamical mean-field theory. *Phys. Rev. B*, 2005. Vol. 71, No 4, 045120 (17 pages); I.V. Stasyuk, O. Vorobyov. Metal-insulator like transition in energy spectrum of one-dimensional proton (ionic) conductor. *Phase Transitions*. 2007. Vol. 80, Nos. 1-2, P. 63-70; Stasyuk I.V., Vorobyov O.A., Stetsiv R.Ya.. Diagrams of state for one-dimensional hydrogen-bonded proton conductor. *Ferroelectrics*, **426**, p. 6 (2012).



Гайдуківська Христина Аркадіївна

Народилася 04.10.1987 р. у с. Стрілках Старосамбірського р-ну Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2016). Закінчила з відзнакою Львівський національний університет ім. Івана Франка (2011). Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2011–2014). Від 2014 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі комп'ютерн. моделюв. багаточастинкових систем. Навчається в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (від 2019).

Наукові праці пов'язані з проблематикою універсальних властивостей складних полімерних макромолекул у розчині, що може містити домішки іншої природи. Для опису системи застосовано як аналітичні, так і числові методи. Основна увага приділяється впливу полімерної архітектури (кільцеві, зірковій, розетковій, пом-пом полімери) та домішок у середовищі на властивості розміру та форми макромолекул.

Стипендіатка НАН України для молодих вчених (2017–2019), лауреатка Премії Президента України для молодих вчених (2017), премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2012), переможниця XV Всеукраїнського конкурсу зі статфізики та теорії коденс. речовини для молодих вчених (2015).

Пр.: K. Haydukivska, V. Blavatska. Lattice models of directed and semiflexible polymers in anisotropic environment. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 48, 425002 (2015); K. Haydukivska, V. Blavatska. Probability of loop formation in star polymers in long range correlated disorder. *The Journal of Chemical Physics*, 146, 184904 (2017); K. Haydukivska, V. Blavatska. Universal size properties of a star-ring polymer structure in disordered environment. *Phys. Rev. E*, 97, 032502 (2018); K. Haydukivska, V. Blavatska. Ring polymers in crowded environment: Conformational properties, *The Journal of Chemical Physics*, 141, 094906 (2014); O. Kalyuzhnyi, K. Haydukivska, V. Blavatska, J. Ilnytskyi, Universal Size and Shape Ratios for Arms in Star-Branched Polymers: Theory and Mesoscopic Simulations, *Macromolecular Theory and Simulations*, (2019).

**Гачкевич Андрій Миколайович**

Народився 25.06.1971 р. у м. Бучачі Тернопільської обл. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1993). Протягом 1993–1998 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів на посаді інж.

Наукові інтереси стосувалися узагальненої гідродинаміки рідин і застосувань методів нерівноважної статистичної фізики.

Пр.: Mryglod I.M., Hachkevych A.M. On nonequilibrium statistical theory of a fluid: linear relaxation theories with different sets of dynamic variables. *Condens. Matter Phys.* 5, 105–123 (1995); Mryglod I.M., Hachkevych A.M. Generalized Hydrodynamics of Fluids. 1. Conception of Generalized Collective Modes. *Ukr. J. Phys.* 42, 423–429 (1997).

**Гвоздь Марта Валентинівна**

Народилася 11.08.1990 р. у м. Бібрці Львівської обл. З відзнакою закінчила фіз. ф-т Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка (2014). Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2014–2017). Від 2017 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії м'якої речовини на посаді пров. інж.

Наукові праці зі сфери термодинамічних і структурних властивостей нематичних та іонних рідин у пористих середовищах.

Лауреатка премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2018).

Пр.: Hvozdz M., Patsahan T., Patsahan O., Holovko M. Fluid-fluid phase behaviour in the explicit solvent ionic model: Hard spherocylinder solvent molecules. *J. Mol. Liq.*, 285, 244–251 (2019). Hvozdz M., Patsahan T., Holovko M. Isotropic-nematic transition and demixing behaviour in binary mixtures of hard spheres and hard spherocylinders confined in disordered porous medium: Scaled particle theory. *J. Phys. Chem. B.* 122 (21), 5534–5546 (2018). Holovko M.F., Hvozdz M.V. Isotropic-nematic transitions in a mixture of hard spheres and hard spherocylinders: scaled particle theory description. *Condens. Matter Phys.*, 20, 43501: 1–11 (2017).



Гвоздь Тарас Валентинович

Народився 05.05.1987 р. у м. Бібрці Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2019). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2011). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2011–2014). Від 2014 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів, згодом — відділі теорії м'якої речовини (від 2018 р. — мол. наук. співр.).

Наукові дослідження стосуються фазової поведінки та ефектів фракціонування полідисперсних колоїдних і полімерних систем в об'ємі та в пористому середовищі. Автор 19 наукових праць.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2012).

Пр.: Hvozdz T. V., Kalyuzhnyi Yu. V. and Cummings P. T., Phase Equilibria of Polydisperse Square-Well Chain Fluid Confined in Random Porous Media: TPT of Wertheim and Scaled Particle Theory, *J. Phys. Chem. B*, 2018, 122 (21), 5458-5465. Hvozdz T. V. and Kalyuzhnyi Yu. V., Two- and three-phase equilibria of polydisperse Yukawa hard-sphere fluids confined in random porous media: high temperature approximation and scaled particle theory, *Soft. Matter*, 2017, 13, 1405-1412. Hvozdz T. V. and Kalyuzhnyi Yu. V., Two- and three-phase equilibria in polydisperse Yukawa hard-sphere mixture. High temperature and mean spherical approximations, *Condens. Matter Phys.*, 2016, 19, 23603. Hvozdz T. V. and Kalyuzhnyi Yu. V., Second-order Barker-Henderson perturbation theory for the phase behavior of polydisperse Morse hard-sphere mixture, *Condens. Matter Phys.*, 2015, 18, 13605. Kalyuzhnyi Yu. V. and Hvozdz T. V., Closed-loop liquid-liquid immiscibility in mixture of particles with spherically symmetric interaction, *Condens. Matter Phys.*, 2013, 16, 43606.



Гера Орест Богданович

Народився 12.09.1980 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2008). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2002). Протягом 2002–2011 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2009 р. — мол. наук. співр.). Від 2011 р. працює в галузі ІТ-технологій.

Наукові інтереси: асиметрична модель Габарда в рамках теорії динамічного середнього поля. Сформульовано т.зв. наближення MGN3 й описано перебудову густини станів локалізованих ча-

стинок в границі Фалікова-Кімбала з безмежною одновузловою взаємодією при зміні концентрації частинок чи температури, а також при фазових розшаруваннях. Для систематизації та обґрунтування застосованих наближень запропоновано метод твірного функціоналу Каданова-Бейма для розв'язання ефективної одновузлової задачі динамічного середнього поля. Автор 7 наукових праць.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2004).

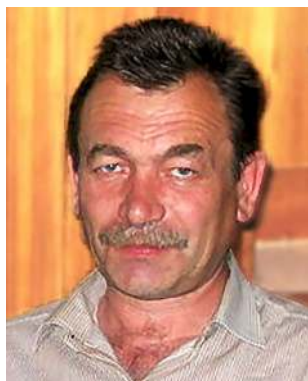
Пр.: Stasyuk I.V., Hera O.B. Green's functions of infinite-U asymmetric Hubbard model: Falicov-Kimball limit. *Condens. Matter Phys.* 6, 127–143 (2003). Stasyuk I.V., Hera O.B. Densities of states of the Falicov-Kimball model off half filling in infinite dimensions. *Phys. Rev. B.* 72, 045134-1–9 (2005). Stasyuk I.V., Hera O.B. Mott transition in the asymmetric Hubbard model at half-filling within dynamical mean-field theory. *Eur. Phys. J. B.* 48, 339–348 (2005). Stasyuk I.V., Hera O.B. Asymmetric Hubbard model within generating functional approach in dynamical mean field theory. *Condens. Matter Phys.* 9, 587–602 (2006). Stasyuk I.V., Hera O.B. Asymmetric Hubbard model in the generating functional method: Spectral functions in the Falicov-Kimball limit. *Theor. Math. Phys.* 154, 137–152 (2008).



Гірняк Олександр Зіновійович

Народився 11.02.1968 р. у м. Львові. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1992). Протягом 1992–1999 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі металів і сплавів та лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж. Від 1999 р. працює в ДП Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» ІФКС НАН України на посаді головного інженера.

Наукові інтереси стосувалися електронних властивостей металів та розрахунку потенціалів між-атомних взаємодій для бінарних металічних сплавів. Займався створенням і обслуговуванням локальної комп'ютерної мережі ІФКС НАН України, роботою в навчальному класі лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж, адмініструванням новинних та ftp-серверів.



Глушак Петро Андрійович

Народився 08.07.1958 р. у с. Йосипівці Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1992). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1980). Протягом 1980–1984 рр. працював в Астрономічній обсерваторії Львівського держ. ун-ту. Від 1984 р. працює у Львівському від-ні статистичної фізики ІТФ АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики, згодом — у відділі теорії м'якої речовини (від 2019 — ст. наук. співр.).

Наукові роботи пов'язані з дослідженням рівноважних та нерівноважних властивостей квантових бозе-систем, надплинного He^4 при низьких температурах, проблем самоузгодженого опису кінетики та гідродинаміки класичних та квантових рідин, нелінійних гідродинамічних флуктуацій в рідинах. Автор 59 наукових праць.

Пр.: Vakarchuk I.A., Hlushak P.A. Free energy of a many-boson system at low temperatures. Theoret. and Math. Phys. 75:1, 399–408 (1988). Hlushak P.A., Tokarchuk M.V. A consistent description of kinetics and hydrodynamics of quantum Bose-systems. Condens. Matter Phys. 7, 639–660 (2004). Hlushak P.A., Tokarchuk M.V. Quantum transport equations for Bose systems taking into account nonlinear hydrodynamic processes. Condens. Matter Phys. 17, 23606:1–14 (2014). Hlushak P.A., Tokarchuk M.V. Chain of kinetic equations for the distribution functions of particles in simple liquid taking into account nonlinear hydrodynamic fluctuations. Physica A. 443, 231–245 (2016).



Глушак Степан Петрович

Народився 09.01.1982 р. у м. Мостиськах Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2009). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2004). Протягом 2005–2019 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів (від 2010 р. — наук. співр.). Проходив наукові стажування в: Ун-ті П. і М. Кюрі (Париж, Франція, 2010), Ун-ті Вандербільта (Нешвіл, США, 2011–2014), Альбертському ун-ті (Едмонтон, Канада, 2015–2018). Від 2019 р. працює науковим програмістом та розробником

програмних продуктів у галузі медицини та фармакології.

Наукові дослідження стосуються класичної теорії рідин, зокрема теорії середньо-сферичного наближення для електролітів та простих рідин, опису

адсорбції в нанопористих середовищах методами теорії функціоналу густини та молекулярної теорії сольватації. Автор понад 20 наукових праць.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2009–2010), стипендії академіка НАН України І.Р. Юхновського (2007–2008), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2005).

Пр.: Hlushak S., Kovalenko A. Effective Interactions and Adsorption of Heterocyclic Aromatic Hydrocarbons in Kaolinite Organic Solutions Studied by 3D-RISM-KH Molecular Theory of Solvation. *J. Phys. Chem. C* 121, 22092–22104 (2017). Hlushak S. Perturbation theory for multicomponent fluids based on structural properties of hard-sphere chain mixtures. *J. Chem. Phys.* 143, 124906 (2015). Hlushak S., Trokhymchuk A.D., Sokolowski S. Direct correlation function of square well fluid with wide well: First order mean spherical approximation. *J. Chem. Phys.* 130, 234511 (2009). Hlushak S., McCabe C., Cummings P. Fourier space approach to the classical density functional theory for multi-Yukawa and square-well fluids. *J. Chem. Phys.* 137, 104104 (2012). Hlushak S., Simonin J.P., Caniffi B., Moisy P., Sorel C., Bernard O. Description of partition equilibria for uranyl nitrate, nitric acid and water extracted by tributyl phosphate in dodecane. *Hydrometallurgy*. 109, 97–105 (2011).



Головач Юрій Васильович

Народився 16.06.1957 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (1998), професор (2005), чл.-кор. НАН України (2015). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1979). Навчався в аспірантурі ІТФ АН УРСР (1979–1983, до 1980 — заочно, працюючи інж. Фіз.-мех. ін-ту АН УРСР). Від 1983 р. працює у Львівському від-ні статист. фізики ІТФ АН УРСР, з 1990 р. — Ін-ті фізики конденсованих систем НАН України (засновник і протягом 2010–2018 рр. зав. лаб. статистичної фізики складних систем, від 2018 р. — зав. відділу статистичної теорії конденсованих систем). Співкерівник Співпра-

ці L⁴ і Міжн. коледжу докторантів «Статистична фізика складних систем» (Ляйпціг-Лотарингія-Львів-Ковентрі). Запрош. проф. ун-тів: Львівського націон., Йоганна Кеплера (Лінц, Австрія), Анрі Пуанкаре (Нансі, Франція), Ковентрі (Велика Британія), Українського католицького (Львів).

Наукові зацікавлення стосуються фізики конденсованої речовини (фазові переходи і критичні явища в регулярних та структурно-непорядкованих магнетиках, конформаційні властивості складних полімерів), науки про складні системи (скейлінг у складних системах різної природи, складні мережі, соціофізика та цифрові гуманітарні науки), наукометрії (оцінки ефективності роботи наукових колективів), історії науки (історія природознавчих досліджень в Галичині XIX–XX ст., історія фізики).

Автор понад 400 публікацій, виховав 1 докт. та 8 канд. наук. Дійсний член НТШ (2006), член Наглядової ради конференцій MECO – Середньоевроп. співпраця в галузі статист. фізики (2011). Відп. ред. серії оглядов. монографій «Order, Disorder and Criticality. Advanced Problems of Phase Transition Theory», World Scientific, Singapore. Заст. гол. ред. журналу *Condens. Matter Phys.*, член редколегій журналів: *Журн. фізичн. досл.*, *Фізичн. збірн. НТШ*, *Eur. Journ. Phys.*

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2012). Нагороджений Почесними грамотами Президії НАН України (2007, 2013, 2017), відзнаками НАН України «За підготовку наукової зміни» (2009), «За наукові досягнення» (2019), ювілейною пам'ятною відзнакою (до 100-річчя НАН України) (2018), медаллю НТШ (2009). Член Львівської системи дослідників I рівня (2019).

Пр.: C von Ferber, Yu. Holovatch. Copolymer networks and stars: scaling exponents. *Phys. Rev. E* **56**, 6370-6386 (1997). R. Folk, Yu. Holovatch, T. Yavors'kii. Critical exponents of a three-dimensional weakly diluted quenched Ising model. *Phys. Usp.* **46**, 169-191 (2003). C. von Ferber, T. Holovatch, Yu. Holovatch, V. Palchykov. Public transport networks: empirical analysis and modeling. *Eur. Phys. J. B* **68**, 261-275 (2009). M. Krasnytska, B. Berche, Yu. Holovatch, R. Kenna. Partition function zeros for the Ising model on complete graphs and on annealed scale-free networks. *J. Phys. A* **49**, 135001 (2016); Yu. Holovatch, R. Kenna, S. Thurner. Complex systems: physics beyond physics. *Eur. Journ. Phys.* **38**, 023002 (2017).



Головко Мирослав Федорович

Народився 29.10.1943 р. в с. Чернієві Станіславської (тепер Івано-Франківської) обл. Доктор фіз.-мат. наук (1982), професор (1985), чл.-кор. НАН України (2003). Закінчив Івано-Франківський держ. педінститут (1965). Навчався в аспірантурі Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1966–1969). Від 1969 р. працює у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем, а згодом Львівському від-ні статист. фізики ІТФ АН УРСР (від 1980 р. — зав. відділу теорії розчинів), від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (протягом 1990–2017 рр. — зав. відділу теорії розчинів, від 2017 р. — гол. наук. співр.). Протягом 1990–1995 рр. — проф. каф. фізики конденс. систем Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка, протягом 1996–2006 рр. — проф. каф. теорет. фізики цього ж ун-ту.

Наукові дослідження пов'язані з розвитком статистичної теорії рідин і розчинів та фізики м'якої речовини. Розвинуто іонно-молекулярний підхід у теорії розчинів електролітів (спільно з І.Р. Юхновським), розвинуто багатому-

стинний формалізм для опису кластеризаційних ефектів у рідинах (спільно з Ю.В. Калюжним), узагальнено методи інтегральних рівнянь на анізотропні рідини, запропоновано нові підходи для опису властивостей рідин у пористих середовищах. Розвинута теорія використана для опису та інтерпретації ряду властивостей розчинів електролітів, дослідження впливу електроліту на реакції внутрімолекулярного електронного переносу, для пояснення аномальних властивостей електроємності подвійного електричного шару. Виявлено, що кооперативна адсорбція полімерних розчинів на адгезивних поверхнях може спостерігатись у сильно розведених областях, що підтверджено експериментально. Запропоновано теоретичну модель обернених міцел для опису впливу білкових молекул на їх властивості. Є автором та співавтором понад 700 наукових робіт. Серед його учнів 17 кандидатів наук та 5 докторів наук.

Заст. голови Наук. ради «Фізика м'якої речовини» при Відділенні фізики і астрономії НАН України, член Міжн. дорадчої ради європ. та японської груп з молекуляр. рідин. Заст. гол. ред. журналу *Condens. Matter Phys.* та член редколегії журналу *Open Physics*.

Нагороджений Почесними грамотами Президії НАН України (1998, 2003), відзнаками НАН України «За підготовку наукової зміни» (2009), «За наукові досягнення» (2018) та на честь 100-річчя НАН України (2018), медаллю НАПН України «Григорій Сковорода» (2018). Член Львівської системи дослідників І рівня (2019).

Пр.: И.Р. Юхновский, М.Ф. Головки. Статистическая теория классических равновесных систем. Научная думка, Киев, 1980, 372 с.; E. Vakarin, Yu. Duda, M.F. Holovko. Integral equation theory for the four bonding sites model of associating fluids. *Mol. Phys.*, **90**, 611-623 (1997); M. Holovko, J.-P. Badiali, D. di Caprio. Contact conditions for the charge in the theory of electrical double layer. *J. Chem. Phys.*, **123**, 234705 (2005); M. Holovko. Concept of ion association in the theory of electrolyte solutions.-In: *Ionic soft matter: Modern trends in theory and applications*./Ed. by D. Henderson; M. Holovko, A. Trokhymchuk, NATO Sciences Series II vol. 206, Springer, Netherlands, 2005, p. 45-81; M. Holovko, T. Patsahan, W. Dong. Fluids in random porous media: Scaled particle theory. *Pure Appl. Chem.* **85**, 115-133 (2013).



Голубець Тарас Володимирович

Народився 16.02.1973 р. у м. Львові. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1995). Протягом 1997–2000 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (інж. II-ї кат.). Згодом працював у ПКО «Політехніка» Націон. ун-ту «Львівська політехніка» (2000–2002), в Українському держ. лісотехн. ун-ті на каф. обчислювальної техніки (2004–2007). Від 2007 р. працює в Ін-ті прикл. пробл. механіки і математики НАН України.

Наукові інтереси зі сфери впливу зовнішнього гідростатичного тиску та внутрішнього макроскопічного поля на оптичні властивості кристалів типу KDP з огляду на деформацію водневих зв'язків у іонних групах H_2PO_4 . Запропоновано конфігураційну модель для квантово-статистичного опису процесів полімеризації оксидних комплексів уранілу UO_2 при формуванні кристалогідратів у водних розчинах. Проведено оцінку стійкості полімерних гідроксидних структур $\text{UO}_2[(\text{OH})_2\text{UO}_2]$ в залежності від рівня pH середовища. Подальші дослідження стосуються взаємопов'язаних внутрішніх та поверхневих процесів транспорту тепла і маси, проблемах коректного формулювання рівнянь електромагнітного поля у зволоженому багатофазному середовищі з метою отримання розв'язків хвильового неоднорідного рівняння, які можна застосувати до розрахунку дипольних діелектричних втрат потужності зовнішнього мікрохвильового опромінення в пористих композитних матеріалах. Здійснено оцінку механічних напружень, які виникають внаслідок сорбційних явищ і пов'язані зі зміною термодинамічного стану газової фази в умовах фазового перетворення. Є автором 14 наукових праць, 1 патенту на корисну модель.

Пр.: Стасюк І.В., Стеців Р.Я., Голубець Т.В. Дослідження впливу зовнішнього гідростатичного тиску на електронні енергетичні спектри іонних груп та оптичні характеристики кристалів типу КДР. Український фізичний журнал. 41, 10, 910-915 (1996). Стасюк І.В., Голубець Т.В. Функція розподілу й умови стійкості полімерних комплексів уранілу з подвійними містками водневих зв'язків. Журнал фізичний досліджень. 4, 3, 355-365 (2000). Holubets T.V., Hayvas B.I. Investigation of the structural properties of porous material according to the sorption isotherms and drainage curves. Mathematical Modeling and Computing. 3, 1, 23-32 (2016). Голубець Т.В. Ймовірнісні методи опису рівноважного термодинамічного стану двокомпонентних взаємодіючих сумішей. Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. 23, 61-68 (2016). Голубець Т.В. Дослідження рівноважного стану води і двокомпонентної газової суміші сухого повітря та водяної пари при поверхні розділу фаз в умовах фазового перетворення. (Частина I/II). Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. 25/27, 51-71/41-61 (2017/2018).



Гордійчук Володимир Вікторович

Народився 18.07.1993 р. у с. Судилкові Хмельницької обл. Закінчив Націон. ун-т «Львівська політехніка» (2015) за спеціальністю «прикладна фізика». Від 2016 р. навчається в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України.

Наукові інтереси: рідкі плини Леннарда-Джонса, дослідження їх структури та динаміки. Автор 1 наукової праці. Член Ради молодих вчених ІФКС НАН України.

Пр.: Taras Bryk, Adrian Huerta, Volodymyr Hordiichuk, Andriy Trokhymchuk, Non-hydrodynamic transverse collective excitations in hard-sphere fluids, The Journal of Chemical Physics 147, 064509 (2017).



Гривнак Надія Яківна

Народилася 14.06.1941 р. у м. Львові. Померла 08.11.2012 р. у м. Львові. Закінчила фіз. ф-т Львівського держ. ун-ту (ЛДУ) ім. І.Я.Франка (1965) та Катехитично-педагог. ін-т Укр. католицького ун-ту (2007), магістр релігійних наук. Протягом 1965–1971 рр. працювала на фіз. ф-ті ЛДУ. Від 1971 р. працювала у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем, а згодом Львівському від-ні статист. фізики ІТФ АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 2000 р. — зав. бібліотекою).

Наукові зацікавлення стосувалися електронних властивостей простих і перехідних металів, розподілу електронної густини, електрон-іонних взаємодій та зонних спектрів. Авторка понад 30 наукових праць. Досліджувала життя та діяльність вчених-фізиків — дійсних членів НТШ довоєнного періоду. Упорядниця численних біобібліографічних показників із серії «Біобібліографія вчених України», показників друкованих праць співробітників ІФКС НАН України. Секретар Фізичної комісії НТШ (1999–2012).

Нагороджена Почесною грамотою Президії НАН України (2009), Почесною грамотою Укр. католицького ун-ту (2007).

Пр.: Гривнак Н.Я. Исследование радиального распределения электронной плотности в атомах щелочных металлов. - Киев, 1981, Препринт ИТФ-81-10Р, 26с.; Гривнак Н.Я., Сиротюк С.В. Ортогоналізація хвильових функцій електронів остова літію // Фізична електроніка, 1992, вип. 42, с. 28-32; Гривнак Н.Я. До питання про методику виконання фізики професора Зенона Храпливого // Педагогічна думка, 2005, № 2, с.39-46; Гривнак Н., Головач Ю. Кучер Володимир.- В кн.: Енциклопедія Львова, ред. А.Козицький.

– Львів, Літопис, 2010, том. 3, с.717-719; Гривнак Н.Я. Юліан Гірняк – учений, педагог, громадський діяч, публіцист (до 130-річчя від народження) // Фізичний збірник НТШ, 2011, т. 8, с.678-685.



Гуменюк Йосип Андрійович

Народився 23.11.1974 р. у с. Раштівцях Гусятинського р-ну Тернопільської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2012). Закінчив Тернопільський держ. педаг. ін-т (1996). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1996–1999). Від 1999 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії нерівноважних процесів, від 2003 р. — у відділі квант.-статист. теорії процесів каталізу, від 2016 р. — у відділі комп'ют. моделюв. багаточастинк. систем (від 2018 р. — наук. співр.). Протягом 2018–2019 рр. стажується в Інституті фізики АН ЧР (Чехія).

Наукові праці з кінетичної теорії густих газів, процесів в'язкості, теплопровідності та дифузії, нерівноважної термодинаміки стаціонарних станів, стохастичних моделей транспорту.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2001).

Пр.: Kobryn A.E., Tokarchuk M.V., Humenyuk Y.A. Enskog-Landau kinetic equation for multicomponent mixture. Analytical calculation of transport coefficients. *Eur. Phys. J. B*, **13**, 579–583 (2000). Tokarchuk M.V., Humenyuk Y.A. Hydrodynamic equations for dense fluid mixtures with multistep interaction between particles. *Condens. Matter Phys.* **10**, 151–163 (2007). Humenyuk Y.A., Tokarchuk M.V. On the form of the kinetic energy balance equation in the kinetic variational theory. *J. Chem. Phys.* **133**, 014503 (2010). Humenyuk Y.A., Tokarchuk M.V. Extension of hydrodynamic balance equations for simple fluids. *J. Stat. Phys.* **142**, 1052–1084 (2011). Humenyuk Y.A. Pressure and entropy of hard spheres in the weakly nonequilibrium heat-conduction steady state. *Condens. Matter Phys.* **19**, 43002 (2016).



Гурський Зіновій Олександрович

Народився 29.05.1944 р. у м. Львові. Помер 28.01.2004 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (1985), професор (1996). Навчався на фіз. ф-ті Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1961–1964) та закінчив Московський держ. ун-т ім. М.В. Ломоносова (1967). Протягом 1967–1970 рр. працював в Ін-ті металургії АН СРСР (Москва). Від 1970 р. працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем, а згодом Львівському від-ні статист. фізики ІТФ АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України

(протягом 1990–2004 рр. — зав. відділу теорії металів і сплавів). У період 1999–2004 рр. — проф. Ун-ту Опольє (Польща).

Наукові дослідження стосувалися теорії псевдопотенціалів, електронної структури перехідних та рідкісноземельних металів. Запропонував один із перших аналітичних модельних псевдопотенціалів, широко відомий як псевдопотенціал Краско-Гурського. Розвинув квантово-статистичну теорію неупорядкованих систем та теорію фазових переходів у сплавах. Створив теорію першопринципних псевдопотенціалів на основі формалізму повністю ортогоналізованих плоских хвиль (ПОПХ-псевдопотенціали). Досліджував динамічні властивості неупорядкованих сплавів, зокрема вплив хімічного впорядкування та критичних флуктуацій на фонові спектри бінарних металічних сплавів. Розвинув першопринципну методику розрахунку факторів Дебая-Воллера для бінарних сплавів із врахуванням статичних локальних зміщень атомів. Виховав 8 кандидатів та 2 докторів наук. Член редколегій журналів *Condens. Matter Phys.* та *Успехи физики металлов*.

Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1983), премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2003). Соросівський професор (1997).

Пр.: Юхновский И.Р., Гурский З.А. Квантово-статистическая теория неупорядоченных систем. Изд-во Наукова думка, Киев 1991,. 287 с. Краско Г.Л., Гурский З.А. Об одном модельном псевдопотенциале. Письма в ЖЭТФ. 9, 596-601 (1969). Гурський Б.О., Гурський З.О. Про новий клас псевдопотенціалів, побудованих на базисі повністю ортогоналізованих плоских хвиль. УФЖ. 21, 1609-1614 (1976). Gurskii Z., Khokhlov Yu. Microscopic theory of atomic static displacements in substitutional alloys. J. Phys.: Condens. Matt. 6, 8711-8724 (1994). Boecker J., Gurskii Z., Heinzinger K. Structure and dynamics at the liquid mercury-water interface. J. Phys. Chem. 100, 14969-14977 (1996).



Гутак Тарас Ігорович

Народився 06.06.1994 р. у смт. Вигоді Івано-Франківської обл. Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2017). Від 2017 р. навчається в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (відділ квантової статистики).

Наукові інтереси в сфері термодинаміки спінових систем, зокрема, дослідження впливу геометричної фрустрації на поведінку спінових моделей при скінченних температурах (модель Гайзенберга на ґратці кагоме і пірохлору) методами двочасових функцій Гріна і високотемпературних роз-

кладів. Автор 1 наукової праці.

Пр.: Hutak T., Muller P., Richter J., Krokhmal'skii T., Derzhko O. The spin-1/2 Heisenberg ferromagnet on the pyrochlore lattice: A Green's function study // *Condens. Matter Phys.*, 2018, vol. 21, № 3, p. 33705:1-13.



Гайда Роман Пантелеймонович

Народився 09.10.1928 р. у с. Підмихайлі біля Калуша (тепер Івано-Франківська обл.). Помер 24.06.1998 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (1985), професор (1988). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1951). Протягом 1954–1978 рр. працював у Львівському держ. ун-ті ім. І.Я. Франка на кафедрі теорет. фізики (від 1973 р. — зав. каф.). У період 1978–1986 рр. працював в Ін-ті прикл. проблем механіки і математики АН УРСР (ст. наук. співр.). Протягом 1986–1991 рр. працював у Львівському зооветеринарному ін-ті

(зав. каф. фізики). Від 1991 р. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України на посаді зав. відділу теорії релятивістських систем (від 1996 р. — пров. наук. співр. відділу теорії металів і сплавів).

Наукові дослідження пов'язані з квантовою теорією поля та релятивістичною теорією прямих взаємодій частинок. Запропоновано концепцію наближеної Лоренц-інваріантності, узагальнено класичну і квантову слабо-релятивістичну механіку системи частинок на випадок довільних взаємодій, розвинуто 3-вимірний пуанкаре-інваріантний лагранжів формалізм із вищими похідними, запропоновано релятивістичні змінні типу центра мас та застосовано їх у теорії дипольного випромінювання. Займався також питаннями філософії, методології та історії фізики. Досліджував та популяризував наукову спад-

щину Івана Пулюя та інших забутих українських постатей світової науки. Є автором 140 наукових праць, виховав 1 доктора і 4 кандидатів наук.

Голова Фізичної комісії Наукового товариства імені Шевченка і відповідальний редактор «Фізичного збірника НТШ» (1989–1998). Дійсний член НТШ (від 1992). Член Українського фізичного товариства і Американського математичного товариства, редакційних колегій журналів: Українського фізичного журналу, *Condensed Matter Physics*, Світу фізики.

Нагороджений медалями «Ветеран праці» (1985), ім. Михайла Грушевського (1992).

Пр.: Гайда Р.П. Наближена лоренц-інваріантність і квазірелятивістські гамільтоніани. I. Класична механіка. Укр. фіз. журн. 19, 1517-1524 (1974); II. Квантова механіка безспінових частинок. Ibid., 1525-1531; Гайда Р.П., Ключковский Ю.Б., Третьак В.И. Лагранжева классическая релятивистская механика систем прямо взаимодействующих частиц. I. Теор. мат. физ. 44, 194-208 (1980); II. Ibid 45, 180-198; Гайда Р.П. О релятивистских поправках к классической теории дипольного излучения. Укр. физ. журн. 12, 1810-1812 (1982); Гайда Р.П. Квазирелятивистские системы взаимодействующих частиц. Физ. ЭЧАЯ 13, 427-493 (1982); Гайда Р., Пляцко Р. Иван Пулюй. 1845–1918: життєписно-бібліографічний нарис. Львів, НТШ, 1998, 284 с. (Визначні діячі НТШ ; Вип. 7).



Данилів Олег Дмитрович

Народився 07.08.1970 р. у с. Черчі Рогатинського р-ну Івано-Франківської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2001). Закінчив Московський інженерно-фізичний ін-т (1993). Протягом 1993–2007 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 2001 р. — мол. наук. співр. відділу квантової статистики). Протягом 2002–2006 рр. стажувався у Королівському коледжі Лондона. Від 2007 р. працює у сфері ІТ-технологій.

Наукові інтереси: сильно скорельовані електронні системи. Для псевдоспін-електронної моделі виявлено залежну від конфігурації псевдоспінів ефективну електронну взаємодію та появу зарядовпорядкованих станів і фазового розшарування, розроблено самоузгоджену схему розрахунку термодинамічних функцій в рамках діаграмного формулювання узагальненого наближення хаотичних фаз. На основі модифікованого підходу Адамса-Гільберта розроблено метод самоузгодженого розрахунку молекулярних орбіталей, що дає правильне значення повної електронної густини. Автор 11 наукових праць.

Пр.: Stasyuk I.V., Shvaika A.M., Danyliv O.D. Dielectric instability and charge ordering in the local anharmonic model of high T_C superconductors. *Molecular Physics Reports*. 9, 61–75 (1995). Danyliv O.D. Phase

transitions in the two-sublattice pseudospin–electron model of high temperature superconducting systems. *Physica C*. 309, 303–314 (1998). Stasyuk I.V., Danyliv O.D. Thermodynamics of pseudospin-electron model in mean field approximation. *Phys. stat. sol. (b)*. 219, 299–312 (2000). Danyliv O., Kantorovich L. Strongly localised molecular orbitals for α -quartz. *J. Phys.: Condens. Matter*. 16, 7233–7246 (2004). Danyliv O., Kantorovich L., Corá F. Treating periodic systems using embedding: Adams-Gilbert approach. *Phys. Rev. B*. 76, 045107-10 (2007).



Демчук Тарас Васильович

Народився 09.08.1993 р. у м. Здолбунові Рівненської обл. Закінчив Націон. ун-т «Львівська політехніка» (2015) за спеціальністю «прикладна фізика». Від 2016 р. навчається в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України.

Наукові праці стосуються аналізу зміни структури в рідких металах під впливом високих тисків та температур, а також вивчення повздовжньої та поперечної динаміки в розплавах металів за допомогою першопринципних комп'ютерних симуляцій. Автор 3 наукових праць. Член Ради молодих

вчених ІФКС НАН України.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2018–2020), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2018).

Пр.: T Bryk, T Demchuk. Ab initio molecular dynamics study of collective dynamics in liquid Tl: Thermo-viscoelastic analysis. *Eur. Phys. J. WoC*, v.151, 02001:1-9 (2017) T. Bryk, T. Demchuk, N. Jakse, J.-F. Wax. A Search for Two Types of Transverse Excitations in Liquid Polyvalent Metals at Ambient Pressure: An Ab Initio Molecular Dynamics Study of Collective Excitations in Liquid Al, Tl, and Ni. *Frontiers in Physics*, v.6, 6:1-8 (2018) T. Bryk, T. Demchuk, N. Jakse, Atomistic structure and collective dynamics in liquid Pb along the melting line up to 70 GPa: A first-principles molecular dynamics study, *Phys. Rev. B* **99**, 014201 (2019).



Дем'янков Сергій Валерійович

Народився 09.10.1970 р. у м. Рівному. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1992). Протягом 1992–1994 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі обчислювальної фізики (на посаді стажиста-дослідника). Займається підприємницькою діяльністю у м. Рівному, є власником кількох кінотеатрів.

Наукові інтереси пов'язані з обчисленням термодинамічних і структурних характеристик кристалів методом кореляційних функцій, запропонованим І.П. Базаровим.



Держко Олег Володимирович

Народився 19.08.1960 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (2004), старший наук. співр. (1998). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1982). Від 1982 р. працює у Львівському від-ні статистич. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (протягом 2003–2016 рр. — зав. відділу теорії модельних спінових систем, від 2016 р. — зав. відділу квантової статистики). Від 1990 р. — доцент, а згодом професор Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка та На-

ціон. ун-ту «Львівська політехніка».

Наукові дослідження стосуються теорії конденсованого стану і статистичної фізики (зокрема, низьковимірних спінових моделей, фрустрованих квантових спінових систем, плоскостонних електронних систем і феромагнетизму, класичних плинів тощо). Автор близько 140 наукових праць, виховав 4 кандидатів наук. Член редколегії журналу *Advances in Condensed Matter Physics* (Hindawi) і Журналу фізичних досліджень.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2014). Нагороджений Грамотою Верховної Ради України (2019), відзнакою НАН України «За підготовку наукової зміни» (2018).

Пр.: Richter J., Derzhko O., Schulenburg J. Magnetic-field induced spin-Peierls instability in strongly frustrated quantum spin lattices. - *Physical Review Letters*, 2004, **93**, 10, p.107206-1-107206-4. Derzhko O., Richter J. Finite low-temperature entropy of some strongly frustrated quantum spin lattices in the vicinity of the saturation field. - *Physical Review B*, 2004, **70**, 10, p.104415-1-104415-6. Derzhko O., Richter J. Universal

low-temperature behavior of frustrated quantum antiferromagnets in the vicinity of the saturation field. - European Physical Journal B, 2006, **52**, 1, p.23-36. Darradi R., Derzhko O., Zinke R., Schulenburg J., Krüger S. E., Richter J. Ground-state phases of the spin-1/2 $J_1 - J_2$ Heisenberg antiferromagnet on the square lattice: A high-order coupled cluster treatment. - Physical Review B, 2008, **78**, 21, p.214415-1-214415-10. Capponi S., Derzhko O., Honecker A., Läuchli A.M., Richter J. Numerical study of magnetization plateaux in the spin-1/2 kagome Heisenberg antiferromagnet. - Physical Review B, 2013, **88**, 14, p.144416-1-144416-7.



Дідух Людмила Анатоліївна

Народилася 22.01.1971 р. у м. Луцьку. Кандидат техн. наук (2010). Закінчила Українську академію друкарства (1996). Від 1993 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем (лаборант I кат.).

Наукові інтереси: створення нової інформаційної технології захисту цінних паперів, призначеної для кодування графічних символів, знаків, двота трирівневих графічних зображень для забезпечення високого рівня захисту цінних паперів на основі кодуючих структур Адамара. Авторка 16

наукових праць.

Пр.: М. В. Шовгенюк, Л. А. Дідух. Графічний елемент захисту цінних паперів // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. пр. № 16, 245–251 (2006); Шовгенюк М. В. Л. А. Дідух. Метод кодування графічних зображень та впровадження нової технології захисту цінних паперів // Наука та інновації. Т. 5, № 1, 50–60 (2009); Дідух Л. А., М. В. Шовгенюк. Класи подібних матриць Адамара // Комп'ютерні технології друкарства. № 22, 54–64 (2010); Дідух Л. А. Особливості використання комп'ютерної програми «ГрафіКод-4» для кодування зображень // Квалілогія книги. № 1(17), 13–21 (2010); Пат. України № 49956. Спосіб виготовлення графічного елементу для захисту цінних паперів / Дідух Л. А., Шовгенюк М. В. – № u201004371; заявл. 14.04. 10; опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9. – 8 с., іл.



Добуш Оксана Андріївна

Народилася 18.10.1990 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2019). Закінчила Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2013). Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2013–2016). Від 2016 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем на посаді мол. наук. співр.

Основним напрямком досліджень є розробка теоретичних методів опису фазового переходу першого роду, критичних явищ і поведінки в надкритичній області модельних простих плинів та їх застосування до випадку реальних фізичних систем. Є співавторкою 5 наукових статей та розділу в колективній монографії. Бере активну участь в організації наукових заходів. Від 2015 р. очолює Раду молодих вчених ІФКС НАН України та Львівський осередок Young Minds Європейського фізичного тов-ва.

Стипендіатка Президента України для молодих вчених (2015–2016), лауреатка премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2015). Нагороджена відзнакою НАН України «Талант, натхнення, праця» (2019). Членкиня Львівської системи дослідників II рівня (2019).

Пр.: Representation of the grand partition function of the cell model: The state equation in the mean-field approximation / M. Kozlovskii, O. Dobush // *J. Mol. Liq.* – 2016. – Vol. 215. – Pp. 58–68. Phase transition in a cell fluid model / M.P. Kozlovskii, O.A. Dobush // *Condens. Matter Phys.* – 2017. – Vol. 20, no. 2. – Pp. 23501-1-18. Using a cell fluid model for the description of a phase transition in simple liquid alkali metals / M.P. Kozlovskii, O.A. Dobush, I.V. Pylyuk // *Ukr. J. Phys.* – 2017. – Vol. 62, no. 10. – Pp. 865-873. The equation of state of a cell fluid model in the supercritical region / M.P. Kozlovskii, I.V. Pylyuk, O.A. Dobush // *Condens. Matter Phys.* – 2018. – Vol. 21, no. 4. – Pp. 43502-1-26. Phase Transitions in a Continuum Curie-Weiss System: A Quantitative Analysis / Y. Kozitsky, M. Kozlovskii, O. Dobush, In *Modern Problems of Molecular Physics*, Springer Proceedings in Physics 197, Cham, 2018.



Добушовський Данило Андрійович

Народився 15.09.1991 р. у м. Львові. Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2014) за спеціальністю теоретична фізика. Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2014–2017). Від 2017 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики на посаді пров. інж.

Наукові інтереси пов'язані з системи із сильними електронними кореляціями, транспортними та оптичними властивостями в таких системах.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2016–2018), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2019).

Пр.: Dobushovskyi D.A., Shvaika A.M., Zlatic V. Resonant enhancement of thermoelectric properties by correlated hopping for the Falicov–Kimball model on Bethe lattice. *Phys. Rev. B*. 95, 125133 (2017) Dobushovskyi D.A., Shvaika A.M. Nonlocal correlations in the optical conductivity spectra. *Condens. Matter Phys.* 21, 23702 (2018)



Дручок Максим Юрійович

Народився 15.07.1976 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2006). Старший дослідник (2017). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (1998). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1998–2001) у відділі теорії розчинів. Від 2001 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів (від 2009 — ст. наук. співр.), згодом — відділі теорії м'якої речовини. Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2011–2014).

Наукові дослідження стосуються водних розчинів електролітів та ефектів асоціативності в них, проблем катіонного гідролізу, іонної асоціативності у розчинах іоненів, алкіламоніїв, простих і багатоядерних катіонів, вуглецевих нанотрубок. Дослідження проводяться методом молекулярної динаміки. Є автором 55 наукових праць. Працює у складі профкому Ін-ту (від 2007 р.).

Стипендіат НАН України для молодих вчених (2004–2006), академіка НАН України І.Р. Юхновського (2010), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2002). Нагороджений Відзнакою НАН України «Талант, натхнення, праця» (2009), Ювілейною почесною гра-

мотою (до 100-річчя НАН України) (2018).

Пр.: Druchok, M., Lukšič, M. *Journal of Molecular Liquids* 270 (2018) 203-211; Druchok, M., Holovko, M. *Journal of Molecular Liquids* 212 (2015) 969-975; Druchok, M., Hribar-Lee, B., Krienke, H., Vlachy, V. *Chemical Physics Letters* 450 (2008) 281-285; Druchok, M., Bryk, T., Holovko, M. *Journal of Molecular Liquids* 120 (2005); 11-14 Holovko, M., Druchok, M., Bryk, T. *Journal of Chemical Physics* 123 (2005). 154505



Дубленич Юрій Ігорович

Народився 20.06.1960 р. у смт. Східниці Львівської обл. Закінчив фіз. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1982). Протягом 1982–1988 рр. працював у Львівському наук.-досл. ін-ті матеріалів. Від 1988 р. працює у Львівському від-ні статист. фізики ІТФ АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2010 р. — мол. наук. співр.).

Наукові праці зі сфери фазових переходів у сегнетоелектриках, властивостей сполук, що описуються псевдоспін-електронними моделями, а також основних станів моделей ґраткового газу та класичних спінових моделей на дво- і тривимірних ґратках із геометричними фрустраціями. Розроблено метод основних променів і основних множин конфігурацій кластерів, який дав змогу розв'язати низку задач про основні стани спінових моделей Ізінґового типу. Розв'язано також ряд задач про основні стани систем класичних Гайзенбергових спінів. Є автором 54 наукових праць. Активно перекладає з французької та англійської. Займається художнім фотографуванням.

Пр.: Yu. I. Dublenych, Ground states of a system of classical spins on an anisotropic triangular lattice and the spin-liquid problem in NiGa_2S_4 and FeGa_2S_4 compounds, *Phys. Rev. B* 96, 140401(R) (2017). Yu. I. Dublenych, Incommensurate single-angle spiral ordering of classical Heisenberg spins on zigzag ladder lattices, *Phys. Rev. B* 93, 054415 (2016). Yu. I. Dublenych, Ground states of the Ising model on an anisotropic triangular lattice: Stripes and zigzags, *J. Phys.: Condens. Matter* 25, 406003 (2013). Yu. I. Dublenych, Ground States of the Ising Model on the Shastry-Sutherland Lattice and the Origin of the Fractional Magnetization Plateaus in Rare-Earth Tetraborides, *Phys. Rev. Letters* 109, 167202 (2012). Yu. I. Dublenych, Continuum of ground states and aperiodic structures in a lattice gas on the triangular lattice with finite-range interactions, *Phys. Rev. B* 86, 014201 (2012).



Дувіряк Аскольд Андрійович

Народився 19.06.1960 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (2017), старший наук. співр. (2007). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1983). Протягом 1984–1990 рр. працював в Ін-ті прикл. пробл. механіки та математики АН УРСР. Від 1990 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії релятивістських систем, згодом — у відділі теорії металів та сплавів, від 2007 р. — у відділі комп'ютерн. моделюв. багаточастинк. систем (від 2003 р. — ст. наук. співр.). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс.

систем НАН України (2008–2011).

Наукові дослідження стосуються розробки та застосування теоретичних методів опису класичних та квантових систем взаємодіючих частинок, для яких істотним є врахування релятивістичних ефектів, зокрема релятивістичного характеру міжчастинкових взаємодій. Об'єктами досліджень є як макроскопічні, так і мікроскопічні об'єкти з внутрішньою структурою, зокрема системи тіл із гравітаційною взаємодією, атоми та їх ядра, гадрони (у рамках кваркових моделей) тощо. Є автором понад 100 наукових праць.

Пр.: Duviryak A. Fokker-type confinement models from effective Lagrangian in classical Yang-Mills theory. *Internat. J. Modern Phys. A* 14, 4519–4547 (1999). Duviryak A., Darewych J. W. Exact few-particle eigenstates in partially reduced QED. *Phys. Rev. A* 66, 032102 (2002) Duviryak A. Solvable two-body Dirac equation as a potential model of light mesons. *Symmetry, Integrability and Geometry: Methods and Applications (SIGMA)* 4, 048 (2008). Darewych J. W., Duviryak A. Interparticle Forces in QFTs with Nonlinear Mediating Fields. *Few-Body Systems* 50, 299–301 (2011). Duviryak A. Quantization of almost-circular orbits in the Fokker action formalism. *The European Physical Journal Plus* 129, 267 (2014).

Дуда Андрій Степанович



Народився 11.12.1970 р. у с. Руді Рогатинського р-ну Івано-Франківської обл. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1993). Протягом 1993–2007 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії модельних спінових систем на інж. посадах. Від 2015 р. — на державній службі. Начальник відділу електронного урядування адміністративного управління апарату Львівської облдержадміністрації.

Наукові інтереси пов'язані з теорією впливу зовні-

шніх механічних тисків на фазові переходи та фізичними характеристиками сегнетоактивних кристалів сім'ї KN_2PO_4 . Є автором 16 наукових праць.

Пр.: Stasyuk I.V., Levitskii R.R., Moina A.P., Duda A.S. Hydrostatic pressure influence on phase transition and physical properties of KD_2PO_4 -type ferroelectrics. *Condens. Matter. Phys.* № 8, 129-156 (1996). Stasyuk I.V., Levitskii R.R., Moina A.P., Duda A.S., Romanyuk M.O., Stadnyk V.J., Shcherbina Y.V. Uniaxial pressure influence on KN_2PO_4 -type ferroelectrics. *J. Phys. Studies.* 3, 502-512 (1999). Стасюк І.В., Левицький Р.Р., Моїна А.П., Дуда А.С. Вплив напруги зсуву σ_6 на фазовий перехід і фізичні властивості сегнетоелектриків типу KD_2PO_4 . *Журн. фіз. досл.* 4, 190-201 (2000). Stasyuk I.V., Levitskii R.R., Duda A.S. Influence of stress $\sigma_1 - \sigma_2$ on phase transition and physical properties of KD_2PO_4 type ferroelectrics. *Condens. Matter Phys.* 4, 553-578 (2001). Levitskii R.R., Moina A.P., Duda A.S. Longitudinal dielectric relaxation in KD_2PO_4 under hydrostatic pressure. *Condens. Matter Phys.* 5, 541-552 (2002).



Дуда Юрій Ярославович

Народився 04.10.1967 р. у м. Дрогобичі Львівської обл. Помер 11.02.2009 р. в м. Мехіко (Мексика). Кандидат фіз.-мат. наук (1996). Закінчив із відзнакою фізичний ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1991). Протягом 1991–2006 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів (від 1996 р. — мол. наук. співр.). Стажувався в Ін-ті хімії Націон. автономного ун-ту в Мехіко (1996–2000), Мексиканському ін-ті нафти (2001–2009).

Перші наукові роботи пов'язані з розвитком аналітичних методів у теорії асоційованих рідин та їхнім застосуванням для опису впливу протеїнів на властивості обернених міцел та на структуру рідкої сірки, а також із дослідженням властивостей сіткоутворюючих плинів. Наукові дослідження в Мексиці стосувалися теоретичного опису утворення асоціативних комплексів у хімічно реагуючих плинах та їх фазових діаграм, вивчення природи гідрофобної взаємодії, дослідження міжфазної області в бішарах, міцелах та емульсіях, адсорбції складних плинів на поверхні та в пористих матеріалах, вивчення стабільності колоїдних дисперсій, формування полімерних плівок у міжфазній області рідина — тверде тіло із застосуванням до проблем покриття та фарбування. Є автором та співавтором біля 70 наукових праць.

Пр.: Y. Duda, M.F. Holovko, Structure of liquid sulfur through polymer Percus-Yevick theory. – *Phys. Chem. Liquids*, 1997, vol.35, pp.175-189. G.Cassin, Y. Duda, M. Holovko, J.P. Badiali, M.P. Pileni. Cytochrome-c in reverse micelles: Small angle X-ray scattering measurements, percolation process and critical behaviour. An interpretation with an association model. – *J. Chem. Phys.*, 1997, vol.107, pp.2683-2693. Y. Duda, S.J. Segura, E. Vakarin, M.F. Holovko, W.G. Chapman. Network forming fluids: Integral equations and Monte

Carlo simulations. – J. Chem. Phys, 1998, vol.108, pp.9168-9176. Y. Duda, E. Vakarin, J. Alejandre. Stability and interfacial properties of a binary mixture of symmetric nonadditive hard sphere fluid adsorbed in a pore. – J. Colloid Interface Science, 2003, vol.258, pp.10-19. Y. Duda, F. Vazquez Modelling of composite latex particles morphology by off-lattice Monte Carlo simulation. – Langmuir, 2005, vol.294, pp.305-329.



Дудка Максим Леонідович

Народився 22.11.1977 р. у м. Володимирі-Волинському Волинської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2003), старший дослідник (2019). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (1999). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1999–2002). Від 2002 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем, лаб. статист. фізики складних систем (від 2019 р. — зав. цієї лаб.). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2011–2014).

Наукові інтереси в сфері рівноважних та нерівноважних критичних властивостей структурно неупорядкованих магнетиків із різними формами безладу, вивчення фазових переходів у двовимірних системах, динамічної поведінки систем із реакційно-дифузивними процесами, застосування різних підходів ренормгрупи до опису критичної поведінки моделей конденсованої речовини. Автор 62 наукових праць. Учасник Співпраці L⁴ і Міжн. коледжу докторантів «Статистична фізика складних систем» (Ляйпціг–Лотарингія–Львів–Ковентрі).

Лауреат Премії Президента України для молодих вчених (2009), премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2010). Стипендіат Ернста Маха від ÖAD (Австрія, 2000), академіка НАН України І.Р. Юхновського (2009), Президента України для молодих вчених (2010–2011), посольства Франції в Україні для короткострокового стажування (2011), Міжнародного центру теоретичної фізики імені Абду Салама (Трієст, Італія, 2014). Нагороджений Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України).

Пр.: Holovatch Yu., Blavats'ka V., Dudka M., von Ferber C., Folk R., Yavors'kii T. Weak quenched disorder and criticality: resummation of asymptotic(?) series. International Journal of Modern Physics B. vol. 16, 4027-4079 (2002). Dudka M., Holovatch Yu., Folk R., Ivaneiko D. Effective critical behaviour of diluted Heisenberg-like magnets. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 256, 243-251 (2003). Dudka M., Folk R., Holovatch Yu. Critical properties of random anisotropy magnets Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 294, 305-329 (2005). Delamotte B., Dudka M., Mouhanna D., Yabunaka S. Functional renormalization group approach to noncollinear magnets. Phys. Rev. B, vol. 93, N 6, 064405 (2016) Dudka M., Fedorenko A.A., Blavatska V., Holovatch Yu. Critical behavior of the two-dimensional Ising model with long-range correlated

disorder. Phys. Rev. B, vol. 93, N. 22, 224422 (2016)



Дулепа Ірина Романівна

Народилася 19.02.1978 р. у м. Яворові Львівської обл. Закінчила Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2000). Протягом 2000–2014 рр. працювала в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2008 р. — пров. інж.). Від 2014 р. працює у сфері дизайну.

Наукові праці пов'язані з вивченням явищ переносу і адсорбції в квантових системах. Зокрема, квантово-хімічними методами розраховано енергії адсорбції і зміну заряду для різноманітних атомів та молекул на поверхні лавоподібних паливовмісних матеріалів об'єкту «Укриття». Методом ферміонізації описано особливості енергетичного спектру одновимірного іонного провідника Паулі, проаналізовано частотні залежності автокореляційних функцій та спектральних густин. Для систем із гексагональною ґраткою типу графену запропоновано опис у рамках двопідґраткової моделі жорстких бозонів. Розраховано енергетичний спектр та досліджено перебудову спектральних густин у різних фазах. Авторка 6 наукових праць.

Лауреатка премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2008).

Пр.: Стасюк І.В., Стеців Р.Я., Дулепа І.Р. Дослідження адсорбції водню, азоту та гідроксогрупи OH^- на поверхні перехідних металів. Журнал фізичних досліджень. 6, 133–138 (2002). Stasyuk I.V., Dulepa I.R. Density of states of one-dimensional Pauli ionic conductor. Condens. Matter Phys. 10, 259–268 (2007). Стасюк І.В., Дулепа І.Р. Одночастинковий спектр та фазовий перехід у йонному провіднику Паулі. Журнал фізичних досліджень. 13, 2701–9 (2009). Стасюк І.В., Дулепа І.Р., Величко О.В. Дослідження бозонного спектру двовимірних оптичних ґраток зі структурою типу графену. Нормальна фаза. Укр. фіз. журн. 59, 889–901 (2014). Стасюк І.В., Величко О.В., Дулепа І.Р. Дослідження бозонного спектру двовимірних оптичних ґраток зі структурою типу графену. Надплинна фаза. Укр. фіз. журн. 59, 994–1002 (2014).



Духовий Володимир Володимирович

Народився 22.02.1967 р. у м. Ульяновці Кіровоградської обл. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1991). Протягом 1991–2000 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем на посаді інженера. Проживає і працює в США.

Наукова інтереси: теорія критичної поведінки систем класу універсальності тривимірної моделі Ізінга в підході колективних змінних. Спільно з М.П. Козловським та І.В. Пилюком запропоновано оригінальний спосіб побудови рівняння стану

тривимірної ізінгоподібної системи з експоненційно спадним потенціалом взаємодії. Отримане рівняння дало змогу описати в критичній області поведінку параметра порядку як функцію температури, зовнішнього поля та мікроскопічних параметрів системи. На основі одержаного рівняння для температури фазового переходу досліджено її залежність від радіуса дії потенціалу взаємодії. Є автором понад 10 наукових праць.

Пр.: Духовий В.В., Козловський М.П., Пылюк И.В. Расчет на микроскопическом уровне уравнения состояния трехмерной модели Изинга. ТМФ. 107, 288-306 (1996). Kozlovskii M.P., Pylyuk I.V., Dukhovii V.V. Equation of state of the 3D Ising model with an exponentially decreasing potential in the external field. J. Magn. Magn. Mater. 169, 335-342 (1997). Kozlovskii M.P., Pylyuk I.V., Dukhovii V.V. Calculation method for the three-dimensional Ising ferromagnet thermodynamics within the frames of ρ^6 model. Condens. Matter Phys. 11, 17-49 (1997). Kozlovskii M.P., Dukhovii V.V., Pylyuk I.V. Self-consistent description of the critical behaviour of three-dimensional Ising-like systems: The phase transition temperature as a function of microscopic parameters. Ukr. J. Phys. 45, 512-514 (2000). Kozlovskii M.P., Dukhovii V.V., Pylyuk I.V. Dependence of the critical temperature on microscopic parameters in the three-dimensional Ising-like systems. Condens. Matter Phys. 3, 727-736 (2000).



Желем Ростислав Іванович

Народився 21.04.1970 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1999). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1991). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів (1991–1994). Протягом 1994–2000 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії нерівноважних процесів (від 2000 р. — мол. наук. співр.). Працює в Австралійській астрономічній обсерваторії.

Наукова діяльність пов'язана з проблемами нерівноважної статистичної теорії просторово неоднорідних електролітичних систем. Перші наукові дослідження стосувалися вивчення дифузійних процесів іонів та молекул у системі «електроліт-мембрана». Займався проблемами міграції радіонуклідів у ґрунтових водах чорнобильської зони, проблемами води та водних розчинів радіоактивних елементів і їх взаємодії з паливовмісними масами в об'єкті «Укриття» Чорнобильської АЕС.

Пр.: Юхновський І.Р., Желем Р.І., Омелян І.П., Сов'як Є.М., Токарчук М.В. Дифузійні процеси переносу розчинів електролітів крізь зворотноосмотичні мембрани. Структурні функції та коефіцієнти дифузії. Укр. фіз. журн. 41, 819-827 (1996). Омелян І.П., Желем Р.І., Токарчук М.В. Узагальнена гідродинаміка полярних рідин у зовнішньому неоднорідному електричному полі. І. Метод нерівноважного статистичного оператора Укр. фіз. журн. 42, 684-692 (1997). Yukhnovskii I.R., Omelyan I.P., Zhelem R.I., Tokarchuk M.V. Statistical theory for diffusion of radionuclides in ground and subterranean water. Rad. Phys. Chem. 59, 361-375 (2000). Sheinis A, Anguiano A Asplund M Bacigalupo C., Zhelem R. et al. First light results from the High Efficiency and Resolution Multi-Element Spectrograph at the Anglo-Australian Telescope. J. of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, 1(3), 035002 (2015).



Забуранний Олесь Володимирович

Народився 05.04.1976 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2002). Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (1997). Протягом 2004–2011 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії модельних спінових систем, згодом — відділі квантово-статист. теорії процесів каталізу (від 2008 — наук. співр.).

Наукові дослідження стосувалися теорії низьковимірних квантових і класичних спінових систем, фазових переходів на поверхнях кристалів та проблема теселяції. Автор 10 наукових праць.

Пр.: Derzhko O, Richter J, Zaburannyi O. The spin-1/2 transverse XX chain with regularly alternating bonds and fields. - Physics Letters A, 1999, **262**, 11, p. 217-225. Derzhko O, Richter J, Zaburannyi O. Magnetization processes in quantum spin chains with regularly varying exchange interactions and fields, 2002, **242**, 4, p. 1044-1046. Derzhko O, Richter J, Krokhmal'skii T, Zaburannyi O. Regularly alternating spin-1/2 anisotropic XY chains: The ground-state and thermodynamic properties. - Physical review. E, 2004, **69**, 7, p. 066112.



Загладько Ірина Миколаївна

Народилася 07.01.1986 р. у м. Луцьку. Закінчила Волинський держ. ун-т ім. Лесі Українки (2008), де працювала ст. лаб. до 2009 р. Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2009–2012). Протягом 2012–2015 рр. працювала в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі комп'ют. моделюв. багаточастинк. систем (пров. інж.). Працює в сфері ІТ-технологій, займається перекладацькою та літературною діяльністю.

Наукові інтереси пов'язані з розвитком частково редукованої скалярної теорії поля та суміжних квантово-механічних задач. Побудувала стани розсіяння 2-х частинок, що взаємодіють через тахіонне поле. Є авторкою 11 наукових праць.

Лауреатка премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2011).

Пр.: Zahladko I., Duviryak A. Partially reduced formulation of of scalar Yukawa model. Poincare-invariance and unitarity. Journal of Physical Studies 16, 3 (2012). Zahladko I., Duviryak A. Bound states in the tachyon exchange potential. EJTP 11, 141-184 (2014). Zahladko I. Interaction of scalar particles via tachyon field: Scattering problem. Ukr. J. Phys. 59, 749-754 (2014). Загладько І.М., Дувіряк А.А. Взаємодія скалярних частинок через тахіонне поле. Фізичний збірний НТШ 9, 121-137 (2014).



Іванків Олександр Львович

Народився 28.01.1961 у м. Рогатині Івано-Франківської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1992). Закінчив із відзнакою фіз. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1982). Протягом 1982–1984 рр. працював в Ін-ті прикл. пробл. механіки і математики АН УРСР. Від 1984 р. працює у Львівському від-ні статистичної фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (протягом 1996–2006 рр. — вчений секретар, від 2010 р. — заст. директора з наук. роботи). Протягом 2006–2010 рр. працював в Українському ін-ті національної пам'яті (перший заст. голови).

Наукові дослідження стосуються теорії модельних псевдоспінових систем та сегнетоелектриків із водневими зв'язками. У співавторстві з І.В. Стасюком запропоновано псевдоспінову модель із редукованим базисом для опису квазіоднорічних систем із суттєвими короткодійними протонними кореляціями, в тому числі молекулярних комплексів із водневими зв'язками, виявлено незвичний характер залежностей термодинамічних характеристик моделі від числа частинок у ланцюжку та напруженості зовнішнього поля. Розроблено мікроскопічну теорію квадратичного електрооптичного ефекту в іонних діелектричних кристалах. Проведено дослідження термодинаміки квазіоднорічних сегнетоелектриків із дефектами у виді розірваних водневих зв'язків. Автор біля 50 наукових праць. Менеджер-редактор журналу *Condens. Matter Phys.*, член редколегії Фізичного збірника НТШ.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (1994–1996). Нагороджений Почесною грамотою Верховної Ради України (2004), орденом «За заслуги» III ступеня (2009), Почесною грамотою Президії НАН України (2013), Ювілейною пам'ятною відзнакою до 100-річчя НАН України (2018).

Пр.: Stasyuk I.V., Ivankiv O.L. Microscopic theory of quadratic electrooptic effect and electrogyration in ferroelectric crystals *Ferroelectrics Letters*, 8, No 3, 65-69 (1988); Stasyuk I.V., Ivankiv O.L. Thermodynamics of the molecular complexes with chains of hydrogen bonds *Modern Physics Lett. B*, 6, No2, 85-91 (1992); Stasyuk I.V., Pavlenko N.I., Ivankiv O.L. Orientational-tunneling model of one-dimensional molecular systems with hydrogen bonds *J.Phys.Studies*, 1, No. 3 (1997); Юхновський І.Р., Токарчук М.В., Глушак П.А., Іванків О.Л. Теоретичний опис процесів взаємодії води, водних розчинів із паливовмісними матеріалами. Проблеми безпеки атомн. електрост. і Чорнобиля, 8, 112-120 (2007). Юхновський. Фотоальбом / Упорядник О.Л. Іванків. – Львів: ІФКС НАН України, 2015. – 120 с.:170 світл.



Ігнатюк Василь Васильович

Народився 18.06.1966 р. у с. Плутові Золочівського р-ну Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1997), старший наук. співр. (2014). Закінчив Московський держ. ун-т ім. М. Ломоносова (1992). Від 1992 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії нерівноважних процесів, згодом — відділі квантово-статист. теорії процесів каталізу (від 2003 — ст. наук. співр.). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2014–2017). Протягом 2007–2014 рр. працював за сумісн. на каф. прикл. фізики і наноматеріалознавства Націон. ун-ту «Львівська політехніка».

Наукові інтереси пов'язані з вивченням нерівноважних властивостей багаточастинкових систем на різних часових масштабах. Проведено дослідження часових кореляційних функцій та колективних збуджень простих, бінарних та напівквантових рідин, квантової дифузії легкої частинки на поверхні металів, кінетики хімічно-реагуючих систем, надшвидкої динаміки напівпровідників у полі лазерного імпульсу та часової еволюції відкритих квантових систем. Автор понад 70 наукових праць.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (1998–1999).

Пр.: Ignatyuk V.V., Mryglod I.M., Bryk T. A simple closure procedure for the study of velocity autocorrelation functions in fluids as a «bridge» between different theoretical approaches. *Journal of Chemical Physics*. 149, 054101 (2018); Ignatyuk V.V. Peculiarities of qubit initial-state preparation by nonselective measurements on an overcomplete basis. *Physical Review A*. 92, 062115 (2015); Ignatyuk V.V., Morozov V.G. Enhancement of coherence in qubits due to interaction with the environment. *Physical Review A*. 91, 052102 (2015); Ignatyuk V.V. A temperature behavior of the frustrated translational mode of adsorbate and the nature of the «adsorbate-substrate» interaction. *Journal of Chemical Physics*. 136, 184104 (2012); Ignatyuk V.V. Coherence, decoherence, and memory effects in the problems of quantum surface diffusion. *Physical Review E*. 84, 021111 (2011).



Ідзик Ігор Михайлович

Народився 25.09.1957 р. у с. Малих Підлісках, Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1988), старший наук. співр. (1992). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1980). Протягом 1980–1996 рр. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 1990 р. — ст. наук. співр.). Протягом 1996–2018 рр. працював у комерційних банках України. Від 2018 р. працює в Держ. підпр. НТЦ «УАРНЕТ» ІФКС НАН України.

Наукові праці з теорії фазового переходу рідина-газ в околі критичної точки (спільно з І.Р. Юхновським і В.О. Коломійцем) та теорії нелінійних гідродинамічних флуктуацій у класичних системах (спільно з М.В. Токарчуком). Є автором (співавтором) 50 наукових праць.

Голова Ради молодих вчених Львівського від-ня статист. фізики ІТФ АН УРСР, секретар спеціалізованої Вченої ради з захисту докт. дисерт. при ІФКС НАН України (1995–1996), голова профкому Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1990–1996).

Нагороджений Почесною грамотою Президії НАН України.

Пр.: Yukhnovski I.R., Idzyk I.M., Kolomiets V.O. Investigation of a homogeneous many-particle system on the critical point. *Journal of Statistical Physics*, 80, 405–443 (1995); Ідзик І.М., Коломиець В.О., Юхновський І.Р. Критическая точка системы жидкость-газ в методе коллективных переменных. *ТМФ*, 73, 264–280 (1987); Ідзик І.М. Ренормгруповий підхід до визначення критичної точки рідина-газ. *УФЖ*, 36, 210–216 (1991); Юхновський І.Р., Коломиець В.О., Ідзик І.М. Застосування методу колективних змінних з виділеною системою відліку до опису реальних простих систем (типу аргону) в області $T > T_c$. *УФЖ*, 40, 123–128 (1995); Ідзик І.М., Ігнатюк В.В., Токарчук М.В. Рівняння Фокера–Планка для нерівноважної функції розподілу колективних змінних. II. Розрахунок просторово-часової дисперсії коефіцієнтів переносу. *УФЖ*, 41, 1017–1021 (1996).



Ільницький Ярослав Миколайович

Народився 07.10.1963 р. у м. Хмельницькому. Доктор фіз.-мат. наук (2010), старший наук. співр. (2007). Закінчив із відзнакою фіз. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1985). Навчався в аспірантурі Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (1985–1988). Від 1989 р. працює у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 2010 р. — пров. наук. співр. відділу комп'ют. моделюв. багаточастинк. систем). Проходив наукові стажування в: Ун-ті м. Дарема, Великобританія (1999–2003), Ун-ті м. Потсдама,

Німеччина (2005–2008). Від 2012 р. читає спецкурс «Комп'ютерне моделювання наносистем» на каф. прикл. математики Націон. ун-ту «Львівська політехніка».

Наукові дослідження стосуються теорії та комп'ютерного моделювання фазових переходів у системах із безладом, фазових переходів у рідких кристалах, вивчення скейлінгу, властивостей форми та самоасемблювання макромолекул, явищ фотоіндукованої деформації та самоасемблювання в азобензиновмісних полімерних матеріалах та розплавах і розчинах декорованих наночастинок, мікрофазового розшарування сумішей у порі з декорованими стінками, поведінки олігомерів у Пуазейлевому потоці, як і низки застосувань фізичних методів до моделювання поширення епідемій. Є автором 130 наукових праць у співпраці із провідними українськими та закордонними фахівцями в галузі. Підготував 3 кандидатів наук. Відповід. секретар та член редколегії журналу *Condensed Matter Physics*.

Лауреат премії Львівської міської ради талановитим ученим (2017), Премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2018), член Українського фізич. т-ва та Наук. т-ва ім. Шевченка. Нагороджений Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018). Член Львівської системи дослідників I рівня (2019).

Пр.: V.Toshchevnikov, J.Ilnytskyi, M.Saphiannikova, Photoisomerization Kinetics and Mechanical Stress in Azobenzene-Containing Materials, *Journal of Physical Chemistry Letters*, Vol. 8, Iss.5, pp: 1094-1098 (2017); H.Kuroki, A.Gruzd, I.Tokarev, T.Patsahan, J.Ilnytskyi, K.Hinrichs, S.Minko, Biofouling-Resistant Porous Membranes with a Precisely Adjustable Pore Diameter via 3D Polymer Grafting, *ACS Appl Mater Interfaces*, No.9b06679 (2019); J.Ilnytskyi, A.Slyusarchuk, M.Saphiannikova, Photocontrollable Self-Assembly of Azobenzene-Decorated Nanoparticles in Bulk: Computer Simulation Study, *Macromolecules*, Vol.49, Iss. 23, pp. 9272-9282 (2016); J.M.Ilnytskyi, A.Slyusarchuk, S.Sokołowski, Gelation of patchy ligand shell nanoparticles decorated by liquid-crystalline ligands: computer simulation study, *Soft Matter*, Vol. 14, pp. 3799-3810

(2018); J.M.Ilnytskyi, M.Saphiannikova, D.Neher, M.P.Allen, Computer Simulation of Side-Chain Liquid Crystal Polymer Melts and Elastomers, in Liquid Crystalline Polymers, Vol.1-Structure and Chemistry (Eds. V.Kumar Thakur and M.R.Kessler), Springer Int. Publ., pp. 93-129 (2016).



Кадоб'янський Роман Миколайович

Народився 28.06.1949 р. у м. Калуші Івано-Франківської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1983). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1971). Навчався в аспірантурі Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (1971–1974) у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем. Протягом 1974–1992 рр. працював у Львівськ. політехн. ін-ті на кафедрі прикл. математики (від 1989 р. — на посаді доцента). Протягом 1994–1996 рр. — доцент Міжнародного Соломонового ун-ту (Київ). У 1996–2015 рр. працював у Націон. техн. ун-ті «Київський політехн. ін-т ім. І. Сікорського» в Фізико-

техн. ін-ті на посаді доцента.

Наукові інтереси в сфері теорії резонансно збуджених систем, аналізу вимірних функціоналів і операторів у банаховому просторі з гаусовою мірою. Читав лекційні курси матаналізу, функціонального аналізу, теорії ймовірностей, випадкових процесів, математичної статистики, теорії функцій комплексної змінної, диференціальних, тензорного аналізу та математичної фізики.

Соросівський доцент, Відмінник освіти України (2004), Заслужений працівник освіти України (2008). Нагороджений Грамотою Президента України (2001).

Пр.: О решениях функциональных уравнений в абстрактных винеровских пространствах. УМЖ, 33, №6, 1981. Эффективные взаимодействия в группах тождественных частиц, часть из которых возбуждена. УФЖ, №2, 1989 (у співавторстві з І.Р. Юхновським, Р.Р. Левицьким, О.В. Держком). On functional integration method in classical equilibrium statistical physics. Dopov. Nac. akad. nauk Ukr., №7, 1994. The Poisson structures hierarchy and interacting system dynamics. Dopov. Nac. akad. nauk Ukr., №8, 1994. Kadobianski R., Kubarski J., Kushnirevitch V., Wolak R. Transitive Lie algebroids of rank 1 and locally conformal symplectic structures. Journal of Geometry and Physics. 46, 151–158 (2003).



Калюжний Остап Юрійович

Народився 24.11.1990 р. у м. Львові. Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2014). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2015–2018). Від 2018 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі комп'ют. моделюв. багаточастинк. систем (мол. наук. співр.).

Наукові праці пов'язані з дослідженням універсальних характеристик форми полімерних макромолекул і проводяться методом дисипативної динаміки. Досліджено лінійний полімерний ланцюжок у доброму розчиннику. Проаналізовано універсальні характеристики форми зіркових полімерів у залежності від якості розчинника та від функціональності зірки. Досліджено агрегацію амфіфільних лінійних та зіркових полімерів у воді. Є автором 13 наукових праць.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2019).

Пр.: О. Калюжний, Я. Ільницький, Ю. Головач. *Універсальні характеристики форми мезоскопічного полімерного ланцюга*. Журнал фізичних досліджень, т. 18, №4 (2014) 4602. O. Kalyuzhnyi, Ja. Ilnytskyi, Yu. Holovatch, C. von Ferber. *Universal shape characteristics for the mesoscopic polymer chain via dissipative particle dynamics*. J. Phys.: Condens. Matter, vol. 28 (2016) 505101. O.Y. Kalyuzhnyi, J.M. Ilnytskyi, C. von Ferber. *Shape characteristics of the aggregates formed by amphiphilic stars in water: dissipative particle dynamics study*. Condens. Matter Phys., 2017, Vol. 20, No 1, 13802: 1–10. O. Kalyuzhnyi, Ja. Ilnytskyi, Yu. Holovatch, C. von Ferber. *Universal shape characteristics for the mesoscopic star-shaped polymer via dissipative particle dynamics simulations*. J. Phys.: Condens. Matter, vol. 30 (2018) 215101. O. Kalyuzhnyi, K. Haidukivska, V. Blavatska, J. M. Ilnytskyi, *Macromol. Theory and Simul.* (2019) 1900012



Калюжний Юрій Володимирович

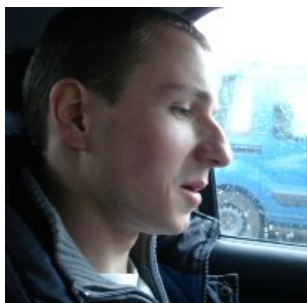
Народився 20.07.1951 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (2001), професор (2008). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1973). Протягом 1973–1986 рр. працював в Ін-ті геології та геохімії горючих копалин АН УРСР. Від 1986 р. працює у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 2002 р. — пров. наук. співр. відділу теорії розчинів, а від 2016 р. — відділу теорії м'якої речовини). Проходив наукові стажування в лаб. видатних

фахівців у галузі теорії рідин: А. Хеймета (Ун-т Солт-Лейк-Сіті, США), Дж. Стелла (Ун-т Нью Йорка в Стоні Бруку, США), П.Т. Камінгса (Ун-т Вандербільда, США), Л. Блюма (Ун-т Пуерто-Ріко, США). Запрошений проф. Ун-ту Любляни (Словенія, 2015), Ун-ту Я.Е. Пуркуне (Чехія, 2018), Ун-ту Вандербільда (США, 2019).

Наукові дослідження стосуються фізики рідкого стану речовини, зокрема статистико-механічної теорії розчинів електролітів та поліелектролітів, колоїдних і макромолекулярних розчинів та розчинів біологічних макромолекул (білків). Є автором понад 200 наукових праць, з яких біля 130 статей — у виданнях, які входять до Master Journal List, Thompson ISI (h-фактор — 27). Член редколегії журналу *Condens. Matter Phys.* Підготував 4 кандидатів наук.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2010), премії Львівської міської ради талановитим ученим (2016). Нагороджений Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018), відзнаками НАН України «За професійні здобутки» (2009), «За підготовку наукової зміни» (2019). Член Львівської системи дослідників I рівня (2019).

Пр.: Holovko M.F., Kalyuzhnyi Y.V. On the effects of association in the statistical theory of ionic systems. Analytical solution of the PY-MSA version of the Wertheim theory. *Mol. Phys.* 73, 1145-1157 (1991); Kalyuzhnyi Y.V., Stell G. On the effects of association in fluids with spherically symmetrical interactions. 1. Cluster expansions and integral equations. *Mol. Phys.* 78, 1247-1258 (1993); Kalyuzhnyi Y.V., Holovko M., Patsahan T., Cummings P.T. Phase behavior and percolation properties of the patchy colloidal fluids in the random porous media. *J. Phys. Chem. Lett.* 5, 4260-4264 (2014); Kastelic M., Kalyuzhnyi Y.V., Hribar-Lee B., Dill K.A., Vlachy V. Protein aggregation in salt solutions. *PNAS* 112, 6766-6770 (2015); Kalyuzhnyi Y.V., Vlachy V. Explicit-water theory for the salt-specific effects and Hofmeister series in protein solutions. *J. Chem. Phys.* 144, 215101 (2016).



Капікранян Олександр Євгенович

Народився 11.10.1983 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2009). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2005). Як учасник Міжн. коледжу докторантів зі статист. фізики складних систем L^4 навчався у спільній міжн. аспірантурі Україна (ІФКС) — Франція (Ун-т Лотарингії, Нансі). У 2009 р. вперше в Україні захистив у Львові спільну дисертацію з природн. наук,

отримавши дипломи канд. фіз.-мат. наук (Україна) та PhD (Франція). Протягом 2008–2018 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем, лаб. статист. фізики складних систем (від 2012 р. — наук. співр.). Проходив наукові стажування в: Ун-ті Руена, Франція (2012–2015), Вищій націон. школі Каена, Франція (2015–2018). Від 2018 р. пра-

цює у Вищій націон. школі Каена, Франція.

Наукові праці пов'язані з вивченням впливу безладу та скінченності розміру на поведінку класичних двовимірних спінових моделей неперервної симетрії з дефектами структури у вигляді немагнітних домішок (вакансій), розподілених випадковим чином на вузлах ґратки (заморожений нескорельований безлад) шляхом аналітичних розрахунків на основі заданих моделей із використанням методу функціонального інтегрування та Монте Карло симуляцій. Є автором 10 наукових праць. Рецензент журн.: Phys. Rev. E, Condens. Matter Phys., Журн. фіз. досл. Секретар семінару лаб. статист. фізики складних систем (2008-2012).

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2011–2012), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2011).

Пр.: O. Kapikranian, H. Zapolsky, Ch. Domain, R. Patte, C. Pareige, B. Radiguet, P. Pareige. Atomic structure of grain boundaries in iron modeled using the atomic density function. Phys. Rev. B. 89, 014111 (2014). O. Kapikranian, B. Berche, Yu. Holovatch. The 2D XY model on a finite lattice with structural disorder: quasi-long-range ordering under realistic conditions. European Physical Journal B. 56, 93-105 (2007). O. Kapikranian, B. Berche, Yu. Holovatch. Quasi-long-range ordering in a finite-size 2D Heisenberg model. J. Phys. A. 40, 3741-4748 (2007). O. Kapikranian, B. Berche, Yu. Holovatch. Interplay of topological and structural defects in the 2D XY model. Phys. Lett. A. 372, 5716-5721 (2008).



Капко Віталій Іванович

Народився 31.07.1974 р. у с. Конюхові Стрийського р-ну Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2002). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1995). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1995–1998). Протягом 1998–2005 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів (від 2003 р. — мол. наук. співр.). Протягом 2003–2005 рр. стажувався в ун-ті Вірджинії (США). Від 2005 р. працює в ун-ті Арізони (США).

Перші наукові дослідження пов'язані з врахуванням асоціативних взаємодій у теорії розчинів електролітів. У рамках іонно-дипольної моделі розвинуто дві концепції, одна з яких базується на асоціативному середньосферичному наближенні і придатна для опису термодинамічних властивостей, друга — базується на поєднанні середньосферичного наближення і закону діючих мас і використана для опису діелектричних властивостей та ємності подвійного електричного шару. Наукова діяльність у США пов'язана з вивченням дина-

міки іонної сольватації в суперкритичних плинах та механізмів формування аморфної фази. Є автором та співавтором біля 30 наукових робіт.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2002–2003).

Пр.: M.F. Holovko, V. Kapko, D. Henderson, D. Boda.. On the influence of ionic association on the capacitance of an electrical double layer. *Chem. Phys. Letters*, 2001, vol.341, pp.363-368. V. Kapko, D.V. Matyushov. Dynamic arrest of electron transfer in liquid crystalline solvents. *J. Phys. Chem B*, 2006, vol.110, pp.13184-13194. M.F. Holovko, V. Kapko. Ion-dipole model for electrolyte solutions: Application of the associative mean spherical approximation. *Condens. Matter Phys*, 2007, vol.10, pp.397-406. M.F. Holovko, V. Kapko. Ion association phenomena and static dielectric properties in electrolyte solutions: Application of the effective mean spherical approximation – mass action law approach. *Acta Chimica, Slovenica* 2009, vol.56, pp.203-208. V. Kapko, Z. Zhao, D.V. Matyushov, C.A. Angell. «Ideal glassformers» vs «ideal glasses»: Studies of crystal-free routes to the glassy state by «potential tuning» molecular dynamics and laboratory calorimetry. *J. Chem. Phys.*, 2013, vol.138, 12A549.



Клевець Іван Іванович

Народився 20.06.1984 р. у Рязанській обл. (Росія). Закінчив Націон. ун-т «Львівська Політехніка» (2006). Протягом 2006–2018 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії металів і сплавів, згодом — у відділі комп'ютерн. моделюв. багаточастинк. систем (від 2015 р. — мол. наук. співр.).

Наукові інтереси: структура та динаміка конденсованих систем методами комп'ютерного моделювання. Адміністратор сайту Ін-ту фізики конденс. систем НАН України.

Стипендіат НАН України для молодих вчених (2015–2017), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2008, 2016).

Пр.: Trivedi, R.P., Klevets, I.I., Senyuk, B., Lee, T., Smalyukh, I.I. Reconfigurable interactions and three-dimensional patterning of colloidal particles and defects in lamellar soft media. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 109, 4744-4749 (2012); Bryk, T., Klevets, I. Ab initio study of collective excitations in a disparate mass molten salt. *Journal of Chemical Physics*. 137(22), 224508 (2012); Bryk, T., Klevets, I. Ab initio study of collective dynamics in the liquid phase of the equimolar alloy CsAu: Evidence for a nonmetallic state. *Physical Review B*. 87(10), 104201 (2013); Bryk, T., Klevets, I., Ruocco, G., Scopigno, T., Seitsonen, A.P. Charge-density correlations in pressurized liquid lithium calculated using ab initio molecular dynamics. *Physical Review B* 90(1), 014202 (2014); Shchur, Y., Bryk, T., Klevets, I., Kityk, A.V. Ab initio study of lattice dynamics of CsH₂PO₄ and CsD₂PO₄ crystals. *Computational Materials Science* 111, 301-309 (2016).



Климко Тетяна Романівна

Народилася 19.11.1978 р. у м. Городку Львівської обл. Закінчила з відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (2000). Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2000–2003). Протягом 2003–2009 рр. працювала в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів на посаді пров. інж. Протягом 2004–2009 рр. стажувалася в Ін-ті Церніке сучасних матеріалів Ун-ту Гронінгера (Голландія), де отримала науковий ступінь доктора філософії. Від 2009 р. працює в Ін-ті сучасних матеріалів (Дельфт, Голландія).

Наукові праці пов'язані зі статистико-механічним аналізом термодинамічних підходів у теорії самоасоційованих систем, зокрема формуванням міцел. Дослідження в Голландії стосуються теоретичного опису та комп'ютерного аналізу виникнення самоасоційованих ламелярних станів у тернарних багатоблокових кополімерних розплавах. У рамках методу *ab initio* проведено комп'ютерне моделювання розчинності сполук типу NbC в низьколегованій сталі. Є авторкою біля 10 наукових публікацій.

Пр.: M.F. Holovko, T. Klymko, Statistical-mechanical analysis of thermodynamic approaches in theory of self-assembling system. Preprint – ICMP-02-30E, Lviv, 2002; A.V. Subbotin, T. Klymko, G. ten Brienke. Distribution of homopolymer in lamellar self-assembled diblock copolymer/homopolymer blends involving specific interactions. – *Macromolecules*, 2007, vol. 40, p. 2915; T.Klymko, V. Markov, A. Subbotin, G. ten Brienke. Lamellar in-lamellar self-assembled C-b-(B-b-A)_m-b-B-b-C multiblock copolymers: Alexander–de Gennes approach and dissipative particle dynamic simulations. – *Soft Matter*, 2009, vol.5, pp.98-103; T.Klymko, M. Sluiter. Computing solubility products using *ab initio* methods. – *J. Materials science*, 2012, vol.47, pp.7601-7614.



Ключковський Юрій Богданович

Народився 18.07.1949 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1978), доцент (1993). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (фізика, 1972), Ін-т держ. упр. та самоврядування при КМ України (держ. упр., 1995) та Чернів. націон. ун-т (правознавство, 2011). Протягом 1977–1990 рр. працював в Ін-ті прикладн. проблем механіки і математики АН УРСР, у період 1991–1993 рр. — в Ін-ті фізики конденс. систем України

у відділі теорії релятивістичних систем на посаді ст. наук. співр. У 1993 р. —

доцент каф. теорет. фізики Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка. Від 1994 р. — керівна робота у Львівській облдержадміністрації, законотворча діяльність у Львівській облраді та Верховній Раді України (народний депутат України III–VI скликань) та викладацька робота в Націон. ун-ті «Києво-Могилянська академія» (2005).

Наукові інтереси в сфері 3-вимірного лагранжевого опису релятивістичних систем взаємодіючих частинок, його зв'язку з формалізмом інтегралів дії типу Фоккера та гамільтоновим описом, і суміжними проблемами, такими як побудова коваріантних координат та додавання взаємодій у рамках релятивістичної гамільтонової механіки. Є автором біля 70 наукових праць, виховав 1 кандидата наук.

Нагороджений орденами «За заслуги» III (2005) та II (2009) ступенів.

Пр.: Ключковський Ю.Б., Гайда Р.П. Лагранжеве формулювання релятивістської проблеми N тіл у класичній теорії миттєвої далекодії. Укр. фіз. журн. 22, 617-625 (1977). Ключковський Ю.Б. Приближенная лоренц-инвариантность и ППН-формализм теории гравитации. Мат. методы и физ.-мех. поля 16, 107-110 (1982). Gaida R.P., Kluchkovsky Y.B., Tretyak V.I. Three-dimensional Lagrangian approach to the classical relativistic dynamics of directly interacting particles. In: Constraint's Theory and Relativistic Dynamics. Singapore, World Scientific Publ., 1987. P. 210-241. Ключковський Ю.Б., Третяк В.И. Касательные преобразования Ли-Беклунда и структура квазиинвариантных лагранжианов. В: Методы исследования дифференциальных и интегральных операторов. Киев. Наукова думка, 1989. С. 91-97. Гайда Р.П., Ключковський Ю.Б., Третяк В.И. Релятивистская теория прямых взаимодействий и гравитационная задача двух тел во втором постньютоновском приближении. Изв. вузов. Физика 1, 48-52 (1990).



Кобрин Олександр Євгенійович

Народився 06.08.1970 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1998). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1992). Протягом 1992–2009 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів, а згодом — у відділі теорії нерівноважних процесів (від 1999 р. — наук. співр.). У 2000–2003 рр. працював в Ін-ті фізики Ун-ту Цукуби (Японія), в 2003–2007 рр. — в Ін-ті молекулярних досліджень (Оказакі, Японія). Від 2007 р. працює в Ін-ті нанотехнологій (Едмонтон, Канада).

Наукові дослідження стосуються фізики рівноважних та часовозалежних нерівноважних процесів у м'якій речовині й охоплюють густі гази та плазму, прості, іонні, молекулярні, макро- та біомолекулярні рідини та розчини, електrolіти та поліелектrolіти, гелі та полімерні розплави. При цьому викори-

стовуються методи статистичної і теоретичної фізики, теоретичної і обчислювальної хімії, а також різноманітні техніки комп'ютерного моделювання на мікроскопічному та мезоскопічному рівнях опису та для суцільного середовища. Дослідження останніх років включають нелінійні процеси в фотонних наносенсорах та електронні процеси в органічних та гібридних фотовольтаїках. Автор трьох патентів (виданих в США, Канаді, Німеччині, Японії, Мексиці, Росії, Бразилії), одного авторського права на інтелектуальну власність, 45 наукових праць, 69 технічних висновків. Постійний член Американського фізичного товариства.

Пр.: Kobryn A.E., Morozov V.G., Omelyan I.P., Tokarchuk M.V. Enskog-Landau kinetic equation. Calculation of the transport coefficients for charged hard spheres, *Physica A* 230, 189-201 (1996). Kobryn A.E., Hayashi T., Arimitsu T. Quantum stochastic differential equations for boson and fermion systems – method of non-equilibrium thermo field dynamics. *Ann. Phys.* 308, 395-446 (2003). Kobryn A.E., Hirata F. Statistical-mechanical theory of ultrasonic absorption in molecular liquids. *J. Chem. Phys.* 126, 044505:1-13 (2007). Kobryn A.E., Kovalenko A. Molecular theory of hydrodynamic boundary conditions in nanofluidics. *J. Chem. Phys.* 129, 134701:1-16 (2008). Kobryn A.E., Gusarov S., Shankar K. The effect of molecular structure and environment on the miscibility and diffusivity in polythiophene-methanofullerene bulk heterojunctions. *Polymers* 8, 00136:1-16 (2016).



Коваленко Андрій Федорович

Народився 09.06.1963 р. у м. Львові. Канд. фіз.-мат. наук (1993). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1985). Від 1985 р. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР. Протягом 1990–2003 — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів (від 1997 р. — ст. наук. співр.). Проходив наукові стажування в: Ін-ті хімії Націон. автономного ун-ту Мексики (1995–1996) та Ін-ті молекулярних наук системи націон. дослідницьких ін-тів Оказакі, Японія (1997–2003). Від

2003 р. працює в Націон. ін-ті нанотехнологій Національної дослідницької Ради Канади (кер. групи теорії та моделювання) та в Ун-ті штату Альберта, Канада (проф. каф. механічної інженерії).

Наукові дослідження пов'язані з розвитком теоретичних та комп'ютерних методів моделювання хімічних та біомолекулярних наносистем і наноматеріалів. Розвинута теорія використана для реалістичного опису фізичних та хімічних властивостей і процесів у таких наносистемах, як складні молекулярні рідини і розчини, електронна та сольватаційна структура молекул та поверхні розділу тверде тіло – рідина, електрохімія розчинів, адсорбованих у нанопо-

ристих матеріалах, самоорганізовані супрамолекулярні та біологічні системи. Є автором понад 130 статей та 5 розділів у колективних монографіях. Співатор AMBER 2016, AMBER 2017, AMBER 2018.

Пр.: A. Kovalenko, Extended States of a Shallow Donor Located Near a Semiconductor-Insulator Interface, *Internat. J. Quant. Chem.*, 66, 435-456 (1998); A. Kovalenko and F. Hirata, Self-consistent description of a metal-water interface by the Kohn-Sham density functional theory and the three-dimensional reference interaction site model, *J. Chem. Phys.*, 110, 10095-10112 (1999); A. Kovalenko, Three-dimensional RISM theory for molecular liquids and solid-liquid interfaces, in: *Molecular Theory of Solvation*, F. Hirata (Ed.) Series: Understanding Chemical Reactivity, P. G. Mezey (Ed.), vol.24, (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003, 360 p.), pp.169-275; Kovalenko A, Gusarov S. Multiscale methods framework: self-consistent coupling of molecular theory of solvation with quantum chemistry, molecular simulations, and dissipative particle. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 20, 2947-2969, (2018). Roy, D., Hinge, V. K., Kovalenko, A. Predicting Blood-Brain Partitioning of Small Molecules Using a Novel Minimalistic Descriptor-Based Approach via the 3D-RISM-KH Molecular Solvation Theory. *ACS Omega*, 4(2), 3055-3060, (2019).



Козак Павло Романович

Народився 19.07.1986 р. у м. Львові. Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2008). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2008–2011). Від 2011 р. займається розробкою програмного забезпечення.

Наукові праці стосуються розвитку аналітичного методу опису фазових переходів та критичних явищ у моделі магнетика з n -компонентним параметром порядку. Є автором 7 наукових публікацій.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2010).

Пр.: Використання методу колективних змінних до опису критичної поведінки 3D спінової системи при наявності поля / М.П. Козловський, П.Р. Козак // Львів, 2008. – 37 с. – (Препр. / НАН України; Ін-т фізики конденс. систем; ICMP-08-07U). The higher odd cumulants influence on functional representation of Ising model partition function near the phase transition / М.П. Kozlovskii, P.R. Kozak // In book of Programme and Abstracts of the 4-th International Conference «Physics of liquid matter: modern problems». – Kyiv, Ukraine, May 23–26, 2008. – Kyiv, 2008. – P. 123. The equation of state of the n -vector model: collective variables method / P.R. Kozak, M.P. Kozlovskii, Z.E. Usatenko // *J. Phys. A: Math. Theor.* – 2010. – 43. – P. 495001. Investigation of the critical behavior of the n -component model in the external field / P.R. Kozak, M.P. Kozlovskii // In book of Programme and Abstracts of the 5th International Conference «PHYSICS OF LIQUID MATTER: MODERN PROBLEMS», Kyiv, Ukraine, 21–24 May 2010. – Kyiv, 2010. – P. 141.



Козицький Юрій Васильович

Народився 21.04.1949 р. у м. Кременчуці Полтавської обл. Доктор фіз.-мат. наук (1992), професор (1994). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1972). Навчався в аспірантурі Ін-ту теорет. фізики АН УРСР у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем (1977–1980). Протягом 1980–1984 рр. працював у Львівському відні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (від 1981 р. — мол. наук. співр.). Згодом працював у Львівському торгово-економічному ін-ті на посаді зав. кафедри вищої математики. Протягом 1997–2000 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (пров. наук. співр.). Нині працює в Ін-ті математики Ун-ту ім. Марії Кюрі-Скłodовської в Любліні (Польща) на посаді керівника каф. застосувань математики.

Наукові інтереси пов'язані з математичними методами статистичної фізики і теорією динамічних систем. Є автором 109 наукових робіт.

Пр.: Sergio Albeverio, Yuri Kondratiev, Yuri Kozitsky, and Michael Roeckner, *Quantum Anharmonic Crystal: A Path Integral Approach*, EMS Tracts in Mathematics, 8, *European Mathematical Society (EMS)*, Zürich, 2009, 379 pp.; Yu.V. Kozitsky, I.R. Yukhnovsky, Generalized Hierarchical Model of a Scalar Ferromagnet in the Collective Variable Method, *Theoret. and Math. Phys.*, 51, No 2, 268–277 (1982); Yuri Kozitsky, Lech Wołowski, Laguerre Entire Functions and Related Locally Convex Spaces, *Complex Variables. Theory and Applications*, 44, 225–244 (2001); Filippo Bracci, Yuri Kozitsky, David Shoikhet, Abel averages and holomorphically pseudo-contractive maps in Banach spaces. *Journal Math. Analysis Applications*, 423, 1580–1593 (2015); Yuri Kozitsky, Mykhailo Kozlovskii, A phase transition in a Widom-Rowlinson model with Curie-Weiss interaction, *J. Stat. Mech. Theory Exp.* No 7, 073202 (2018).



Козловський Михайло Павлович

Народився 30.08.1952 р. у с. Лобачівці Горохівського р-ну на Волині. Доктор фіз.-мат. наук (1990), професор (2005). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1974). Навчався в аспірантурі Ін-ту теорет. фізики АН УРСР у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем (1974–1977). Від 1977 р. працює у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем (СТеКС), від 1980 р. — у Львівському відні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (ст. наук. співр. і вч. секретар на громад. засадах). Від 1990 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (протягом 1990–1997 та 1999–2006 рр. — зав. лаб. теорії фазових переходів, в.о. зав. відділу СТеКС, протягом 2006–2017 рр. — зав. відділу

СТеКС, від 2018 р. — гол. наук. співр.). У період 1997–1999 рр. — виконавчий директор Західного наукового центру НАН України.

Спеціаліст у галузі теоретичної фізики, один із авторів нового методу опису фазових переходів та критичних явищ у статистичній фізиці. Дослідження ґрунтуються на використанні негаусових густин мір, які вперше означені І.Р. Юхновським при створенні теорії фазових переходів другого роду. Ним проведено дослідження впливу зовнішнього поля на властивості тривимірних спінових систем поблизу критичної точки. Розвинуто новий підхід до вивчення фазової поведінки неперервних систем взаємодіючих частинок. Знайдено точний розв'язок задачі про фазовий перехід першого роду в неперервній системі з потенціалом Кюрі-Вейса, який містить як притягальну, так і відштовхуючу частини. Знайдено точний розв'язок неперервної моделі Відома-Ровлінсона. Є автором понад 260 наукових робіт. Підготував 7 кандидатів, 3 його учні стали докторами наук.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2002). Нагороджений Почесними грамотами Президії НАН України (2002, 2019), Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України), відзнаками НАН України «За професійні здобутки» (2009) та «За підготовку наукової зміни» (2012).

Пр.: І.Р. Юхновський, М.П. Козловський, І.В. Пилюк. Мікроскопічна теорія фазових переходів у тривимірних системах. Львів, Євровіт, 2001, 592 с. М.П. Козловський. Вплив зовнішнього поля на критичну поведінку тривимірних систем. Львів, Галицький друкар, 2012, 332 с. I.R.Yukhnovskii, M.P. Kozlovskii, I.V. Pylyuk, Thermodynamics of three-dimensional Ising-like systems in the higher non-Gaussian approximation: Calculational method and dependence on microscopic parameters. Physical Review B 66 (13), 134410, (2002). M.P. Kozlovskii, Recurrence relations for the three-dimensional Ising-like model in the external field. Condensed Matter Physics 8 (3), 473-506, (2005). Kozitsky Y., and Kozlovskii M.. A Curie-Weiss theory of the continuum Widom-Rowlinson model. Physics Letters A, 2018, 382(11), 766-770.



Козловський Юрій Михайлович

Народився 22.05.1978 р. у м. Львові. Доктор педагог. наук (2013), кандидат фіз.-мат. наук (2004). Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2000). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2000–2003). Протягом 2003–2008 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 2007 р. — наук. співр.). Протягом 2008–2015 рр. працював у Львівському ін-ті банківської справи Ун-ту банківської справи Націон. банку України (протягом 2008–2010 рр. — нач. наук. відділу, в 2013–2015 рр. — зав. каф. мате-

матики і статистики). Від 2015 р. працює в Націон. ун-ті «Львівська політехніка» на посаді зав. каф. педагогіки та соціальн. управління.

Наукові дослідження стосуються теоретичних основ формування та аналізу зображень в області дробового фур'є-перетворення. Запропоновано нову оптичну схему корелятора сумісного дробового фур'є-перетворення. Іншим напрямком діяльності є розробка інтеграційних процесів у професійній освіті, впровадження інноваційних технологій у процес підготовки студентів закладів вищої освіти. Автор 180 наукових праць, консультант 1 докторської та 6 кандидатських дисертацій.

Заст. голови спецради в Націон. ун-ті «Львівська політехніка». Член редколегії журналу Ukr. J. of Professional Research.

Грант Президента України для підтримки наук. дослідж. молодих вчених (2007), грант НАН України для молодих вчених (2008), Стипендіат Президента України для молодих вчених (2008). Нагороджений грамотою Львівської обласної ради (2018).

Пр.: Kozlovskii Yu.M. Joint spatial-frequency distribution of Gaussian signals and prospects of its applications for description of optical systems. // Ukr. J. Phys. Opt., 2008, № 2, vol 9, p. 105-119; Kozlovskii Yu.M. Mutual space-frequency distribution: Analytic calculations of Gaussian signal // Optics Communications. – 2013. – Vol. 295. – P. 63–73; Козловський Ю. М. Моделювання наукової діяльності вищого навчального закладу: теоретико-методологічний аспект: [Монографія] / Ю. М. Козловський. – Львів: СПОЛОМ, 2012. – 484 с.; Козловський Ю. М. Інтеграційні процеси в професійній освіті: методологія, теорія, методики [Текст] : монографія / Юрій Михайлович Козловський. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 420 с.



Коломієць Віктор Олександрович

Народився 22.08.1942 р. у с. Бродецькому Вінницької обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1983). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1970). Від 1985 р. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (ст. наук. співр.), протягом 1990–1995 рр. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (ст. наук. співр.). Протягом 1995–2012 рр. працював у Націон. ун-ті «Львівська політехніка» на посаді доц. каф. вищої математики.

Наукові праці пов'язані з теорією фазового переходу другого роду в тривимірній моделі Ізінга, а також теорією фазових переходів у системі рідина-газ. Встановлені ним закономірності зміни коефіцієнтів блочних гамільтоніанів поблизу температури фазового переходу викори-

стано для наближеного розрахунку вільної енергії моделі Ізінга, критичних показників теплоємності та кореляційної довжини (спільно з І.Р. Юхновським та М.П. Козловським). Застосував метод колективних змінних із виділеною системою відліку до опису околу критичної точки простих реальних речовин типу інертних газів (спільно з І.Р. Юхновським та І.М. Ідзиком). Автор понад 30 наукових праць.

Пр.: Юхновский И.Р., Козловский М.П., Коломиец В.А. Численное интегрирование статистической суммы трехмерной модели Изинга методом коллективных переменных. УФЖ. 27, 925-930 (1982). Юхновский И.Р., Коломиец В.А. Исследование критических свойств трехмерной модели Изинга в методе коллективных переменных. Физика многочастичных систем. 4, 25-36 (1983). Ідзик І.М., Коломиец В.А., Юхновський І.Р. Критическая точка системы жидкость-газ в методе коллективных переменных. ТМФ. 73, 264-280 (1987). Yukhnovskii I.R., Idzyk I.M., Kolomiets V.O. Investigation of a Homogeneous Many-Particle System in the Vicinity of the Critical Point. J. Stat. Phys. 80, 405-443 (1995). Yukhnovskii I.R., Kolomiets V.O., Idzyk I.M. Liquid-gas phase transition at and below the critical point. Condens. Matter Phys. 16, 23604-1 – 23604-23 (2013).



Кондрат Святослав Васильович

Народився 04.08.1974 р. у м. Львові. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1996). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів (1996–1999). Протягом 2000–2004 рр. навчався і працював в Ін-ті фіз. хімії Польської АН (Варшава), де захистив дисерт. на звання доктора філософії. Працював в Ін-ті Макса Планка (Штутгарт, Німеччина), Імперському коледжі Лондона (Великобританія) та Дослідницькому центрі Юліха (Німеччина). Від 2017 р. працює в Ін-ті фіз. хімії Польської АН.

Перші наукові дослідження — зі сфери статистико-механічних методів для опису самоасоційованих ефектів у розчинах (спільно з М.Ф. Головком). Займався теорією рідких кристалів, критичними явищами, термодинамічними/критичними силами Казимира, іонними рідинами. Запропонував теорію суперіонного стану, яка пояснює аномальну ємність у надвугляхких порах (спільно з А. Корнишевим). Останні дослідження стосуються біологічної фізики, зокрема ензиматичних реакцій та дифузії макромолекул у живих клітинах. Є автором біля 40 наукових публікацій.

Пр.: M.F. Holovko and S. Kondrat. Connection of Landau-Ginzburg models with continuous microscopic approach for self-assembling systems. - J. Mol. Liq. , 2001, vol. 92, p.125; S. Kondrat and A. Kornyshev. Supercritical state in double-layer capacitors with nanoporous electrodes. - J. Phys.: Condens. Matter , 2011, vol. 23, 022201; S. Kondrat, P. Wu, R. Qiao, and A. Kornyshev. Accelerating charging dynamics in subnanometre

pores.- Nature Materials 2014, vol. 13, 387; S. Kondrat, O. Zimmermann, W. Wiechert, E. von Lieres. The effect of composition on diffusion of macromolecules in a crowded environment.- Phys. Biol, 2015, vol. 12, 046003; K. Breitsprecher, C. Holm, S. Kondra., Charge Me Slowly, I Am in a Hurry: Optimizing Charge-Discharge Cycles in Nanoporous Supercapacitors, ACS Nano, 2018, vol. 12, 109733.



Копич Іван Михайлович

Народився 01.01.1950 р. у с. Жулині Львівської обл. Помер 03.04.2014 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1982), професор (1997). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1973). Протягом 1978–1981 рр. працював в Ін-ті теорет. фізики АН УРСР (Київ), у період 1981–1984 рр. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР у відділі квантової статистики. Протягом 1984–2014 рр. працював у Львівському торгово-економ. ін-ті (згодом — Львівська комерційна академія) на посадах доцента, проректора з навч. роботи, зав. каф. економічного прогнозування і ризику, ректора (2007–2014).

Наукові праці стосуються теорії ймовірностей і математичної статистики, математичних методів в економіці, статистичного моделювання та прогнозування, економетричних проблем. Є автором близько 130 наукових робіт, в т.ч. 3 монографій, 5 підручників та навч. посібн. Викладав курси «Теорія ймовірностей і математична статистика», «Економетрія», «Стохастичні економічні моделі».

Член президії наук.-метод. комісії з економіки та торгівлі при МОН України (1994–2014).

Відмінник освіти України (2005), Заслужений працівник освіти України (2007), нагороджений Почесною трудовою відзн. Укоопспілки «Знак пошани» (2002), Знаком МОН України «Петро Могила» (2007).

Пр.: Копич І.М. Енциклопедія сучасної України. К. : НАН України, 352 с., 2003. Копич І.М., Глушик М.М., Сороківський В.М. Математичне програмування. Львів : Новий світ-2000, 276 с., 2009. Korych I.M., Yelejko V.I., Pencak O.C. Economic-mathematical modelling of credit risk with the use of the fuzzy set theory. In: 16 th Slovak-Polish-Ukrainian Scientific Seminar, Oct. 27-30, 2009, Kučšdorfská dolina, Slovakia, 18–22, 2009. Korych I.M., Sulym M.V., Pencak O.C. Investment projects modelling under conditions of fuzzy information. Lviv: Academy of Commerce, 75-79, 2011. Копич І.М., Анопій В.В., Біла О.Г. та ін. Система регулювання внутрішньої торгівлі України. К.: Академвидав, 424 с., 2012.

**Копча Марія Іванівна**

Народилася 19.01.1994 р. у м. Великих Мостах Львівської обл. Закінчила Націон. ун-т «Львівська політехніка» за спец. «Прикладна фізика» (2015). Навчається в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України від 2018 р.

Наукові інтереси в сфері комп'ютерного моделювання динаміки рідин.

**Корвацька Марія Ярославівна**

Народилася 30.11.1981 р. у с. Межиріччі Жидачівського р-ну Львівської обл. Закінчила фіз. ф-т Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка (2004) та правничий ф-т ін-ту післядипломної освіти Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка. Протягом 2004–2011 рр. працювала у ЛПЛХТ викладачем фізики, в період 2010–2017 рр. працювала в Центрі інформац. технологій компанії ПрАТ «ВФ Україна». Навчається в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії м'якої речовини (від 2017 р.).

Наукові інтереси пов'язані з дослідженням впливу пористих середовищ на кінетичні процеси в густих газах та рідинах.

**Кориневський Микола Антонович**

Народився 18.01.1948 р. у с. Мовчанові Волинської обл. Доктор фіз.-мат. наук (1997), професор (2011). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1970). Від 1972 р. працює у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем (СТеКС) Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, від 1980 р. — у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (протягом 1990–1996 рр. — заст. директора з наук. роботи, від 1996 р. — пров. наук. співр. відділу СТeКС).

Від 2003 р. працює також у Націон. ун-ті «Львівська політехніка» на посаді проф. каф. фізики.

Наукові дослідження стосуються статистичної фізики конденсованих систем, теорії фазових переходів у сегнетоелектричних та феромагнітних сполуках. Розвинув новий підхід у теорії фазових переходів у дипольних системах із конкурентними коротко- і далекосяжними взаємодіями, побудував повний функціонал вільної енергії системи у вигляді перенормованих кумулянтних рядів, дослідив поведінку універсальних та неуніверсальних характеристик ряду сегнетоелектричних сполук в околі точки фазового переходу II роду. Розвинув кореляційну теорію мікроскопічної структури фази дипольного скла у твердих розчинах, побудував фазові діаграми, встановив умови існування впорядкованих фаз у змішаних сегнето-антисегнето-електричних кристалах із водневими зв'язками. Запропонував оригінальний підхід до вивчення процесів наноутворення в рідких магнітних та сегнетоелектричних системах, дослідив умови виникнення нанокластерів доменного типу, їх фізико-статистичні характеристики. Автор 150 наукових праць, а також кількох підручників, посібників і методичних розробок з фізики для вищої школи.

Член редколегії журналу *Condens. Matter Phys*, член спеціалізованої вченої ради при Ін-ті фізики конденс. систем НАН України.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2008). Нагороджений Ювіл. медаллю «80 років Національної академії наук України» (1998), Почесною грамотою президії НАН України (2009), відзнакою НАН України «За професійні здобутки» (2018), подякою Львівського міського голови (2018), медаллю «За багаторічну службу» (Республіка Польща, 2019).

Пр.: Н.А. Кориневский. О вычислении свободной энергии системы двухчастичных кластеров. Теор. мат. физ. 55, №2, 291-304, 1983. I.R. Yukhnovskii, N.A. Korynevskii. The investigation of the ferroelectric phase transition in cluster systems of order-disorder type. III. Free energy. Phys. stat. sol. (b). 163, 355-367, 1991. N.A. Korynevskii. Order parameter for ferromagnetic phase transition in the two-particle magnetic cluster system. Condens. Matt. Phys. 5, 625-640, 2002. N.A. Korynevskii, V.B. Solovyan. Phase diagram and static dielectric susceptibility of hydrogen bonded ferro-antiferroelectric mixed compounds. Physica B 405, p.2232-2237, 2010. N.A. Korynevskii, V.B. Solovyan. Statistical theory of metal nanoparticles formation. Lattice gas model approximation. Physica B 436, p.111-116, 2014.



Костробій Петро Петрович

Народився 19.12.1949 р. в Богородчанах Івано-Франківської обл. Доктор фіз.-мат. наук (2009), професор (1999). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1971). Навчався в аспірантурі Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем (1971–1973). Протягом 1973–1979 рр. працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР (мол. наук. співр.). Від 1979 р. працює у Львівській політехніці на посадах доцента, професора каф. вищої математики, проректора (1992–1994) та першого проректора (1994–2005). Від 2005 р. — зав. каф. прикл. математики Націон. ун-ту «Львівська політехніка».

Наукові праці пов'язані з дослідженням фізики металів (спільно з І.Р. Юхновським), просторово обмежених металевих систем (спільно з Б.М. Марковичем). Спільно з М.В. Токарчуком займається проблемами квантово-статистичної теорії нерівноважних, термодинамічних, структурних характеристик та реакційно-дифузійних процесів у системі «метал-адсорбат-газ» на основі методів нерівноважного статистичного оператора Д. Зубарева та функціонального інтегрування. Дослідження останніх років спільно із Б.М. Марковичем та М.В. Токарчуком пов'язані з розвитком статистичного підходу побудови рівнянь переносу в дробових похідних у теорії конденсованих систем. Є автором понад 200 наукових праць, співавтором 5 монографій та низки навч. посібників.

Заслужений працівник освіти України (2004).

Пр.: Костробій П. П., Юхновский И. Р. Функции распределения вырожденного электронного газа в периодическом внешнем поле. Теор. мат. физ., 32, 208–222 (1977); Костробій П. П., Токарчук М. В., Маркович Б. М., Ігнатюк В. В., Гнатів Б. В. Реакційно-дифузійні процеси в сальніистемах «метал-газ». Львів: Вид. НУ «Львівська політехніка», 2009. –208 с.; Моделі квантово-статистичного опису каталітичних процесів на металевих підкладах: Монографія / За заг. ред. Костробія П. П. Львів: Вид. Растр-7, 2012. –260 с.; Григорчак І. І., Костробій П. П., Стасюк І. В., Токарчук М. В., Величко О. В., Іващишин Ф. О., Маркович Б. М. Фізичні процеси та їх мікроскопічні моделі в періодичних неорганічно/органічних клатратах: Монографія. –Львів: Вид. Растр-7, 2015. 286 с.; Ваврух М. В., Костробій П. П., Маркович Б. М. Базисний підхід в теорії багатоелектронних систем: Монографія. Львів: Растр-7, 2017. –510 с.; Kostrobij P. P., Markovych B. M. Semi-infinite jellium: Thermodynamic potential, chemical potential, and surface energy/ Phys. Rev. B. 92, 075441 (2015); Kostrobij P. P., Markovych B. M. The chemical potential and the work function of a metal film on a dielectric substrate // Philosophical Magazine Letters, 99, 12–20 (2019).



Коцур Сергій Семенович

Народився 18.03.1952 р. в с. Білокриниці Бережанського р-ну Тернопільської обл. Помер 19.09.2000 р. у м. Львові. Канд. фіз.-мат. наук (1984). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1974). Протягом 1974–1976 рр. служив офіцером у радянській армії. У період 1976–1980 рр. працював у Львівському держ. ун-ті ім. І.Я. Франка на каф. фіз. напівпровідників (інж. НДС). Навчався в аспірантурі спершу в Ін-ті прикл. пробл. механіки і математики АН УРСР, згодом (від 1983 р.) в Ін-ті теоретичної фізики АН УРСР (1980–1983). Протягом 1983–1992 рр. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР та Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 1988 р. — ст. наук. співр.). Від 1992 р. працював у Західному науковому центрі НАН України (до 1997 р. — виконавчим директором, потім — зав. відділу).

Наукові інтереси у сфері оптичних явищ, зумовлених проявом просторової дисперсії першого порядку, а також ефекту Фарадея в іонних діелектричних кристалах, в тому числі сегнетоелектриках із водневими зв'язками. Розроблена мікроскопічна теорія цих явищ. На основі методу двочасових функцій Гріна отримано загальні вирази для компонент тензорів гірації, електрогірації та ефекту Фарадея, придатні для опису частотної дисперсії цих ефектів у всій області прозорості кристалу. В рамках квантовопольового підходу проаналізовано роль внесків вищих мультипольних моментів у гіротропію кристалів.

Лауреат премії Львівського обкому комсомолу молодим вченим за кращі розробки в галузі науки і техніки (1985).

Пр.: Stasyuk I.V., Kotsur S.S. The microscopic theory of the Gyration and Electrogyration in Dielectric Crystals. *Phys.Stat.Sol.(b)*, 117, No 2, (1983); Stasyuk I.V., Kotsur S.S. The Ionic Gyration and Electrogyration in Dielectric Crystals. *Phys. Stat. Sol. (b)*, 129, No 2, (1985); Stasyuk I.V., Kotsur S.S. The microscopic approach to the description of the optical activity in dielectric crystals. *Phys. Stat. Sol. (b)*, 149, No 1, 347-354 (1988); Stasyuk I.V., Kotsur S.S. The Quantum Theory of the Optical Activity of Ionic Dielectric Crystals. *Phys. Stat. Sol. (b)*, 155, No 2, 697-707 (1989); Stasyuk I.V., Kotsur S.S., Tupychak V.P. On the theory of the Faraday effect in Dielectric Ionic Crystals and Crystals with Structural Phase Transition of Jahn-Teller Type. *Phys. Stat. Sol. (b)*, 160, No 2, 683-696 (1990).



Кравців Іван Ярославович

Народився 20.01.1984 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2013). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2004). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2009–2012). Від 2012 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів, а від 2016 р. — у відділі теорії м'якої речовини (від 2016 р. — наук. співр.). Навчається в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (від 2019).

Наукові дослідження стосуються впливу поверхні на структурні та термодинамічні властивості об'єктів м'якої речовини, зокрема систем із анізотропними, осцилюючими та конкуруючими взаємодіями. Для виконання цих задач розвинуто мікроскопічну теорію поля для плинів. Є автором 25 наукових праць.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2014–2016), академіка НАН України І.Р.Юхновського (2015), лауреат Премії Президента України для молодих вчених (2017), Премії Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим в галузі фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок (2016), премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2011).

Пр.: Di Caprio D., Kravtsov I., Patsahan T., Holovko M., Mol. Phys., 114, 2500–2515 (2016); Holovko M., Patsahan T., Kravtsov I., di Caprio D., Condens. Matter Phys., 19, 13608: 1–11 (2016); Kravtsov I., Patsahan T., Holovko M., Di Caprio D., J. Chem. Phys., 142, 194708 (2015); Kravtsov I., Holovko M., Di Caprio D., Mol. Phys., 111, 1023 (2013); Di Caprio D., Stafiej J., Holovko M., Kravtsov I., Mol. Phys., 109, 695 (2011).



Красницька Мар'яна Богданівна

Народилася 29.03.1989 р. у с. Козьові Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2016). Закінчила з відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2012). Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України та як учасник міжн. коледжу докторантів зі статист. фізики складних систем L^4 — у спільній міжн. аспірантурі «Україна (ІФКС, Львів) — Франція (Ун-т Лотарингії, Нансі)» (2012–2015). У 2016 р. в рамках спільного захисту отримала диплом канд. фіз.-мат. наук (Україна) та д-ра філософії (Франція). Від 2015 р. працює в Ін-ті

фізики конденс. систем НАН України в лаб. статист. фізики складних систем (від 2018 р. — наук. співр.).

Наукові дослідження пов'язані з критичною поведінкою спінових систем на графах (повному графі, конфігураційній моделі графа, нескорельованій відпаленій безмасштабній мережі), в т.ч. побудовою фазової діаграми, пошуку термодинамічних функцій, критичних показників та інших універсальних величин у випадку фазового переходу другого роду. Основними методами досліджень є наближення неоднорідного середнього поля та формалізм Лі-Янга-Фішера аналізу нулів статистичної суми у випадку комплексного поля та температури. Є авторкою 11 наукових праць, редакторкою книги «Ising Lectures in Lviv (1997–2017)» (2017).

Бере участь у Молодіжній філії Європ. фізичн т-ва (ICMP Young Minds Section), Українському фізичн. т-ві (від 2013 р.), Міжн. Співробітн. і коледжі докторантів зі статист. фізики складних систем L^4 (Ляйпциг–Лорран–Львів–Ковентрі) (від 2013). Секретар семінару лаб. статист. фізики складних систем (2012–2018) та секретар міждисциплін. семінару «Обрії науки» (від 2014).

Стипендіатка Львівської міської ради для студентів (2013), Львівської міської ради для молодих вчених (2013), посольства Франції в Україні для короткострокового стажування (2015), НАН України для молодих вчених (2017–2019), Польської АН і НАН України для короткострокового стажування (2018). Лауреатка премії Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим у галузі фундамент. і прикл. досліджень та наук.-техн. розробок (2018), премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2013). Членкиня Львівської системи дослідників II рівня (2019).

Пр.: M. Krasnytska, B. Berche, Yu. Holovatch. Phase transitions in the Potts model on complex networks. *Condens. Matter Phys.*, 16, 23602 (2013). M. Krasnytska. Scaling functions and amplitude ratios for the Potts model on an uncorrelated scale-free network. *Condens. Matter Phys.* 17, 23602 (2014). M. Krasnytska, B. Berche, Yu. Holovatch, R. Kenna. Violation of Lee-Yang circle theorem for Ising phase transitions on complex networks. *EPL*. 111, 60009 (2015). M. Krasnytska, B. Berche, Yu. Holovatch, R. Kenna. Partition function zeros for the Ising model on complete graph and on annealed scale-free networks. *J.Phys. A: Math. Theor.* 49 135001 (2016). Ю. Головач, М. Красницька, О. Мриглюд, А. Ровенчак. 20 років «Журналу фізичних досліджень». Спроба журналометричного аналізу. *Журн. фіз. дослідж.* 21, № 4, 4001 (19 с.) (2017).



Краснов Володимир Олександрович

Народився 04.11.1979 р. у м. Первомайську Миколаївської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2018). Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2001). Від 2001 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2017 р. — мол. наук. співр.).

Наукові дослідження стосуються аналітичних методів у теорії сильноскорельованих електронних систем. У рамках псевдоспін-електронної моделі досліджено вплив тунельного розщеплення на фазовий перехід у стан мотівського діелектрика. При

використанні псевдоспін-електронної моделі до опису інтеркаляції в кристалах отримано, зокрема, можливість фазових переходів, пов'язаних зі зміною концентрації інтеркальованих іонів та значною зміною електростатичної ємності системи. В рамках чорнобильської тематики за допомогою квантово-хімічних методів проведено дослідження адсорбції молекул водню та води, іонів стронцію та цезію як на поверхні, так і в структурних порожнинах силікатів та алюмосилікатів. Є автором та співавтором 36 наукових праць.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2012–2014), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2006).

Пр.: Stetsiv R.Ya., Krip I.M., Shymchuk T.V., Krasnov V.O. Adsorption of cesium and strontium ions on aluminosilicate nanostructures surface and in silicate pores. *Phys. Chem. Sol. State*, 7 (2), 225-229 (2006). Mysakovych T.S., Krasnov V.O., Stasyuk I.V. Lattice model of intercalation. *Ukr. J. Phys.*, 55 (2), 228-234 (2010). Stasyuk I.V., Krasnov V.O. Phase transitions in Bose-Fermi-Hubbard model in the heavy fermion limit: Hard-core boson approach. *Condens. Matter Phys.*, 18 (4), 43702 (2015). Krasnov V.O. Fermion spectrum of Bose-Fermi-Hubbard model in the phase with Bose-Einstein condensate. *Ukr. J. Phys.*, 60 (5), 443-451 (2015). Stasyuk I.V., Krasnov V.O. Repulsion-attraction asymmetry in the Bose-Fermi-Hubbard model. *Physica B: Physics of Condensed Matter*, 552, 96-103 (2019).



Крохмальський Тарас Євстахійович

Народився 06.02.1953 р. у с. Уріжі Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1987), старший наук. співр. (1999). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1977). Від 1981 р. працює у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах обчислювальної фізики, теорії металів і сплавів, статист. теорії конденс. систем, квантової статистики (від 1995 р. — старший наук. співр.).

Наукові інтереси у сфері ґраткових класичних та квантових спінових моделей. Є автором понад 100 наукових праць.

Нагороджений Почесними грамотами Президії НАН України (2009, 2019), Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2019).

Пр.: O. Derzhko, T. Verkholyak, T. Krokhamalskii, H. Büttner. Dynamic probes of quantum spin chains with the Dzyaloshinskii-Moriya interaction. *Physical Review B* 73 (21), 214407 (2006). O. Derzhko, T. Krokhamalskii. Numerical Approach for the Study of the Spin-1/2 XY Chains Dynamic Properties. *physica status solidi (b)* 208 (1), 221-248 (1998). J. Richter, O. Derzhko, T. Krokhamalskii. Finite-temperature order-disorder phase transition in a frustrated bilayer quantum Heisenberg antiferromagnet in strong fields. *Physical Review B* 74 (14), 144430 (2006). O. Derzhko, T. Krokhamalskii. Dynamic structure factor of spin-1/2 transverse Ising chain. *Physical Review B* 56 (18), 11659 (1997). Т. Є. Крохмальський. Вступ до квантових обчислень: Навчальний посібник.— Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2018.—204 с.



Крупницька Олеся Михайлівна

Народилася 10.04.1990 р. у с. Маркополі Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2017). Закінчила Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2013). Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2013–2016). Від 2016 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2019 р. — наук. співр.).

Наукові дослідження стосуються властивостей фрустрованих квантових антиферромагнетиків Гайзенберга в сильних магнітних полях та при низьких температурах. Розглянуто $s = 1/2$ антиферромагнітну модель Гай-

зенберга на кількох фрустрованих ґратках із майже плоскими маґнонними станами з найменшою енергією за наявності сильного маґнітного поля. Використовуючи операторну теорію збурень, побудовано ефективний опис вихідних фрустрованих моделей. Отримані ефективні моделі застосовані до пояснення експериментально спостережуваних величин. Є авторкою 27 наукових праць.

Стипендіатка НАН України для молодих вчених (2015–2017), лауреатка премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих вчених (2014), першої премії XVII Конкурсу молодих вчених у галузі статист. фізики та теорії конденс. речовини для молодих вчених (2017), грант Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених (2019). Членкиня Львівської системи дослідників II рівня (2019).

Пр.: Derzhko O., Richter J., Krupnitska O., and Krokhnalskii T., Frustrated quantum Heisenberg antiferromagnets at high magnetic fields: Beyond the flat-band scenario, *Phys. Rev. B* **88**, 094426 (2013). Derzhko O., Richter J., Krupnitska O., and Krokhnalskii T., The square-kagome quantum Heisenberg antiferromagnet at high magnetic fields: The localized-magnon paradigm and beyond, *Fizika Nizkikh Temperatur* (Kharkiv) **40**, 662 (2014) [*Low Temperature Physics* **40**, 513 (2014)]. Richter J., Krupnitska O., Krokhnalskii T., and Derzhko O., Frustrated diamond-chain quantum XXZ Heisenberg antiferromagnet in a magnetic field, *J. Magn. Magn. Mater.* **379**, 39 (2015). Derzhko O., Krupnitska O., Lisnyi B., and Strečka J., Effective low-energy description of almost Ising-Heisenberg diamond chain, *EPL*, **112** 37002-6 (2015). J. Richter, O. Krupnitska, V. Baliha, T. Krokhnalskii, and O. Derzhko, Thermodynamic properties of $\text{Ba}_2\text{CoSi}_2\text{O}_6\text{Cl}_2$ in strong magnetic field: Realization of flat-band physics in a highly frustrated quantum magnet, *Phys. Rev. B* **97**, 024405 (2018).



Кулинич Володимир Борисович

Народився 12.01.1956 р. в с. Ново-Кам'янці Львівської обл. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1978). Протягом 1980–1990 рр. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР у відділі статист. теорії конденс. систем (від 1984 — мол. наук. співр.), протягом 1990–1992 рр. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії металів і сплавів. У 1992 р. виїхав на постійне проживання до США.

Наукові дослідження пов'язані з розвитком методу колективних змінних для трикомпонентних сплавів, високотемпературних розкладів у теорії фазових переходів ладбезлад у сплавах.

Пр.: Гурский З.А., Кулинич В.Б. Обобщенная модель Изинга для трехкомпонентных сплавов. Препринт ИТФ АН УССР, ИТФ-81-114Р, Киев, 1981, 30 с. Юхновский И.Р., Гурский З.А., Кулинич В.Б. Трехкомпо-

нентние сплавы в методе коллективных переменных. В кн.: Шестая Республиканская конференция по статистической физике. Тез. докл. Львов, 24-26 мая 1982 г. Киев, 1982, с.90



Купоров В'ячеслав Михайлович

Народився 04.11.1978 р. у м. Луцьку. Закінчив Волинський держ. ун-т ім. Лесі Українки (2001). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденсованих систем НАН України (2003–2006). Протягом 2006–2016 рр. працював в Ін-ті фізики конденсованих систем НАН України у відділі квантово-статистичної теорії процесів каталізу на посаді пров. інж.

Наукові праці стосуються дослідження динамічних властивостей сумішей нейтральних і заряджених частинок та розвитку статистичної теорії для їх опису.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих вчених (2004).

Пр.: Mryglod I., Bryk T., Kuporov V. Collective dynamics in ionic liquids: A comparative study with non-Coulombic fluids. — In: NATO Science Series II, Eds. Henderson D., Holovko M., Trokhymchuk A. 206, 109–141 (2005); Mryglod I.M., Kuporov V.M. Concentration time correlation functions of binary liquids: ionic melts and mixtures of neutral particles. Ukr. J. Phys. 53, 908–916 (2008); Mryglod I.M., Kuporov V.M. Perturbation theory for collective modes in the dynamics of simple and complex liquids. Ukr. J. Phys. 55, 1172–1181 (2010). Kuporov V., Mryglod I. Some rigorous relations for partial conductivities in ionic liquids. Condens. Matter Phys. 13, 43603 (2011).



Куриляк Іван Йосипович

Народився 22.12.1949 р. у с. Підгайчиках Коломийського р-ну Івано-Франківської обл. Канд. фіз.-мат. наук (1979), доцент (1993). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я.Франка (1972). Протягом 1972–1980 рр. працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем, у період 1980–1990 рр. — у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР (ст. наук. співр.). Від 1990 р. працює у Львівській політехніці на каф. вищої математики на посаді доцента.

Наукові дослідження стосуються статистичної фізики просторово-неоднорідних іонно-молекулярних систем. Спільно з І.Р. Юхновським розроблено метод колективних змінних для просторово не-

однорідних систем, який дав можливість розраховувати екрановані потенціали та функції розподілу іонів та молекул для системи «електроліт-мембрана». Спільно з Р.І. Желемом та М.В. Токарчуком розроблено статистичний підхід до опису зворотньоосмотичних дифузійних процесів для системи «електроліт-мембрана».

Пр.: Юхновский И.Р., Курыляк И.И. Обобщение метода коллективных переменных на случай ограниченных систем заряженных частиц, Укр. физ. журн., 21, 1772-1781, (1976); Юхновский И.Р., Головкин М.Ф., Курыляк И.И. Экранированный потенциал ограниченных ионно-дипольных систем, Укр. физ. журн., 23, 927-937, (1978); Курыляк И.И., Юхновский И.Р. Метод коллективных переменных в равновесной статистической теории ограниченных систем заряженных частиц. I. Континуальная модель раствора электролита, занимающего полупространство, Теор. и математ. физика, 52, 114-126, (1982); Yukhnovskii J.R., Holovko M.F., Kuriljak J.J., Sovjak E.N. Statistical Theory of the Interface in the Electrolyte Solutions, In book: «Electrodynamics and quantum phenomena at interfaces», Tbilisi, 149-156, (1986); Куриляк И.И., Токарчук М.В. Статистична теорія процесу переносу крізь мембранні структури, Укр. фіз. журн., 36, 1179-1185, (1991); Р.І. Желем, Куриляк І.Й., І.П. Омелян, М.В. Токарчук Узагальнена гідродинаміка процесів переносу розчинів електролітів крізь мембранні структури, Укр. фіз. журн. 44, 1090-1098, (1999).



Левицький Роман Романович

Народився 06.01.1943 р. у с. Черчі Івано-Франківської обл. Доктор фіз.-мат. наук (1991), професор (1997). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1965). Навчався в аспірантурі Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1966–1969). Від 1969 р. працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, від 1980 р. — у Львівському від-ні статист. фізики цього ж ін-ту, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (протягом 1990–1995 рр. — зав. лаб. теорії модельних спінових систем, у період 1995–2003 рр. — зав. відділу теорії модельних спінових систем, від 2003 р. — пров. наук. співр.).

Наукові інтереси у сфері розробки мікроскопічних моделей регулярних та не-впорядкованих деформованих сегнетоактивних матеріалів типу лад-безлад, в тому числі з водневими зв'язками, дослідження їх термодинамічних, динамічних, п'єзоелектричних і пружних властивостей та польових і деформаційних ефектів у цих матеріалах. Є автором понад 600 наукових праць, виховав 1 доктора і 12 кандидатів наук.

Член редколегії журналу *Condens. Matter Phys.*, член спецради зі захисту докторських дисертацій при ІФКС НАН України.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2001). Нагороджений Почесною грамотою Президії НАН України (2009), Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018), відзнакою НАН України «За професійні здобутки» (2019).

Пр.: Zachek I.R., Shchur Ya., Levitskii R.R., Vdovych A.S. Thermodynamic properties of ferroelectric $\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}\cdot\text{H}_2\text{PO}_3$ crystal. *Physica B*, 520, 164-173 (2017); Zachek I.R., Levitskii R.R., Vdovych A.S. Influence of hydrostatic pressure on thermodynamic characteristics of $\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}\cdot\text{H}_2\text{PO}_3$ type ferroelectric materials. *Condens. Matter Phys.*, 4, 43707:1-14 (2017); Stasyuk I.V., Levitskii R.R., Moina A.P.. The KD_2PO_4 ferroelectrics in external fields conjugate to the order parameter: Shear stress. *Phys. Rev. B*, 62, 6198-6207 (2000); Levitskii R.R., Verkholyak T.M., Moina A.P.. Dielectric, piezoelectric and elastic properties of the Rochelle salt $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$: A theory. *Phys. Rev. B*, 67, 174112:1-12 (2003); Moina A.P., Levitskii R.R. Piezoelectric resonance and sound attenuation in Rochelle salt $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$. *Phys. Rev. B*, 71, 134108:1-8 (2005).



Лісний Богдан Михайлович

Народився 10.03.1975 р. у с. Кореличах Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2005). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1997). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1997–2000). Від 2000 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії модельних спінових систем, а згодом — у відділі квантової статистики (від 2015 р. — ст. наук. співр.). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2015–2018).

Наукові дослідження стосуються статистичної механіки низьковимірних спінових і спин-електронних моделей зі структурою декорованого типу, яка може поєднувати в собі різні спіни та зв'язки (Ізінґа і Гайзенберга, чи Ізінґа і Габбарда), а також розробки статистичної теорії для опису фазового переходу і термодинамічних властивостей сегнетоактивних кристалів сім'ї KH_2PO_4 з врахуванням протонного тунелювання і п'єзоелектричної взаємодії. Є автором 59 наукових праць.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2009–2011), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2003).

Пр.: Levitskii R.R., Lisnii B.M. Theory of related to shear strain u_6 physical properties of ferroelectrics and antiferroelectrics of the KH_2PO_4 family. *Phys. Stat. Sol. (b)*, 241, 1350–1368 (2004); Lisnii B.M., Levitskii R.R., Baran O.R. Influence of electric field E_3 and mechanical shear stress σ_6 on KH_2PO_4 crystal ferroelectric phase transition. *Phase Transitions*, 80, 25-30 (2007); Lisnii B.M. Distorted diamond Ising–Hubbard chain.

Low Temp. Phys. 37, 296-304 (2011); Lisnyi B., Strečka J. Exactly solved mixed spin-(1,1/2) Ising–Heisenberg diamond chain with a single-ion anisotropy. J. Magn. Magn. Mater. 377, 502-510 (2015); Lisnyi B., Strečka J. Exactly solved mixed spin-(1,1/2) Ising–Heisenberg distorted diamond chain. Physica A. 462, 104-116 (2016).



Максименко Микола Володимирович

Народився 16.12.1986 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2012). Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2008). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2008–2011). Протягом 2011–2017 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії модельних спінових систем (від 2016 — наук. співр.). Проходив наукові стажування в Ін-ті фізики складних систем Т-ва Макса Планка (Дрезден, Німеччина) та Ін-ті Вейцмана (Реховот, Ізраїль). Від 2017 р. працює в компанії SoftServe на посаді

директора з досліджень.

Наукові праці стосуються вивчення сильно скорельованих систем із бездисперсійними одночастинковими енергетичними зонами, багаточастинкової локалізації, систем Флоке, статистичної фізики та нейронних мереж, комп'ютерних наук. Є автором понад 20 наукових праць.

Пр.: Derzhko O., Richter J., Honecker A., Maksymenko M., Moessner R. Low-temperature properties of the Hubbard model on highly frustrated one-dimensional lattices. - Physical Review B, 2010, 81, 1, p.014421-1-014421-18. Maksymenko M., Honecker A., Moessner R., Richter J., Derzhko O. Flat-band ferromagnetism as a Pauli-correlated percolation problem. - Physical Review Letters, 2012, 109, 9, p.096404-1-096404-5. Derzhko O., Richter J., Maksymenko M. Strongly correlated flat-band systems: The route from Heisenberg spins to Hubbard electrons. - International Journal of Modern Physics B, 2015, 29, 12, p.1530007-1-1530007-72. Mark H Fischer, Mykola Maksymenko, Ehud Altman, Dynamics of a many-body-localized system coupled to a bath, Physical Review Letters, 116, 160401 (2016). Ion Cosma Fulga, Maksymenko Mykola, Scattering matrix invariants of Floquet topological insulators, Physical Review B, 93, 075405 (2016).



Марголич Ірина Федорівна

Народилася 02.05.1958 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1989). Закінчила з відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1980). Протягом 1980–1982 рр. працювала в цьому ж ун-ті інж. НДС. Протягом 1982–1990 рр. працювала у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, у період 1990–1993 рр. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (наук. співр.). Протягом 1993–2001 рр. працювала у Львівському держ. медичному ін-ті (згодом — ун-ті). Від 2001 р. працює у Націон. медичному ун-ті ім. О.О. Богомольця

ця на каф. мед. і біолог. фізики на посаді доцента.

Наукові дослідження стосувалися топологічно неупорядкованих багатоконпонентних магнітних систем із гайзенбертівською обмінною взаємодією. Розвинуто метод функціонального інтегрування для багатосортних структурно неупорядкованих спінових систем. Досліджено вплив зовнішнього магнітного поля і обмінних взаємодій між атомами на структурні функції рідкого магнетика. Викладацька робота пов'язана з окремими питаннями медичної та біологічної фізики.

Пр.: Вакарчук І.А., Марголич І.Ф. К теории многокомпонентных неупорядоченных магнетиков. ТМФ, 72, № 3, 462–476 (1987); Вакарчук І.А., Марголич І.Ф. Энергетический спектр магнонных возбуждений в топологически неупорядоченных многокомпонентных магнетиках. Физика многочастичных систем. Вып.13, 80–85 (1988); Vakarchuk I.A., Margolych I.F. Magnon spectrum of two-component amorphous ferromagnets. Physica status solidi (b). 149, No 1, 301–312 (1988); Чалий О.В. Ч. 3 : Електродинаміка / О.В.Чалий, Я.В.Цехмістер, І.Ф. Марголич, Н.В.Стучинська; В.о. Нац. мед. ун-т ім. О.О. Богомольця.–; 2009.– 60 с.; Medical and Biological Physics : textbook for the students of higher medical institutions of the IV accreditation level / Chalyi A.V., Tsekhmister Ya.V.,..., I.F.Margolych [et al.]. – 2nd ed. – Vinnytsia, Nova Knyha, 2013. – 480 pp.



Марків Богдан Богданович

Народився 05.01.1984 р. у м. Радехові Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2014). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2006). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2006–2009). Протягом 2009–2016 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії нерівноважних процесів (від 2015 — наук. співр.). Від 2016 р. працює в компанії GlobalLogic на посаді

інж. з якості програмного забезпечення.

Наукові інтереси у сфері нерівноважних процесів у густих газах і рідинах, релаксації рідини з сильно нерівноважних станів, вивчення впливу поляризаційних процесів на динамічні властивості іонних рідин, статистичної теорії запорошеної плазми, побудови нерівноважної статистичної механіки на основі узагальненої ентропії Рені та методу НСО Зубарева. Є автором близько 40 наукових публікацій. Технічний редактор журналу *Condens. Matter Phys.* (2011–2016).

Стипендіат НАН України для молодих учених (2014–2016) та академіка НАН України І.Р. Юхновського (2014), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2008).

Пр.: B. Markiv, I. Omelyan, M. Tokarchuk, Relaxation to the state of molecular hydrodynamics in the generalized hydrodynamics of liquids, *Phys. Rev. E*, 2010, **82**, 041202. B.B. Markiv, R.M. Tokarchuk, P.P. Kostrobij, M.V. Tokarchuk, Nonequilibrium statistical operator method in Renyi statistics, *Physica A*, 2011, **390**, 785–791. B. Markiv, A. Vasylenko, M. Tokarchuk, Statistical description of hydrodynamic processes in ionic melts while taking into account polarization effects, *J. Chem. Phys.*, 2012, **136**, 234502. B. Markiv, M. Tokarchuk, Consistent description of kinetics and hydrodynamics of dusty plasma, *Phys. Plasmas*, 2014, **21**, 023707. B. Markiv, I. Omelyan, M. Tokarchuk, Consistent description of kinetics and hydrodynamics of weakly nonequilibrium processes in simple liquids, *J. Stat. Phys.*, 2014, **155**, 843–866.



Матвеев Олег Петрович

Народився 28.09.1982 р. у с. Рясному-Руському Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2012). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2004). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2004–2007). Від 2007 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2017 р. — наук. співр.). Наукові стажування в ун-ті Джорджтауна (Вашингтон, США, 2013–2014 та від 2018). Навчається в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (від 2018).

Наукові дослідження стосуються сильноскорельованих електронних систем у рівноважному та нерівноважному випадках. Значна частина робіт присвячена вивченню зарядової динаміки таких систем під час процесів розсіяння та поглинання світла в фазі з модульованою густиною заряду. В останні роки розвиваються підходи для теоретичного опису експериментів із часовороздільної нагнітання-вимір спектроскопії, що дозволяють досліджувати нерівноважну динаміку збуджень, які присутні у системі. Є автором 12 наукових

праць. Керівник дослідницької групи молодих вчених (грант НАН України 2018–2019 рр.).

Голова Ради молодих вчених Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2010–2013).

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2012–2014), Програми імені Фулбрайта для молодих викладачів та дослідників (2013–2014), академіка НАН України І.Р. Юхновського (2018). Лауреат премії Львівської облдержадміністрації для молодих вчених (2005, 2014), першої премії XII Конкурсу молодих вчених зі статист. фізики та теорії конденс. речовини (2012).

Пр.: J. K. Freericks, O. P. Matveev, A. M. Shvaika, and T. P. Devereaux, Nonresonant pump/probe electronic Raman scattering within nonequilibrium dynamical mean-field theory, *Proc. SPIE* 10638, Ultrafast Bandgap Photonics III, 1063807 (2018). O. P. Matveev, A. M. Shvaika, T. P. Devereaux, and J. K. Freericks, Time-domain pumping a quantum-critical charge density wave ordered material, *Phys. Rev. B* **94**, 115167 (2016). O. P. Matveev, A. M. Shvaika, T. P. Devereaux, and J. K. Freericks, Nonquilibrium response of an electron mediated charge-density-wave-ordered material to a large dc electric field, *Phys. Rev. B* **93**, 045110 (2016). O. P. Matveev, A.M. Shvaika, and J.K. Freericks, Resonant Raman scattering effects in a nesting-driven charge-density-wave insulator: Exact analysis of the spinless Falicov-Kimball model with dynamical mean-field theory, *Phys. Rev. B* **82**, 155115 (2010). O. P. Matveev, A.M. Shvaika, and J.K. Freericks, Optical and dc-transport properties of a strongly correlated charge-density-wave system: Exact solution in the ordered phase of the spinless Falicov-Kimball model with dynamical mean-field theory, *Phys. Rev. B* **77**, 035102 (2008).



Мельник Іванна Ігорівна

Народилася 09.04.1991 р. у с. Банюніні Львівської обл. Закінчила з відзнакою фіз. ф-т Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка (2014). Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2014–2017). Протягом 2017–2019 рр. працювала в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії м'якої речовини (пров. інж.).

Наукові дослідження стосуються використання концепції виключеного об'єму при розділенні парної міжчастинкової взаємодії на коротко- та далекосяжну складові у статистико-механічних дослідженнях рівноважних властивостей модельних систем із твердим кором.



Мельник Роман Степанович

Народився 14.06.1973 р. у м. Кам'янці-Бузькій Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2004), старший дослідник (2016). Закінчив фіз. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. Івана Франка (1995). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1995–1998). Від 1999 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 2006 р. — на посаді вченого секретаря). Проходив наукове стажування в Ін-ті фундамент. хімічних процесів АН Чеської республіки (Прага, 2007, 2008).

Наукові дослідження стосуються рівноважної та критичної поведінки простих та багатокомпонентних флюїдів, водних розчинів білків та електролітів. Методи досліджень — теорія збурень, методи інтегральних рівнянь, метод колективних змінних, комп'ютерний експеримент. Є автором 70 наукових праць.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2005–2007), нагороджений Почесними грамотами Президії НАН України (2008, 2019), Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018).

Пр.: Patsahan O.V., Kozlovskii M.P., Melnyk R.S. Ab initio study of the vapour-liquid critical point of a symmetrical binary fluid mixture. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 12, 1595 (2000); Melnyk R., Nezbeda I., Moucka F., Trokhymchuk A. A novel perturbation approach for the structure factor of the attractive hard-core Yukawa fluid. *Journal of Chemical Physics*, 127, № 9, 094510 (2007); Melnyk R., Nezbeda I., Henderson D., Trokhymchuk A. On the role of the reference system in perturbation theory: An augmented van der Waals theory of simple fluids. *Fluid Phase Equilibria*, 279, 1 (2009); Melnyk R. Theoretical study of phase behaviour of DLVO model for lysozyme and γ -crystalline aqueous electrolyte solutions, *Condensed Matter Physics*, 18, № 1. 13604 (2015); Baumketner A., Melnyk R., Holovko M.F., Costa D., Caccamo C., Cai W. Softness and non-spherical shape define the phase behavior and the structural properties of lysozyme in aqueous solutions *Journal of Chemical Physics*, 144, 2016, 015103 (2016).



Менчишин Олег Олегович

Народився 20.04.1982 р. у м. Бориславі Львівської обл. Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2007). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2007–2010). Протягом 2010–2015 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії модельних спінових систем (пров. інж.). Від 2015 р. працює у компанії GlobalLogic (інж. тестування програмн. забезпеч.).

Наукові інтереси у сфері електретного ефекту в шаруватих інтеркальованих кристалах, врахування неергодичних внесків у моделі сильно скорельованих жорстких бозонів, фероелектричного фазового переходу в фероїках на основі моделі спінових ланцюжків та термодинаміки і динаміки в моделях феромагнетиків на фрустрованих ґратках.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2009).

Пр.: I. Grygorchak, S. Voitovych, I. Stasyuk, O. Velychko, O. Menchyshyn, Electret effect in intercalated crystals of the $A^{III}B^VI$ group, *Condens. Matter Phys.* 10(1), 51-60 (2007). I. Stasyuk, O. Menchyshyn, Investigation of phase diagram of hard-core boson model with non-ergodic contributions, *J. Phys. Studies*, 13(4), 2009. O. Menchyshyn, V. Ohanyan, T. Verkholyak, T. Krokhmal'skii, and O. Derzhko, Magnetism-driven ferroelectricity in spin-1/2 XY chains, *Phys. Rev. B* 92, 184427, 2015. P. Müller, A. Lohmann, J. Richter, O. Menchyshyn, and O. Derzhko, Thermodynamics of the pyrochlore Heisenberg ferromagnet with arbitrary spin S , *Phys. Rev. B* 96, 174419, 2017.



Мисакович Тарас Степанович

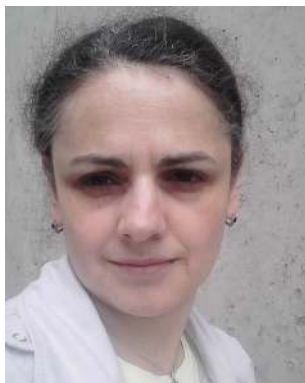
Народився 25.08.1974 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2005). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1997). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1997–2001). Протягом 2001–2012 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2011 — ст. наук. співр.).

Наукові дослідження стосуються розробки термодинамічно самоузгоджених аналітичних схем у теорії сильноскорельованих електронних систем. У рамках псевдоспін-електронної моделі проведено розрахунок внесків у переріз комбінаційного роз-

сіяння світла від електронних та псевдоспінових (ґраткових) збуджень, вперше показано можливість співіснування фазових переходів зарядового впорядкування та надпровідності. На основі методу операторів Габарда досліджено фазові переходи в системах надхолодних бозе- та сумішей бозе- та фермі-атомів в оптичних ґратках. За допомогою квантово-хімічних методів досліджено адсорбцію як простих (молекули водню та води), так і складних (іонів уранілу, стронцію та цезію) сполук на поверхні та в структурних порожнинах силікатів та алюмосилікатів. Є автором та співавтором біля 70 наукових праць.

Стипендіат НАН України для молодих вчених (2008–2010), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2002).

Пр.: Mysakovych T.S. Bose-Fermi-Hubbard model: Pseudospin operator approach. *Physica B*, 406, 1858-1861(2011). Mysakovych T.S. Investigation of Cu adsorption on Si(001) surface using cluster models. *J. Phys. Stud.*, 15 (4), 4601 (2011). Mysakovych T.S. Bose-Fermi-Hubbard model on a lattice with two nonequivalent sublattices. *Condens. Matter Phys.*, 14, 43301 (2011). Stasyuk I.V., Mysakovych T.S. Phase diagrams of the Bose-Hubbard model at finite temperature. *Condens. Matter Phys.*, 12 (4), 539-546 (2009). Mysakovych T.S., Krasnov V.O., Stasyuk I.V. Lattice model of intercalation. *Ukr. J. Phys.*, 55(2), 228-234 (2010).



Моїна Алла Пилипівна

Народилася 20.05.1971 р. у м. Бориславі Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1998). Закінчила з відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1993). Від 1993 р. працює в Ін-ті фізики конденсованих систем НАН України у відділі теорії модельних спінових систем, від 2016 р. — у відділі квантової статистики (від 2004 р. — ст. наук. співр.). Навчалася в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2012–2015).

Наукові праці з теорії сегнетоактивних систем типу лад-безлад, кристалів із водневими зв'язками, впливу зовнішніх чинників, таких як механічні тиски (напруження) чи електричні поля, на фазові переходи та фізичні характеристики таких систем. Є авторкою 128 наукових праць.

Стипендіатка Президента України для молодих вчених (2000–2001).

Пр.: Стасюк І.В., Левицький Р.Р., Моїна А.П., Сливка О.Г., Величко О.В. Польові та деформаційні ефекти у складних сегнетоактивних сполуках. Ужгород, Гражда, 2009, 390 с. Stasyuk I.V., Levitskii R.R., Moyna A.P. External pressure influence on ferroelectrics and antiferroelectrics of the KH_2PO_4 family: A unified model. *Phys. Rev. B*, 59, 8530-8540 (1999). Stasyuk I.V., Levitskii R.R., Zachek I.R., Moyna A.P. The KD_2PO_4 ferroelectrics in external fields conjugate to the order parameter: Shear stress σ_6 . *Phys. Rev. B*, 62, 6198-6207

(2000). Levitskii R.R., Zachek I.R., Verkholyak T.M., Moina A.P. Dielectric, piezoelectric and elastic properties of the Rochelle salt $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$: A theory. Phys. Rev. B. 67, 112174 (2003). Moina A.P., Levitskii R.R., Zachek I.R. Mitsui model with diagonal strains: A unified description of external pressure influence and thermal expansion of Rochelle salt $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ // Condens. Matter Phys. 14, 43602 (2011).

Мохняк Сильвестр Михайлович



Народився 14.01.1950 р. у с. Куликові Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1983), старший наук. співр. (1990), доцент (2004). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1972). Протягом 1972–1974 рр. служив офіцером у радянськ. армії. У період 1974–1990 рр. працював Львівському держ. ун-ті ім. І.Я. Франка на кафедрі фізики напівпровідників та проблемній лабораторії, навчався в аспірантурі на каф. теорет. фізики, працював у СКТБ «Магнон» (від 1984 р. — пров. наук. співр.). Протягом 1990–1997 рр. працював в Ін-ті

фізики конденс. систем НАН України на посаді заст. директора зі загальн. питань. Протягом 1997–2015 рр. працював у Націон. ун-ті «Львівська Політехніка» у НДЛ, на каф. техногенно-екологіч. безпеки (доц., зав. каф.), на каф. цивільної безпеки (доц.).

Наукові інтереси стосуються впливу деформації на електронний спектр та фізичні властивості напівпровідників типу $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$, мікроскопічної та макроскопічної теорії оптичних властивостей діелектричних кристалів групи A_2BX_4 у сегнетоелектричній, сегнетоеластичній і неспівмірній фазах, принципів науково-технічного забезпечення техногенно-екологічної безпеки та стійкості функціонування об'єктів і систем, математичного моделювання поширення забруднень у довкіллі з врахуванням впливу механотермодифузійних процесів. Є автором 82 наукових праць.

Пр.: И.В. Стасюк, С.М. Мохняк. Влияние одноосной деформации на законы дисперсии для кристаллов со структурой цинковой обманки // УФЖ, 26, С. 852-854 (1981); С.М. Мохняк, В. Г. Средин, И.В. Стасюк. О выполнении правила Вегарда в твердых растворах халькогенидов ртути. Физика и техника полупроводников. №2. С. 223-225. (1983); Stasyuk I.V., Shvaika A.M., Mokhnjak S.M. Rotational ability of centrosymmetric layered media // Ferroelectr. Lett. Sect. — 1989. — 10, — P. 113–116; Shvaika A.M., Stasyuk I.V., Mokhnjak S.M. On the microscopic theory of optical properties of crystals with incommensurate phases // Phys. Status Solidi B. — 1989. — 156, — P. 377–382; Основи цивільного захисту: навч. посіб. / В. О. Васійчук, С. М. Мохняк і ін.; В.О. Нац. ун-т «Львівська політехніка». — Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2010. — 384 с.



Мриглюд Ігор Миронович

Народився 26.05.1960 р. у смт. Козлові на Тернопільщині. Доктор фіз.-мат. наук (2000), акад. НАН України (2011). Закінчив із відзнакою фіз. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка. Протягом 1982–1990 рр. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР. Від 1990 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 2006 р. — директор ін-ту).

Наукові дослідження пов'язані з теорією фазових переходів і критичних явищ, динамікою і фазовою поведінкою рідин, методами статистичної фізики

і комп'ютерного моделювання, теорією каталітичних реакцій. Досліджував проблеми опису поведінки паливо-вмісних матеріалів в об'єкті «Укриття», цікавиться історією науки і задачами моделювання людської діяльності методами статистичної фізики.

Розвинуто метод узагальнених колективних мод у теорії рідин, що відкрив нові можливості для самоузгодженого розрахунку часових кореляційних функцій, спектрів колективних збуджень і узагальнених коефіцієнтів переносу. Разом із співавторами досліджено негідродинамічний механізм поширення тепла, природу оптичних мод фононного типу в сумішах, механізми формування спінових хвиль у магнітних рідинах і прояву «позитивної дисперсії» звукових збуджень в експериментах із розсіяння в густих плитах. Виведено низку точних співвідношень для узагальнених коефіцієнтів переносу в сумішах, зокрема точне співвідношення між узагальненими парціальними провідностями в іонних рідинах і коефіцієнтами взаємної дифузії розчинника. Запропоновано (зі співавторами) декілька високоефективних алгоритмів для комп'ютерного моделювання багаточастинкових систем методом молекулярної динаміки. Теоретично доведено факт появи нових поправок до скейлінгу при фазовому переході 2-го роду в системах із термодинамічними в'язями, запропоновано загальний формалізм опису таких переходів. Є автором близько 400 наукових праць.

Дійсний член і член президії НТШ (2011). Заст. гол. ред. ж-лу *Condens. Matter Phys.*, чл. редкол. ж-лів *Cent. Eur. J. Phys.* (зараз *Open Physics*) і *Фіз. збірн. НТШ*. Чл. Бюро (від 2003) та заст. академіка-секретаря (від 2015) ВФА НАН України; чл. Ради ДФФД України (2010–2018); чл. (від 2000) і заст. голови (від 2018) Наук. ради при ВФА НАН України з пробл. «Фіз. м'якої речовини», міжвідомчих координ. рад з проблем інформатизації і впровадження грид-технологій при НАН України. Заст. голови ЗНЦ НАН і МОН України (від 2006).

Лауреат премії НАН України ім. С.І. Пекаря (2003), нагороджений Почесною

грамотою Верховної Ради України (2004), відзнаками НАН України «За наукові досягнення» (2008), «За підготовку наукової зміни» (2010) та на честь 100-річчя НАН України (2018).

Пр.: Мрыглад И.М. Критические амплитуды n -компонентной модели структурного фазового перехода. Изв. Акад. наук. СРСР (физ.) 55 (1991) 1467-1469; Mryglod I.M., Omelyan I.P., Tokarchuk M.V. Generalized collective modes for the Lennard-Jones fluid. Mol. Phys. 84 (1995) 235-259; Mryglod I.M., Omelyan I.P., Folk R. Ferromagnetic phase transition in a Heisenberg fluid: Monte Carlo simulations and Fisher corrections to scaling. Phys. Rev. Lett. 86 (2001) 3156-3159; Omelyan I., Mryglod I., Folk R. Symplectic analytically integrable decomposition algorithms: classification, derivation, and application to molecular dynamics, quantum and celestial mechanics simulations. Comp. Phys. Comm. 151 (2003) 272-314; Мриглад І.М., Ігнатюк В.В., Головач Ю.В. Микола Боголюбів і Україна, Львів: Євросвіт, 2009, 192 с.; Bryk T., Gorelli F., Mryglod I., Ruocco G., Santoro M., Scopigno T. Behavior of supercritical fluids across the «Frenkel line». J. Phys. Chem. Lett. 8 (2017) 4995-5001.



Мриглад Олеся Ігорівна

Народилася 28.05.1982 р. у м. Львові. Кандидат техн. наук (2009). Закінчила Націон. ун-т «Львівська політехніка» (2004). Навчалася в аспірантурі в Націон. ун-ті «Львівська політехніка» на каф. автоматиз. систем управління (2005–2008) та працювала асист. каф. (за сумісн.). Від 2002 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в редакції журналу *Condens. Matter Phys.* (техн. ред.), згодом — у лаб. статист. фізики складних систем відділу статист. фізики конденс. систем (від 2016 р. — ст. наук. співр.).

Наукові інтереси у сфері застосування методів науки про складні системи до наукометричних та соціальних об'єктів. Більшість задач базуються на використанні методів інтелектуального аналізу даних про наукові публікації з метою аналізу еволюції наукової тематики, виявлення типових характеристик мереж співавторів чи споріднених публікацій, знаходження характеристик «старіння» цитувань та завантажень, опису часових характеристик процесу редакційного опрацювання у різних наукових виданнях, тощо. Є авторкою 34 публікацій у наукових періодичних виданнях та двох розділів у книгах.

Керівн. дипломн. робіт студ. НУ «Львівська політехніка», рецензентка магістерської дипломн. роботи студ. в Ун-ті Ковентрі, Великобританія. У 2017 р. отримала індивід. грант від Президії НАН України. Рецензентка журн.: *Condens. Matter Phys.*, *Entropy*, *Scientometrics*.

Стипендіатка НАН України для молодих вчених (2010–2012), академіка НАН

України І.Р. Юхновського (2016), лауреатка Премії Львівської облдержадміністрації та обласної ради для молодих вчених (2009).

Пр.: Mryglod O., Holovatch Yu., Mryglod I. Editorial process in scientific journals: analysis and modeling // *Scientometrics*. – 2012. – Vol. 91, Issue 1. – P. 101–112, DOI: 10.1007/s11192-011-0536-1. Mryglod O., Kenna R., Holovatch Yu., Berche B. Absolute and specific measures of research group excellence // *Scientometrics*. – 2013. – Vol. 95, Issue 1. – P. 115–127, DOI: 10.1007/s11192-012-0874-7. Мриглюд О., Кенна Р., Головач Ю., Берш Б. Про вимірювання наукової ефективності // *Вісник НАН України*. – 2013. – № 10. – С. 76–85. Mryglod O., Kenna R., Holovatch Yu. Is your EPL attractive? Classification of publications through download statistics // *EPL*. – 2014. – 108. – 50011 Mryglod O. Scientometric analysis of Condensed Matter Physics journal / Mryglod O. // *Condensed Matter Physics*. – 2018. – Vol. 21. – No. 2. – 22801.



Мудрий Руслан Степанович

Народився 18.03.1972 р. у м. Львові. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1994). Навчався в аспірантурі ІФКС НАН України (1995–1997). Протягом 1997–1998 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів (інж.). Від 1999 р. проживає в США, штат Нью Джерсі. В 2003 р. закінчив магістратуру мех.-інж. ф-ту Нью Джерсійського технол. ін-ту. Протягом 2003–2005 рр. працював у Міжн. компанії Unilever (інж.-дослідник). Від 2005 р. працює у військ. дослідн. лаб. армії США (дослідник).

Наукові дослідження стосуються впливу асоціативних ефектів на критичну поведінку газ-рідина в полярних плинах. Показано, що дипольна взаємодія веде до зменшення величини критичної густини і збільшення величини критичної температури. Вивчає характеристики горіння високо-енергетичних сплавів (Al-Mg, Al-Li, Ti –B). Досліджено реологію рідин і дисперсійних систем, а також транспортні властивості і в'язкість неньютонівських розчинів. Проводить комп'ютерне моделювання ударних хвиль і детонаційних процесів, розрахунки, які передбачають потужність вибуху, швидкість і напрям детонаційного фронту для різних типів вибухових процесів. Займається дослідженням наноенергетичних матеріалів та їх унікальних властивостей в аморфному стані.

Пр.: M.F. Holovko, R.S. Mudry. The associative effects in dipole systems: Influence on critical behaviour. – *Ukr. Phys. Journ*, 2000, vol.45, pp.112–117. R. Mudryy, P. Singh, A. Rosato, Air Entrainment and Segregation in Powder Flows, Segregation in Granular Flows, 2000, p.327–336, Kluwer, Dordrecht. P. Singh, T. Solanky, R. Mudryy, R.Pfeffer, and R. Dave, Estimation of Coating Time in the Magnetically Assisted Impaction Coating Process, *Powder Technology*, 2001, vol. 121, No. 2-3, p. 159–167. Y. Shoshin, R. Mudryy, and E. Dreizin, Preparation and Characterization of Energetic Al-Mg mechanical alloy powders, *Combustion and Flame*, 2002, vol.

128, pp.259-269. V. Stepanov, R. Patel, R. Mudryy and H. Qui, Investigation of Nitramine-Based Amorphous Energetics, Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 2016, vol. 41, Issue 1, pp.142-147.



Мулява Ярослав Мар'янович

Народився 16.08.1969 р. у м. Бориславі Львівської обл. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1992). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1992–1995) та протягом 1995–1996 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії багатеелектронних систем (інж.).

Наукові дослідження пов'язані з теорією багатеелектронних систем і фізикою металів.

Пр.: Ваврух М.В., Мулява Я.М. Базисний підхід у мікроскопічній теорії рідких металів. Статистична сума і структурний фактор. - Препринт ІФКС-93-2У. - Львів, 1993. - 20 с. Ваврух М.В., Мулява Я.М. Базисний підхід в мікроскопічній теорії рідких металів. Ієрархія моделей. - Препринт ІФКС-93-3У. - Львів, 1993. - 28 с. Ваврух М.В., Мулява Я.М. Побудова мікроскопічної електрон-іонної моделі металів з нелокальними взаємодіями. - Препринт ІСМР-96-09У. - Львів, 1996. - 16 с. Ваврух М.В., Мулява Я.М. Врахування локалізованих станів у мікроскопічній теорії металів. - 1997. - Журн. фізичних дослідж. - Т.1, № 4. - С. 612-617.



Навроцький Петро Павлович

Народився 03.02.1961 р. у м. Великих Мостах Сокальського р-ну Львівської обл. Закінчив математ. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1984). Навчався в аспірантурі Ін-ту прикл. пробл. механіки та матем. АН УРСР. Протягом 1987–1990 рр. працював в Ін-ті прикл. пробл. механіки та матем. АН УРСР. У період 1991–1995 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії релятивістичних систем (мол. наук. співр.). Подальша діяльність пов'язана з інформат. технол. у банківській сфері.

Наукові дослідження стосуються опрацювання основ релятивістичної механіки суцільного середовища в різних формах динаміки (спільно з Ю.Б. Ключковським). Отримано тривимірну релятивістичну характеристику напружень та деякі кінематичні характеристики суцільного середовища. Є автором 5 наукових праць.

Пр.: Ключковский Ю.Б., Навроцкий П.П. Кинематика сплошной среды в различных формах релятивистской динамики. Материалы VII всесоюзной конференции «Современные теоретические и экспериментальные проблемы теории относительности и гравитации» (Цахкадзор, 18-20 октября 1988 г.). Ереван, 1988. С. 80-82. Ключковский Ю.Б., Навроцкий П.П. О расщеплении тензора энергии-импульса сплошной среды в различных формах релятивистской динамики. Тезисы докладов 8 Российской гравитационной конференции «Теоретические и экспериментальные проблемы гравитации» (Пущино, 25-28 мая 1993 г.). Москва, 1993. С. 50. Kluchkovsky Yu., Navrotsky P. On the 3+1 description of the energy-momentum tensor of medium in an arbitrary form of relativistic dynamics. 14th International Conference on General Relativity and Gravitation (Florence, Italy, August 6-12, 1995). Abstracts of Contributed Papers. P. A156.



Назаренко Андрій Володимирович

Народився 13.11.1976 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2003). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (1998). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1998–2001). Протягом 2001–2003 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії металів і сплавів (пров. інж.). Від 2003 р. працює в Ін-ті теорет. фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України у відділі матем. методів у теорет. фізиці (від 2010 р. — ст. наук. співр.).

Наукові праці пов'язані з дослідженням систем із фундаментальними взаємодіями, зокрема, з сильною та гравітаційною, що описуються теорією поля та теорією прямих взаємодій. Основним підходом є релятивістична статистична фізика. Вказано на наявність від'ємної кольорової провідності в ядро-ядерних зіткненнях, описано властивості надплинної нейтронної матерії та спектри спостережуваних величин у топологічній (2+1)-мірній гравітації. Є автором 25 наукових праць.

Відповідальний секретар редколегії Українського фізичн. журналу.

Стипендіат НАН України для молодих вчених (2002–2003).

Пр.: Nazarenko A., Tretyak V. Classical relativistic systems of charged particles in the front form of dynamics and the Liouville equation. *Condens. Matter Phys.* 3, 5-22 (2000). Nazarenko A. Classical relativistic system of poinlike masses with linearized gravitational interaction. *Acta Phys. Slov.* 53, 1-16 (2003). Nazarenko A.V. Relativistic direct interaction between nucleons derived from classical field theory. *Int. J. Mod. Phys. E* 13, 631-645 (2004). Gyulassy M., Karpenko Iu., Nazarenko A.V., Sinyukov Yu.M. HBT and initial conditions for hydrodynamic expansion in A+A collisions, *Braz. J. Phys.* 37, 1031-1038 (2007). Nazarenko A. V. Directed random walk on the lattices of genus two, *Int. J. Mod. Phys. B* 26, 3415-3433 (2011).



Олійник Андрій Теодозійович

Народився 26.11.1965 р. у м. Львові. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1989). Протягом 1989–1990 рр. працював у Львівському від-ні статист. фізики І-ту теорет. фізики АН УРСР у відділі статист. теорії конденс. систем (інж.).

Наукові інтереси: теорія електронної рідини.



Омелян Ігор Петрович

Народився 20.12.1961 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (2010), старший наук. співр. (1999). Закінчив із відзнакою фіз. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1984). Від 1984 р. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, від 1990 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії нерівноважних процесів, згодом — у відділі теорії м'якої речовини (від 2011 р. — пров. наук. співр.). Протягом 2011–2013 рр. — візитуючий проф. Ун-ту Альберти (Канада).

Наукові дослідження стосуються нерівноважної статистичної теорії та комп'ютерного моделювання. Удосконалено концепцію узгодженого опису кінетики та гідродинаміки в густих газах і рідинах. Розвинуто підхід узагальнених колективних мод для простих і магнітних рідин. Отримано важливі результати для просторово неоднорідних систем газ-рідина. Є автором оригінальних алгоритмів для інтегрування рівнянь руху в класичних і квантових системах. Запропоновано новий підхід до обчислення сольватаційних взаємодій у молекулярній динаміці біохімічних рідин (білків). Опубліковано 169 наукових праць. Є співавтором AMBER 2016, AMBER 2017 та AMBER 2018.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (1996–1998), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2016). Нагороджений Подякою НАН України (2013), Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018).

Пр.: Zubarev D.N., Morozov V.G., Omelyan I.P., Tokarchuk M.V. Unification of the kinetic and hydrodynamic approaches in the theory of dense gases and liquids. Theor. Math. Phys. 96, 997-1012 (1993). Mryglod I.M.,

Omelyan I.P., Tokarchuk M.V. Generalized collective modes for the Lennard-Jones fluid. *Molec. Phys.* 84, 35-259 (1995). Omelyan I.P., Mryglod I.M., Folk R. Algorithm for molecular dynamics simulations of spin liquids. *Phys. Rev. Lett.* 86, 898-901 (2001). Omelyan I.P., Mryglod I.M., Folk R. Symplectic analytically integrable decomposition algorithms: classification, derivation, and application to molecular dynamics, quantum and celestial mechanics simulations. *Comp. Phys. Comm.* 151, 272-314 (2003). Omelyan I., Kovalenko A. MTS-MD of biomolecules steered with 3D-RISM-KH mean solvation forces accelerated with generalized solvation force extrapolation. *J. Chem. Theory Comput.* 11, 1875-1895 (2015).



Павленко Наталія Іванівна

Народилася 11.05.1968 р. у м. Чорткові Тернопільської обл. Померла 01.08.2014 р. у м. Аугсбурзі (Німеччина). Кандидат фіз.-мат. наук (1999). Закінчила Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1990). У період 1990–1991 рр. працювала в Ін-ті геології і геохімії горючих копалин НАН України (інж.). Протягом 1991–2014 рр. працювала в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лаб. інформац. технолог. і комп'ют. мереж, у відділах квантової статистики та квантово-статистичної теорії процесів каталізу (від 2007 р. — ст. наук. співр.). Проходила наукові стажування в: Техн. ун-ті Мюнхена (Німеччина, 2001–2003), Ін-ті фізики Аугсбурзького ун-ту (Німеччина, 2003–2006, 2011–2014), Ін-ті дослідження твердого тіла ім. Макса Планка (Німеччина, 2011–2014).

Наукові праці з проблем теоретичної фізики конденсованих систем, зокрема, фазових переходів лад-безлад у водневозв'язаних кристалах із сегнетоелектричними, сегнетоеластичними та суперіонними фазами, мікроскопічних механізмів протонної провідності у таких системах; електронних та структурних особливостей неоднорідних систем, що містять мультишари та гетероструктури оксидів перехідних металів, їх магнітних та надпровідних властивостей. При цьому поєднувала різноманітні теоретичні підходи, починаючи від методу функціоналу густини до теоретико-польового аналізу ефективних багаточастинкових мікроскопічних гамільтоніанів. Є авторкою 51 наукової праці.

Стипендіатка фонду Олександра фон Гумбольдта (Ганноверський ун-т, 2000–2001).

Пр.: Stasyuk I.V., Pavlenko N., Hilczer B. Proton ordering model of superionic phase transition in $(\text{NH}_4)_3\text{H}(\text{SeO}_4)_2$ crystal. *Phase Transitions.* 62, 135–156 (1997); Pavlenko N.I., Stasyuk I.V. The effect of proton interactions on the conductivity behavior in systems with superionic phases. *The Journal of Chemical Physics.* 114, 4607–4617 (2001); Breitschaft M., Tinkl V., Pavlenko N., Paetel S., Richter C., Kirtley J.R., Liao Y.C., Hammerl G., Eyert V., Kopp T., Mannhart J. Two-dimensional electron liquid state at $\text{LaAlO}_3\text{-SrTiO}_3$ in-

interfaces. Phys. Rev. B 81, 153414-4 (2010); Pavlenko N., Pietraszko A., Pawlowski A., Polomska M., Stasyuk I.V., Hilczer B. Hydrogen transport in superionic system $\text{Rb}_3\text{H}(\text{SeO}_4)_2$: A revised cooperative migration mechanism. Phys. Rev. B 84, 064303-10 (2011); Pavlenko N., Kopp T., Tsybal E.Y., Sawatzky G.A., Mannhart J. Magnetic and superconducting phases at the $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ interface: The role of interfacial Ti 3d electrons. Phys. Rev. B 85, 020407(R)-5 (2012).



Павлик Володимир Іванович

Народився 01.09.1974 р. у м. Мозирі Гомельської обл. (Білорусь). Закінчив Держ. ун-т «Львівська політехніка» (1996). Протягом 1996–1999 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на інж. посадах. У 1999 р. переведений у ДП Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» ІФКС НАН України.

Займався забезпеченням науково-телекомунікаційної діяльності засобами комп'ютерної мережі інтернет, адмініструванням www-сервера, дизайном гіпертекстових документів, системним забезпеченням та супроводом апаратної частини інтернет-вузла ІФКС НАН України, роботою з системою управління станцією супутникового зв'язку.



Пальчиков Василь Володимирович

Народився 22.05.1984 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2011). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2006). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2006–2009). Протягом 2009–2019 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лаб. фізики складних систем відділу статист. теорії конденс. систем (від 2013 р. — наук. співр.). Проходив наукові стажування в Ун-ті Аалто (Фінляндія, 2011–2013) та Лейденському ун-ті (Нідерланди, 2014–2017). Протягом 2017–2019 рр. навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України.

Наукові дослідження стосуються застосування концепцій та методів статистичної фізики для дослідження складних систем різної природи. До прикладів таких систем входять мережі громадського транспорту, тексти як результат людської діяльності та суспільні процеси, які можна досліджувати, вико-

ристовуючи записи мобільних операторів. Є автором 17 наукових публікацій та 2 розділів у книгах. Є рецензентом наукового журналу «Journal of The Royal Society Interface».

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2018–2020), академіка НАН України І.Р. Юхновського (2017), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та обласної для талановитих молодих вчених (2009, 2017).

Пр.: von Ferber C, Holovatch T., Holovatch Yu., Palchykov V. Public transport networks: empirical analysis and modeling. *Eur.Phys. J. B* 68, 261-275 (2009). Palchykov V., Kaski K., Kertész J., Barabási A.-L., Dunbar R.I.M. Sex differences in intimate relationships. *Sci. Rep.* 2, 370 (2012). Palchykov V., Mitrović M., Jo. H.H., Saramäki J., Pan R.K., Inferring human mobility using communication patterns. *Sci. Rep.* 4, 6174 (2014). Palchykov V., Gemmetto V., Boyarsky A., Garlaschelli D. Ground truth? Concept-based communities versus the external classification of physics manuscripts. *EPJ Data Science* 5, 28 (2016)



Панасюк Юрій Володимирович

Народився 20.12.1967 р. у м. Львові. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1990). Протягом 1990–1998 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах теорії багатоелектронних систем і обчислювальної фізики та лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на інженерних посадах. Проходив наукове стажування в Йоркському університеті (Торонто, Канада, 1992–1994).

Наукові інтереси пов'язані з вивченням розсіювання електронів на об'єктах складної електронної структури. Встановлював та налагоджував комп'ютерну мережу ІФКС НАН України, здійснював адміністрування сервера користувачів Omega брав участь у розробці домашніх сторінок ІФКС НАН України, Уарнету, міста Львова та адмініструванні www. Здійснював супровід і ментжування системи ієрархічного кешування в межах України, системи оперативної діагностики. Займався розробкою навчальних програм з адміністрування мережі.



Паславський Володимир Несторович

Народився 03.07.1971 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2001). Закінчив фіз. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. Івана Франка (1993). Протягом 1993–2001 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії багатоелектронних систем. У 2007 р. закінчив юридич. ф-т Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка. Практикуючий юрист у галузі цивільного права.

Наукові праці з теорії фермі-систем.

Пр.: Vavruk M., Paslavskii V. and Blazhievskii O. Reference system approach in the electron liquid theory // *Condens. Matter Phys.* - 1995. - V. 6. - P. 348-381. Vavruk M., Paslavskii V. and Blazhievskii O. Local-field correction function of the Fermi system with a short-range interaction // *Condens. Matter Phys.* - 1997. - V. 7. - P.127-136. Vavruk M., Paslavskii V. Electron liquid model characteristics at low temperature in weakly nonideality region // *Вісник Львів. ун-ту. Серія фізична.* - 1998. - Випуск 31. - С. 144-151. Vavruk M., Paslavskii V. Reference system approach in the electron liquid theory. VI. Generalized Fermi system model. Local-field correction function // *Phys. Stat. Sol. (b).* - 1998. - V. 208. - P. 91-104. Ваврук М.В., Паславський В.Н., Тишко Н.Л. Температурна залежність поправки на локальне поле // *Журнал фізичних досліджень.* - 2000. - Т.4, № 1. - С. 21-32.



Пацаган Микола Іванович

Народився 15.11.1955 р. у с. Олеші Тлумацького р-ну Івано-Франківської обл. Закінчив фізичний факультет Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1978). Упродовж 1978–1992 рр. працював у Львівському НДІ матеріалів (НВО «Карат»). Протягом 1992–2000 рр. працював на адміністративних посадах в ТзОВ НВО «Амотрон», ТзОВ «Еко-Нат», НВО «Карат». Від 2000 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України на посаді заст. директора з заг. питань.

Наукові дослідження стосуються синтезу та властивостей монокристалічних плівкових матеріалів складних оксидних систем із метою їх використання в електронних приладах типу: ЦМД-пам'ять, магнітооптичні модулятори, сцинтилятори іонізуючого випромінювання, плівкові лазери, тощо. Є автором 40 наукових праць, в т.ч. 25 авторських свідоцтв. За розробку та впровадження у виробництво серії нових матеріалів у 1989 році нагороджений срібною медаллю ВДНГ СРСР.

Нагороджений відзнакою НАН України «За професійні здобутки» (2013),

Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018) та відзнаками Інституту фізики конденсованих систем НАН України.

Пр.: Волженская Л.Г., Зоренко Ю.В., Пацаган Н.И., Пашковский М.В. Особенности люминесцентных свойств монокристаллических соединений $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, полученных из расплава раствора-расплава // Опт. и спектр. – 1987. – Т. 63, № 1. – С. 135–140. Способ выращивания эпитаксиальных плёнок для катодолуминофоров: А. с. 1422948 СССР.МКИ 4С30В19/02, 29/28 / Волженская Л.Г., Зоренко Ю.В., Пацаган Н.И., Горбенко В.И., Кучма И.Н. – № 4223062; Заявл. 3.02.1987; Опубл. 8.05.1988. – 4 с. Способ создания тонкослойного термолюминесцентного дозиметра: А. с. 1434973 СССР.МКИ G01Т1/11 / Волженская Л.Г., Зоренко Ю.В., Лысович А.Б., Пацаган Н.И., Новосад С.С. – № 4135049; Заявл. 23.07.1986; Опубл. 1.07.1988. – 4 с. Волженская Л.Г., Зоренко Ю.В., Пацаган Н.И., Пашковский М.В. Особенности люминесцентных свойств монокристаллических соединений $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, полученных из расплава раствора-расплава // Опт. и спектр. – 1987. – Т. 63, № 1. – С. 135–140. Zorenko Yu., Malutenkov P., Patsagan N., Nazar I., Gorbenko V., Batenchuk M., Pashkovsky M. The peculiarities of receiving of thin films single crystal oxide luminophores // Crystal Properties and Preparation. – 1991. – Vol. 36-38. – P. 226–233.



Пацаган Оксана Вадимівна

Народилася 15.02.1956 р. у м. Кременці Тернопільської обл. Доктор фіз.-мат. наук (2008). Старший наук. співр. (1995). Закінчила Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1978). Протягом 1978–1984 рр. працювала у Львівському держ. ун-ті ім. І.Я. Франка на каф. теорет. фізики. Навчалася в аспірантурі цього ж ун-ту (1984–1987). Від 1987 р. працює у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах статист. теорії конденс. систем, квантово-статист. теорії процесів каталізу та комп'ютерн. моделюв. багаточастинк. систем (від 2009 р. — пров. наук. співр.).

Наукові дослідження пов'язані з теорією фазових переходів і критичних явищ, теорією рідин. Розвинула статистичну теорію фазових переходів і критичної поведінки в багатокомпонентних сумішах із коротко- і далекосяжними взаємодіями. Запропонувала метод розрахунку фазових діаграм для моделей іонних та неіонних плинів, що дозволяє врахування флуктуаційних поправок вищого порядку. Разом із співавторами узагальнила формулювання методу колективних змінних на випадок просторово-неоднорідних багатокомпонентних систем у великому канонічному ансамблі. Дослідила механізми фазової і критичної поведінки в сумішах простих та іонних плинів, вперше пояснила експериментальні результати про суттєве зменшення температури кросовера при переході від сольвофобних до кулонівських систем. Є ав-

торкою 170 наукових праць. Від 1997 р. є відповідальним секретарем журналу «Condensed Matter Physics».

Лауреатка премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2009). Нагороджена Почесною грамотою Президії НАН України (2009), Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018), Подякою НАН України (2019) та відзнаками Інституту фізики конденсованих систем НАН України.

Пр.: Пацаган О.В., Юхновский И.Р. Функционал большой статистической суммы в методе коллективных переменных с выделенной системой отсчета. Многокомпонентная система. Теоретическая и математическая физика, **83**, No.1, 72-82 (1990). Patsahan O.V. On the microscopic theory of phase transitions in binary fluid mixtures. *Physica A*, **272**, 358-375 (1999). Patsahan O., Patsahan T. Gas-liquid critical parameters of asymmetric models of ionic fluids. *Physical Review E*, **81**, 031110 (2010). Patsahan O., Mryglod I. Phase behaviour and criticality in primitive models of ionic fluids. In: *Order, Disorder and Criticality. Advanced Problems and Phase Transition Theory* (Ed. Yu. Holovatch), World Scientific, Singapore, 2012, Vol. 3, Chapter 2, p. 47-92. Patsahan O. Ginzburg criterion for ionic fluids: The effect of Coulomb interactions. *Physical Review E*, **88**, 022102 (2013).



Пацаган Тарас Миколайович

Народився 20.04.1979 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2005), старший дослідник (2018). Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2001). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України за спец. «фізика колоїдних систем» (2002–2004). Від 2004 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах теорії розчинів та згодом — теорії м'якої речовини (від 2011 р. — старший наук. співр.). Проходив наукове стажування у Вищій нормальній школі Ліона (Франція, 2008–2009). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2014–2017).

Наукові інтереси у сфері теоретичного вивчення властивостей просторово обмежених систем м'якої речовини, в тому числі простих, анізотропних та іонних рідин, колоїдних та полімерних сумішей. Вивчаються структурні, термодинамічні та динамічні властивості, фазові переходи газ-рідина та розшарування, орієнтаційні та структурні фазові переходи. Значна увага приділяється комп'ютерному моделюванню об'єктів м'якої речовини. Є автором 95 наукових праць.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2007–2008), академіка НАН України І.Р. Юхновського (2011), лауреат премії Львівської облдержадмі-

ністрації та обирали для молодих учених (2010), премії Львівської міської ради талановитим ученим (2017), премії Президента України для молодих вчених (2017). Нагороджений Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018).

Пр.: Ilnytskyi J.M., Patsahan T., Holovko M., Krouskop P., Makowski P. Morphological Changes in Block Copolymer Melts Due to a Variation of Intramolecular Branching. *Dissipative Particles Dynamics Study, Macromolecules*. **41**, 2008, 9904-9913. Patsahan T., Holovko M., Dong W. Fluids in porous media: 3. Scaled particle theory, *J. Chem. Phys.*, **134**, 2011, 074503:1-11. Kalyuzhnyi Y.V., Holovko M., Patsahan T., Cummings P.T. Phase behavior and percolation properties of the patchy colloidal fluids in the random porous media, *J. Phys. Chem. Lett.*, **5**, 2014, 4260-4264. Holovko M., Patsahan T., Patsahan O., Application of the ionic association concept to the study of the phase behaviour of size-asymmetric ionic fluids in disordered porous media, *J. Mol. Liq.*, **235**, 2017, 53-59. Kuroki H., Gruzd A., Tokarev I., Patsahan T., Ilnytskyi J., Hinrichs K., Minko S., Biofouling-Resistant Porous Membranes with a Precisely Adjustable Pore Diameter via 3D Polymer Grafting, *ACS Appl. Mater. Inter.*, **11**, 2019, 18268-18275.



Пашук Остап Володимирович

Народився 07.02.1976 р. у м. Львові. Закінчив Держ. ун-т «Львівська політехніка» (1998). Протягом 1998–1999 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж інж. II кат. У 1999 переведений у ДП Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» ІФКС НАН України.

Займався забезпеченням науково-телекомунікаційної діяльності засобами комп'ютерної мережі Інтернет, розробкою www-серверів, www-техно-

логій та дизайном www-сторінок.



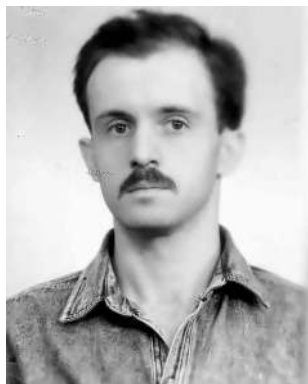
Петрашко Ростислав Миколайович

Народився 04.01.1947 р. у м. Луцьку. Помер 08.1986 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1973). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1969). Навчався в аспірантурі Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем (1969–1972). Протягом 1972–1978 рр. працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР (мол. наук. співр.). Протягом 1978–1984 рр. працював у Львівському

держ. політехн. і-ті на каф. обчисл. математики і програмування (протягом 1981-1984 рр. — на посаді доцента).

Наукові праці пов'язані з фізикою металів (спільно з І.Р. Юхновським). Розвинутий підхід забезпечив відтворення правильної поведінки бінарної функції розподілу нормальних фермі-систем на малих відстанях. Запропоновано квазівіріальне розвинення для вільної енергії електронів у металах. Є автором 14 наукових праць та двох патентів.

Пр.: Петрашко Р.Н., Юхновский И.Р. Бинарная функция распределения вырожденных ферми-систем. ТМФ. 17, 118–130 (1973). Петрашко Р.Н., Юхновский И.Р. Исследование бинарной функции распределения вырожденного электронного газа на малых расстояниях. ТМФ. 17, 250–262 (1973). Юхновский И.Р., Петрашко Р.М. Про квантовий віріальний розклад для електронного газу в металах. Укр. фіз. журн., 1974, 19, № 6, с. 1039-1040. Юхновский И.Р., Петрашко Р.М. Віріальний розклад для вільної енергії електронів у металах. Укр. фіз. журн., 1977, 22, № 11, с. 1779-1789. Коханий Я.В., Плиш В.И., Петрашко Р.Н. и Плиш Е.Г. Патенты Авторское свидетельство СССР, N 840862, кл. G 06 F 3/02, 1977, N 1112358, кл. G 06 F 3/02, 1983.



Петрович Олег Вікторович

Народився 06.10.1968 р. у м. Надвірній Івано-Франківської обл. Закінчив з відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1993). У період 1993–1996 рр. працював у НДЧ Львівського держ. ун-ту ім. І. Франка, ЛНВП «Нектон» та Львівському держ. мед. ун-ті на каф. медичної інформатики (асистент). Протягом 1996–1998 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на інженерних посадах.

Займався забезпеченням науково-телекомунікаційної діяльності засобами комп'ютерної мережі інтернет.



Пилук Ігор Васильович

Народився 18.02.1957 р. у с. Гуменцях Львівської обл. Доктор фіз.-мат. наук (2010), старший наук. співр. (2003). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1980). Протягом 1980–1988 рр. працював у Львівському держ. ун-ті ім. І.Я. Франка в обчислювальному центрі (ст. інж.). Від 1988 р. працює у Львівському відні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем (від 2011 р. — пров. наук. співр.).

Наукові дослідження стосуються статистичної фізики і термодинаміки, теорії фазових переходів та критичних явищ. Узагальнив мікроскопічний опис критичної поведінки тривимірних ізінгоподібних систем на випадок використання вищих негаусових розподілів флуктуацій параметра порядку. Розвинув методіку розрахунку термодинамічних характеристик системи в околі точки фазового переходу з врахуванням конфлуентних поправок, а також впливу зовнішнього поля. Завдяки розробленій аналітичній процедурі отримав ряд нових результатів стосовно зв'язку неуніверсальних величин із мікроскопічними параметрами системи. Розробляє метод опису поведінки флюїдів поблизу критичної точки. Є автором 111 наукових праць. Член Укр. фізичного т-ва, Наукового т-ва ім. Шевченка.

Нагороджений Почесною грамотою Президії НАН України (2017).

Пр.: Юхновський І.Р., Козловський М.П., Пилук І.В. Мікроскопічна теорія фазових переходів у тривимірних системах. Львів, Євровіт, 2001, 592 с. Yukhnovskii I.R., Kozlovskii M.P., Pylyuk I.V. Thermodynamics of three-dimensional Ising-like systems in the higher non-Gaussian approximation: Computational method and dependence on microscopic parameters. Phys. Rev. B. 66, 134410-1 – 134410-18 (2002). Pylyuk I.V. Three-dimensional Ising-like system in an external field. Microscopic approach to description of the critical behaviour using the asymmetric ρ^4 model. J. Magn. Magn. Mater. 305, 216-220 (2006). Kozlovskii M.P., Pylyuk I.V., Prytula O.O. Free energy and equation of state of Ising-like magnet near the critical point. Nucl. Phys. B. 753[FS], 242-251 (2006). Kozlovskii M.P., Pylyuk I.V., Dobush O.A. The equation of state of a cell fluid model in the supercritical region. Condens. Matter Phys. 21, 43502-1 – 43502-26 (2018).



Пізіо Орест Олександрович

Народився 30.01.1952 у м. Львові. Канд. фіз.-мат. наук (1980). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1973). Протягом 1973-1980 рр. працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, у період 1980–1990 рр. — у Львівському відділі статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (від 1984 р — ст. наук. співр.). Протягом 1990–1997 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів на посаді ст. наук. співр. Від 1993 р. працює в Ін-ті хімії Національно-

го університету Мексики (Мехіко) на посаді провідного дослідника.

Наукові інтереси у сфері розвитку статистично-механічних методів опису просторово-неоднорідних рідин, що включає методи інтегральних рівнянь, функціоналу густини та комп'ютерного моделювання. Ці дослідження покривають широкий спектр наукових проблем: опис просторово-однорідних і неоднорідних іонних систем, дослідження структури і фазових переходів у просторово-неоднорідних асоціативних рідинах, полідисперсні просторово-неоднорідні рідини, розвиток нових методів опису рідин у пористих середовищах. Є автором та співавтором понад 250 наукових праць, низки оглядів та розділів у колективних монографіях.

Пр.: A. Trokhymchuk, O. Pizio, M. Holovko, S. Sokolowski, Associative replica Ornstein-Zernike equations and the structure of chemically reacting fluids in porous media, *J. Chem. Phys.*, **106**, 200, 1997. A. Kovalenko, O. Pizio, The structure and adsorption of the four bonding sites model for associating fluids in disordered porous media from replica Ornstein-Zernike integral equation theory, *J. Chem. Phys.*, **108**, 8651, 1998. L. Pusztai, O. Pizio, S. Sokolowski, Comparison of interaction potentials of liquid water with respect to their consistency with neutron diffraction data of pure heavy water, *J. Chem. Phys.*, **129**, 184103, 2008. O. Pizio, S. Sokolowski, Advances in the Theoretical Description of Solid – Electrolyte Solution Interfaces, in: «Solid State Electrochemistry», pp.73-123, vol. 2, editor V. Kharton, 2011, Wiley VCH. A. Patrykiewicz, S. Sokolowski, O. Pizio, «Statistical Surface Thermodynamics», Wiley VCH, 2016, pp.883-1253, in: vol. 6 Solid-Gas Interfaces II, Surface and Interface Science (K. Wandelt, Editor).



Поліщук Зиновія Василівна

Народилася 03.09.1971 р. у м. Львові. Закінчила з відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1993). Протягом 1993–1996 рр. працювала в Дрогобицькому держ. педагог. ін-ті (стажист-дослідник). Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1996–1999).

Наукові інтереси у сфері теорії іонно-молекулярних систем, адсорбованих у неупорядкованих діелектричних та заряджених матрицях. Досліджено особливості екранування іонно-дипольної моделі в пористих середовищах.

Пр.: M.F. Holovko, Z. Polishchuk. The screening potentials of ion-dipole system adsorbed in ion-dipolar disordered matrices. – *Condens. Matter Phys*, 1999, vol.2(18), pp.267-272. М.Ф. Головко, З.В. Поліщук. До статичної теорії йонно-молекулярних систем, одсорбованих в діелектричних та заряджених матрицях. У кн.. «Фундаментальні проблеми сучасної фізики». Матеріали II Міжнародного Смакулового симпозіуму. Тернопіль, 2000, с. 22-24.



Понеділок Григорій Володимирович

Народився 22.07.1954 р. у м. Норильську Красноярського краю (Росія). Кандидат фіз.-мат. наук (1983), старший наук. співр. (1991). Закінчив фіз. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1976). У період 1976–1979 рр. працював у Фіз.-мех. ін-ті АН УРСР. Від 1979 р. працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, протягом 1980–1990 рр. — у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, у період 1990–1997 рр. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі кванто-

вої статистики (від 1988 р. — ст. наук. співр.). Протягом 1991–1996 рр. — зав. каф. фізики конденс. систем Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (за сумісн.). Від 1997 р. працює у Львівській політехніці на кафедрі вищої математики (доц.), в Ін-ті прикладної математики та фундаментальних наук (від 2001 р. — заст. директора), на каф. інж. матеріалознавства та прикл. фізики (протягом 2006–2007 рр. — зав. каф.), на каф. прикл. фізики і наноматеріалознавства (від 2010 — доц.).

Наукові дослідження стосуються теорії конденсованих і структурно неупорядкованих систем, а також методу функціонального інтегрування. Є авто-

ром 84 наукових праць, 5 навч. посібників, 2 патентів України.

Пр.: Вакарчук І.А., Понедилок Г.В., Рудавский Ю.К. Теория жидких магнетиков. ТМФ т. 58, N3 445-460 (1984); Vakarchuk, I. A., Rudavskii, Y. K., Ponedilok, G. V., Free Energy of the Amorphous Ferromagnets with Heisenberg Exchange Interaction and Liquid-Like Disorder. Phys. Stat. Sol. (b), vol. 128, 231-242 (1985); Ponedilok, G. V., Savenko, V. P., Magnetization and Critical Temperature of the Structurally Disordered s-d Model. Phys. Stat. Sol. (b), vol. 184, 433-444 (1994); Rudavskii Yu.K., Ponedilok G.V., Dorosh L.A. Electron Density of states and spectrum of disordered s-d model. CMP, vol. 4, No. 1(25), p. 141-148 (2001); Понеділок Г.В., Ровенчак А.А. До історії досліджень із теоретичної фізики у Львівській Політехніці. ЖФД, т. 21, № 1-2, 1003 (2017).



Портнягін Дмитро Валерійович

Народився 19.12.1977 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2009). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1999). Від 2002 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах теорії нерівноважних процесів та згодом — теорії м'якої речовини (від 2009 р. — мол. наук. співр.).

Наукові праці зі сфери комп'ютерного моделювання процесів переносу в гетерофазних середовищах, зокрема, процесів переносу на межі розділу електроліт-електрод, розвиненню турбулентності

в потоці в'язкого газу чи рідини як утворенню іншої фази. Є автором 16 наукових праць.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2009).

Пр.: D.V. Portnyagin. The maximum and comparison principles for a system of two equations. Siberian Math. J., 53:2 (2012), 291–300; D.V. Portnyagin. Schauder Estimates and Complete Regularity of the Solutions of an Elliptic System. Math. Notes, 85:1 (2009), 82–89; D.V. Portnyagin. Computational modeling of discharge of a lithium battery with a microporous carbon electrode. Russian Journal of Electrochemistry, 46:2 (2010), 144–154; D.V. Portnyagin. Modeling of cycling of lithium battery with microporous carbon electrode. Condensed Matter Physics, 11:4 (56) (2008), 669–680.



Пригула Орест Олегович

Народився 14.06.1979 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2007). Закінчив фіз. ф-т Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка (2001). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2001–2004). Протягом 2004–2010 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем, згодом — у відділі квант.-статист. теорії процесів каталізу (від 2006 р. — наук. співр.). Проходив наукове стажування в Ун-ті Йогана Кеплера (Лінц, Австрія, 2007–2008). Від 2010 р. працює в ІТ галузі (пров. інж. з автоматизації контролю якості програмного забезпечення на одній із провідних ІТ фірм Львова).

Наукові інтереси пов'язані з вивченням поведінки тривимірних спінових моделей у магнітному полі з допомогою методу колективних змінних, а також динамічної поведінки бінарних рідких систем із масовою асиметрією компонент із допомогою методів комп'ютерного моделювання. Є автором 9 наукових праць.

Голова ради молодих вчених Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2002–2010).

У 2006 р. став першим стипендіатом акад. НАН України І.Р. Юхновського. Стипендіат Президента України для молодих вчених (2009–2010), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2003). Нагороджений відзнакою НАН України «Талант, натхнення, праця» (2009).

Пр.: М. Р. Kozlovskii, I. V. Pylyuk, O. O. Prytula Microscopic description of the critical behavior of three-dimensional Ising-like systems in an external field. Phys. Rev. B 2006, 73, 174406; M.P. Kozlovskii, I.V. Pylyuk and O.O. Prytula Critical behaviour of a three-dimensional one-component magnet in strong and weak external fields at $T > T_c$. Physica A 2006, 369, p. 562-576; M.P. Kozlovskii, I.V. Pylyuk and O.O. Free energy and equation of state of Ising-like magnet near the critical point. Nucl. Phys.B 2006, 753, p. 242-251; Pylyuk I.V., Kozlovskii M.P., Prytula O.O. Analytic Method of Calculating Thermodynamic Functions for Ising-Like System in an External Field. Ferroelectrics 2005, v.317., p. 43-47; W. Fenz, I.M. Mryglod, O. Prytula, R. Folk, Concentration and mass dependence of transport coefficients in binary mixtures with high mass-asymmetry, Phys. Rev. E. 2009 vol. 80 p. 021202.



Прідун Ігор Генріхович

Народився 20.01.1962 р. у м. Львові. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1984). Протягом 1984–1988 рр. працював у Львівському відділі статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР у відділі квантової статистики, а згодом — у відділі статист. теорії конденс. систем (інж.).



Процикевич Ігор Андрійович

Народився 08.02.1962 у м. Дрогобичі Львівської обл. Канд. фіз.-мат. наук (1989), старший наук. співр. (1995). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1984). Навчався в аспірантурі Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (1984–1987). Від 1987 р. працював у Львівському відділі статист. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (від 1994 р. — старший. наук. співр., протягом 1995–1999 рр. — заст. директора з заг. питань). Від 1999 р. — також директор Держ.

підпр. Наук.- телекомунік. центр «Українська акад. та дослідницька мережа» ІФКС НАН України.

Наукові дослідження стосуються розвитку статистичної теорії рідин. Для опису властивостей рідин та розчинів запропоновано низку моделей в рамках мікроскопічної теорії, що базується на рівноправному врахуванні усіх взаємодій між частинками, з врахуванням різних розмірів частинок та різних потенціалів взаємодії між частинками. Для цих моделей знайдено аналітичні розв'язки рівнянь Орнштейна–Церніке у середньо-сферичному наближенні, які знайшли широке застосування при описі структурних та термодинамічних властивостей сольових та метало-сольових розплавів, іонно-молекулярних систем. Є автором понад 40 наукових публікацій.

Стипендіат НАН України для молодих вчених (1996–1997), нагороджений Почесною грамотою Верховної Ради України (2005), Почесною грамотою Президії НАН України (2012), ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018), відзнакою НАН України «За професійні здобутки» (2009).

Пр.: M.F.Golovko, I.A.Protsykevich. Analytic solution of the mean spherical approximation for ion-dipole model in a neutralizing background. - Journal of Statistical Physics, 1989, vol.54, Nos.3/4, pp.707-733; I.A.Protsykevich. Analytic solution of the mean spherical approximation for arbitrary mixture of hard ions and hard dipoles. - Journal of Molecular Liquids, 1996, vol.68, pp.13-21; Yu.V.Kalyuzhnyi, L.Blum, M.F.Holovko, I.A.Protsykevich. Primitive model for highly asymmetric electrolytes. Associative mean spherical approximation. - Physica A, 1997, vol.249, pp.760-775; I.A.Protsykevich. Multi-component mixture of dipolar hard spheres with surface adhesion. Condensed Matter Physics (Lviv, Ukraine), 2003, vol.6, No.4(36), pp.629-636; M. Holovko, I. Protsykevich. On the application of the associative mean spherical approximation to the ion-dipole model for electrolyte solutions. Journal of Molecular Liquids, 2018, vol.270, pp.46-51.



Романік Роман Васильович

Народився 01.07.1986 р. у с. Прилісному Маневицького р-ну Волинської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (2013). Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2009). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2009–2012). Протягом 2012–2015 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем (мол. наук. співр.). Від 2015 р. працює в ІТ галузі (пров. інж. із забезпечення якості програмного забезпечення в компанії DataClarity Corporation).

Наукові праці зі сфери аналітичних методів опису фазових переходів та критичних явищ у статистичній фізиці. Є співавтором 6 наукових статей.

Голова Ради молодих вчених Ін-ту фізики конденс. систем НАН України, голова Львівського осередку Young Minds Європ. фізичн. т-ва (2013–2014).

Стипендіат НАН України для молодих вчених (2012–2014) та акад. НАН України І.Р. Юхновського (2013), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2011).

Пр.: Kozlovskii M.P., Romanik R.V. Influence of an external field on the critical behavior of the 3D Ising-like model // J. Mol. Liq., 2012, vol. 167, p. 14-17. Kozlovskii M.P., Romanik R.V. Gibbs free energy and Helmholtz free energy from a three-dimensional Ising-like model // Condens. Matter Phys., 2011, vol. 14, p.43002.



Рудавський Юрій Кирилович

Народився 10.04.1947 р. у м. Львові. Помер 21.02.2007 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (1986), професор (1992). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1970). Навчався в аспірантурі Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка на каф. теорет. фізики (1970–1973). Від 1973 р. працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР, протягом 1980–1987 рр. — у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР у відділі квантової статистики (від 1986 р. — пров. наук. співр.). Протягом 1987–2007 рр. працював у Львівській політехніці (від 1988 р. на посаді зав. каф. вищої математики, від 1991 р. — ректор Нац. ун-ту «Львівська політехніка»).

Наукові дослідження стосувалися теорії фазових переходів і неупорядкованих магнітних систем. Розвинуто ефективний математичний метод функціонального інтегрування квантових і класичних спінових систем. Є автором 96 наукових праць.

Член Державної акредитаційної комісії України, атестаційної комісії МОН із надання учених звань, секції інформатики Комітету з державних премій України в галузі науки і техніки, заступник голови Західного наукового центру НАН України, заступник голови Ради ректорів західного регіону України, депутат Львівської обласної ради.

Лауреат премії НАН України ім. С.І. Пекаря, заслужений діяч науки і техніки України, нагороджений орденами «За заслуги» III, II та I ступенів, Почесною грамотою Верховної Ради України, Почесною грамотою Кабінету Міністрів України, ювілейною медаллю НАН України, Державною відзнакою «Кавалерський хрест Ордена Заслуг перед Республікою Польща», медаллю імені Йоганна-Йозефа Ріхтера фон Прехтеля Віденського технічного університету.

Пр.: Вакарчук І.А., Рудавський Ю.К. Метод функціонального інтегрування в теорії спинових систем. ТМФ, 49 No. 2, 234-247 (1981); Вакарчук І.А., Рудавський Ю.К., Головач Ю.В., Коломиец В.А. Исследование фазового перехода в трехмерной модели « ϕ^4 ». УФЖ, т. 27, N11, 1711-1717, (1982); Вакарчук І.А., Рудавський Ю.К., Понедилок Г.В. Теория жидких магнетиков. ТМФ, т.58, № 3, 445-460 (1984); Рудавський, Ю.К., Ватаманюк О.З., Савенко В.П. Фазові переходи в структурно неупорядкованій моделі Ізінга з біквадратичною обмінною взаємодією. Укр. фіз. журн., т. 41, N5, 554-555, (1996); Rudavskii Yu.K., Ponedilok G.V., Dorosh L.A. Electron density of states and spectrum of disordered s-d model. Condensed Matter Physics, vol. 4, No. 1(25), 141-148 (2001).



Сабан Олександр Ярославович

Народився 16.11.1953 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1982). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1975). Навчався в аспірантурі кафедри теорет. фізики цього ж ун-ту (1975–1978). У період 1978–1980 рр. працював у відділі статист. теорії конденс. систем Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (ІТФ). Від 1980 р. працював у Львівському від-ні статист. фізики ІТФ (від 1985 р. — ст. наук. співр.). Протягом 1990–1999 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН

України у відділі квантової статистики та лабораторії інформаційних технологій та комп'ютерних мереж (від 1995 р. — завідувач). У 1999 р. переведений у ДП НТЦ «Українська академічна і дослідницька мережа» ІФКС НАН України. Протягом 1995–2009 рр. працював у Львівському націон. медич. ун-ті ім. Данила Галицького на кафедрі медичної інформатики (протягом 1995–2005 рр. — завідувач, до 1999 р. — за сумісн., у період 2005–2009 рр. — доцент).

Наукові дослідження стосуються теорії деформаційних явищ у кристалах із структурними фазовими переходами, опису дипольних та квадрупольних впорядкувань і аналіз спектру збуджень в ян-теллерівських кристалах з рідкісноземельними іонами, розрахунки їх пружних та термодинамічних характеристик, вивчення впливу механічних напруг на структурні фазові переходи. Ініціатор створення академічної і дослідницької мережі УАРНет в ІФКС НАН України. Займався створенням і розвитком комп'ютерних мереж, зокрема, в Львівському націон. медич. ун-ті, розробив концепцію використання через мережу мультимедійних підручників і проведення відеоконференцій.

Пр.: Сабан О.Я., Стасюк І.В. Ангармонічна модель сегнетоелектричного фазового переходу. Вісник Львів. ун-ту. Сер. фіз. Електронні властивості твердих тіл. Вип. 13, 16–21 (1978); Стасюк І.В., Сабан А.Я. Деформационные аспекты структурных фазовых переходов в ян-теллеровских кристаллах. Физика многочастичных систем. – Киев, Вып. 4, 93–102 (1983); Стасюк І.В., Левицкий Р.Р., Сабан А.Я. Теория индуцированных внешними полями эффектов и релаксационных явлений в кристаллах со структурными и сегнетоэлектрическими фазовыми переходами. Проблемы современной статистической физики. – Киев, 274–285 (1985); Saban O.Ya. Towards the academic and research network in Ukraine. NATO Workshop Proc. Moscow, 1994; Сабан О.Я., та інші. Про впровадження ліцензійних україномовних операційних систем та прикладного програмного забезпечення в навчальний процес. Мед Освіта 2002.



Савенко Василь Петрович

Народився 23.06.1967 р. у с. Старому Переїзді Овруцького р-ну Житомирської обл. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1991). Протягом 1991–1999 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики та лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на інженерних посадах. У 1999 переведений в ДП Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» ІФКС НАН України. Активно займався підприємницькою діяльністю

в рамках групи компаній «Комфорт».

Наукові інтереси: спин-електронні моделі аморфних магнетиків. Займався забезпеченням науково-телекомунікаційної діяльності засобами комп'ютерної мережі інтернет.



Сарапін Віктор Ярославович

Народився 11.10.1977 р. у м. Івано-Франківську. Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (1999). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1999–2000). Згодом працював у ряді ІТ фірм як проектний менеджер. Від 2008 р. є співзасновником і директором фірми V.I.Tech, яка спеціалізується на Data Science.

Наукові інтереси стосуються самоорганізаційних процесів, що виникають при гетерогенному каталізі та споріднених явищах.



Сарканич Петро Васильович

Народився 18.04.1991 р. у м. Львові. Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2014). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2014–2017). Від 2017 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лаб. фізики складних систем (від 2018 р. — мол. наук. співр.). Протягом 2015–2019 рр. навчався також в аспірантурі Ун-ту Ковентрі (Велика Британія) як учасник міжн. коледжу докторантів зі статист. фізики складних систем L^4 .

Наукові праці пов'язані з теорією фазових переходів у спінових системах і застосуванням моделей і методів статистичної фізики у вивченні складних систем. Є автором 22 наукових публікацій.

Стипендіат Президента України для молодих вчених (2016–2018), академіка НАН України І.Р. Юхновського (2019), лауреат премії Верховної Ради найталановитішим молодим ученим в галузі фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок (2018), премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2019).

Пр.: P. Sarkanych, Yu. Holovatch, R. Kenna, On the Phase Diagram of the 2d Ising Model with Frustrating Dipole Interaction. Ukr. J. Phys. 60(4) (2015) 334. M. Krasnytska, P. Sarkanych, B. Berche, Yu. Holovatch, R. Kenna, Marginal dimensions of the Potts model with invisible states. J. Phys. A: Math. Theor. 49 (2015) 255001. P. Sarkanych, Yu. Holovatch, R. Kenna, P. Mac Carron, Universality and network analysis of bylyny. J. Phys. Stud. 20 (2016) 4801 (in Ukrainian). P. Sarkanych, Yu. Holovatch, R. Kenna. Exact solution of a classical short-range spin model with a phase transition in one dimension: the Potts model with invisible states Phys. Lett. A, 381, (2017) 3589. P. Sarkanych, Yu. Holovatch, R. Kenna, Classical phase transitions in a one-dimensional short-range spin model. J. Phys. A: Math. Theor. 51 (2018) 505001.



Свідзинський Анатолій Вадимович

Народився 01.03.1929 р. у м. Могилеві-Подільському Вінницької обл. Помер 23.01.2019 р. у м. Луцьку. Доктор фіз.-мат. наук (1972), професор (1977). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1952). Працював у Харківському політехн. ін-ті (1956–1960), у Фізико-техн. ін-ті низьких температур АН УРСР (1960–1975), у Сімферопольському держ. ун-ті (1975–1993), Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (1995–1996 за сумісн.). Протягом 1993–2019 рр. працював у Волинському держ. ун-ті ім. Лесі Українки, був його першим ректором

(1993–1995) і зав. каф. теорет. та математ. фізики.

Основні наукові інтереси: мікроскопічна теорія надплинності та надпровідності, культурологія та націологія. Є автором понад 100 наукових праць із теоретичної фізики, монографій та підручників, а також праць з культурології та націології. Підготував 8 кандидатів наук.

Дійсний член Наукового товариства ім. Шевченка (від 1998). Головний редактор громадсько-політичного часопису «Розбудова держави» (2001–2005).

Заслужений діяч науки і техніки України (2010), нагороджений знаком «Відмінник освіти України» (1998), Орденом Архистратига Михаїла (1999), Почесною грамотою Верховної Ради України (2004), знаком «Петро Могила» (2006).

Пр.: Свідзинський А.В. Мікроскопічна теорія надпровідності. Луцьк, Вежа, 2011. 420 с. Свідзинський А.В. Математичні методи теоретичної фізики. В 2 т. – 4-те вид., перероб. і доп., Київ, Інститут теоретичної фізики, 2009. 832 с. Свідзинський А.В., Вілігурський О.М. Лекції з фізики надпровідності. Луцьк: РВВ «Вежа» ВДУ ім. Лесі Українки, 2003. 82 с. Свідзинський А.В. Синергетична концепція культури. Львів, Афіша, 2013. 744 с. А.В. Свідзинський. Моє життя в науці. Київ, Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, 2019. 152 с.



Сизоненко Юрій Віталійович

Народився 04.10.1970 р. у м. Львові. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1992). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденсованих систем НАН України (1992–1995). Протягом 1995–2005 рр. працював в Ін-ті фізики конденсованих систем НАН України у відділі квантової статистики (від 1995 р. — на посаді пров. інж.) Від 2005 р. працював у Держ. підпр. НТЦ «Укр. акад. і дослідн. мережа ІФКС НАН України», згодом — в компанії PEOPLEnet.

Наукові праці з теорії локально ангармонічних систем, в т.ч. лінійних іонних комплексів у кристалах, водневих зв'язків, впливу електрон-коливних взаємодій та ефектів неадіабатичності на формування дво- або багатомінімумних потенціалів. Для пояснення структурних релаксацийних процесів у суперіонних кристалах із водневими зв'язками при відновленні низькотемпературної фази під час швидкого охолодження суперіонної фази запропоновано мікроскопічний підхід на основі моделі протонного впорядкування та термічної активації протонного переносу. Враховано квазіполяронний ефект, що є результатом протон-фононої взаємодії. Є автором 16 наукових публікацій.

Пр.: Stasyuk I.V., Sizonenko Yu.V. Effective local anharmonic potentials in solids. A model approach. Condensed Matter Physics. 1995. No 5, p. 161-191; Stasyuk I.V., Sizonenko Yu.V., Stetsiv R.Ya. Electron states and adiabatic potential of the hydrogen bond. Journal of Physical Studies, 1998, v.2, N4, p. 463-475; Stasyuk I., Sizonenko Yu., Hilczar B., Polomska M. Order-Disorder and Structural Relaxation Phenomena in Crystals with Hydrogen Bonds. Ferroelectrics, 2000, vol. 239, p. 149-156; Stasyuk I., Sizonenko Yu., Hilczar B., Polomska M. Structural relaxation and localization-delocalization phenomena in superionic crystals with hydrogen bonds. Mol. Phys. Rep., 2000, vol. 27, p. 108-114; Stasyuk I.V., Stetsiv R.Ya., Sizonenko Yu.V. Dynamics of charge transfer along hydrogen bond. Condens. Matter Phys. 2002. v. 5, № 4 P. 685-706.



Скоробагатько Гліб Олександрович

Народився 12.08.1980 р. у м. Харкові. Кандидат фіз.-мат. наук (2012). Закінчив Харківський націон. ун-т ім. В.Н. Каразіна (2004). Навчався в аспірантурі Фізико-техн. ін-ту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України (2004–2007). Протягом 2007–2014 рр. працював у Фізико-техн. ін-ті низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України (від 2009 р. — мол. наук. співр.). У період 2014–2016 рр. стажувався у Далемському центрі складних квантових систем Вільного ун-ту Берліна (Німеччина). Від 2017 р. працює в Ін-ті фізики

конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики на посаді наук. співр. Від 2018 р. навчається в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України.

Наукові дослідження стосуються теоретичної квантової мезоскопічної фізики, теорії низьковимірних сильнокорельованих квантових систем, теорії одно-електронних транзисторів із квантовими вібраціями, теорії квантових нано-електро- (та магніто-) механічних явищ в нано-електронних приладах, теорії квантових вимірювань та квантового детектування станів зарядових кубітів і їх декогеренції. Є автором понад 10 наукових праць.

Лауреат премії 13 Всеукраїнського конкурсу молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденс. речовини (Львів, 2013).

Пр.: Gleb A. Skorobagatko, Theory of interaction-dependent instability in quantum detection by means of Luttinger liquid tunnel junction: a rigorous theorem, Phys. Rev. B V. 98, Iss.4, Pp. 045409-1 – 045409-20, (2018). Gleb A. Skorobagatko, Resonant polaron-assisted tunneling of strongly interacting electrons through single-level vibrating quantum dot, Phys. Rev. B, 2012, V. 85, Iss. 7, Pp. 075310-1 – 075310-8, (2012). Gleb Skorobagatko, Anton Bruch, Silvia Viola Kusminskiy, Alessandro Romito Effect of interaction on quantum limited detectors, Phys. Rev. B, V.95, Iss. 20, Pp. 205402-1 – 205402-11, (2017). G.A. Skorobagatko, I.V. Krive, R.I. Shekhter, Polaronic effects in electron shuttling, Low Temp. Phys., V. 35, No. 12, Pp. 949-1 – 956-8, (2009). G.A. Skorobagatko, I.V. Krive, Luttinger liquid and polaronic effects in electron transport through a molecular transistor, Low Temp. Phys., V. 34, No. 10, Pp. 858-1 – 864-7, (2008).



Скоробогатько Ігор Віталійович

Народився 20.10.1955 р. у м. Львові. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1977). Протягом 1978–1990 рр. працював у відділі статист. теорії конденс. систем та Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР. У період 1990–1992 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії металів і сплавів на посаді пров. інж. У 1992 р. виїхав на постійне проживання до США.

Наукові інтереси зі сфери квантових рідин, застосування методики неперервних ланцюгових дробів у теорії металів та сплавів.

Пр.: Vakarchuk I.A., Skorobogatko I.V. On the ground state theory of the quantum liquid solutions/ Preprint ITP AS Ukr.SSR, ITP-80-55E, Kiev, 1980, 27 p. Вакарчук І.А., Скоробогатько І.В. К теории основного состояния растворов квантовых жидкостей. – Укр. физ. журн., 1981, т. 26, № 7, с. 1105-1111. Гурский З.А., Скоробогатько И.В. Непрерывные операторные дроби в квантовой теории возмущений. Препринт ИТФ АН УССР, ИТФ-86-103Р, Киев, 1986, 20 с.



Слободян Петро Михайлович

Народився 25.06.1949 р. у м. Львові. Помер 01.04.1977 р. у м. Львові. Канд. фіз.-мат. наук (1976). Закінчив музичну школу при Львівській консерваторії ім. М. Лисенка (1966). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1971). Навчався в аспірантурі Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка на каф. теорет. фізики (1971–1974). Протягом 1974–1977 працював у Львівському відділі статист. теорії конденс. систем Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР на посаді мол. наук. співр.

Наукові праці стосуються ролі короткосяжних електронних кореляцій у магнетизмі зонних електронів у сполуках із перехідними елементами. Розроблено діаграмну техніку для функцій Гріна на операторах Габбарда. Проведено аналіз ролі полярних станів у обмінній теорії феромагнетизму. Досліджено домішкові електронні стани та розраховано магнітну сприйнятливність у моделі Андерсона; описано ефекти електронного розсіювання на флуктуаціях домішкової зарядової густини.

Пр.: Слободян П.М., Стасюк И.В. Диаграммная техника для операторов Хаббарда. ТМФ, 19, 423-428

(1974). Слободян П.М., Стасюк І.В. Статистична сума для моделі Андерсона. Вісник Львівського університету, сер.фіз., вип. 10, 8-12, (1975). Слободян П.М. Вісник Львівського університету, сер.фіз., вип. 10, 12 (1975). Слободян П.М. Магнітна сприйнятливність розбавлених сплавів в моделі Андерсона. Укр.фіз.журнал, 20, 1447 (1975). ПОЕЗІЇ (опубліковано посмертно): «Дзвін», № 11. – Львів, 1990. – С.19-20; Дотик Вітру. – Львів, 1996. – 72 с.

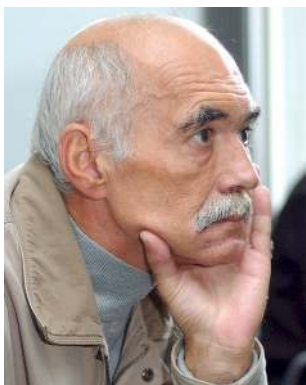


Смерека Ірина Теодорівна

Народилася 24.10.1968 р. у м. Львові. Закінчила з відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1990). Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1991–1994).

Наукові інтереси зі сфери квантових спінових ланцюжків і застосувань для теорії сегнетоелектриків із водневими зв'язками.

Пр.: Держко О.В., Смерека І.Т., Левицький Р.Р., Сороков С.І. Поздовжна кореляційна функція для одновимірної моделі де Жена: короткочасові розвинення і їх паде-апроксиманти. І. Київ, 1990, 48 с. (Препринт / АН УРСР, ІТФ; ІТФ-90-64У).



Сов'як Євген Миколайович

Народився 17.04.1955 р. у с. Івана Франка Львівської обл. Помер 03.10.2009 р. у м. Бориславі Львівської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1984). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1977). Протягом 1978–1990 рр. працював у відділі статист. теорії конденс. систем та Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР. Від 1990 р. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів на посаді ст. наук. співр.

Наукові дослідження стосувалися статистичного опису просторово-обмежених систем частинок із електростатичними, юкавівськими та близькосяжними взаємодіями, а також розв'язку задачі Шредінґера для водневоподібного атома у півпросторі. Є автором 46 наукових праць.

Пр.: Сов'як Є.М. Екрановані потенціали двофазних систем при врахуванні впливу міжфазної області. УФЖ, т.35, №2, 1990, с. 300-305. Kovalenko A.F., Sovyak E.N., Holovko M.F. On the Quantum Properties of

Adsorbed Particles Within the Model of a Hydrogen Atom Near a Hard Wall. *Int. J. Quant. Chem.*, v.41, №5, (1992), p. 321–337. Є.М. Сов'як. Вплив електростатичних взаємодій на йонну адсорбцію на контактні розчини електроліту з пористим середовищем. *Журн. Фіз. Досл.*, 7, № 3, 2003, с. 253–267. A.Trokhymchuk, E.Soviyak, D.Henderson, D.T.Wasan. Apparent attraction between like-charged particles next to an oppositely-charged surface. *J. Mol. Liquids*, 2003. M.F.Holovko, I.Y.Kravtsiv, E.M.Soviyak. Spatially confined system interacting with the Yukawa potential. *Condensed Matter Physics*, v. 12, No 2, 2009, pp. 137–150.



Соколовська Тетяна Георгіївна

Народилася 07.06.1965 р. у м. Хабаровську (Росія). Померла 29.05.2009 р. у м. Ванкувері (Канада). Кандидат фіз.-мат. наук (1998). Закінчила з відзнакою фізичний ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1987). Навчалася в аспірантурі Ін-ту хімії неводних розчинів АН СРСР (Іваново, 1988–1992). Від 1993 р. працювала в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів (від 2003 р. — наук. співр.). Протягом 2004–2009 рр. проходила наукове стажування в Ун-ті Британської Колумбії (Канада).

Наукові праці пов'язані з анізотропними плинами, зокрема, застосуванням методів колективних змінних та інтегральних рівнянь до вивчення фазових переходів з ізотропної в орієнтаційно-впорядковану фазу. Розвинутий підхід базується на орієнтаційно неоднорідному рівнянні Орнштейна-Церніке, доповненому рівнянням Ловета-Моу-Бафа-Вертхайма. Вперше отримано аналітичний розв'язок цього рівняння в середньосферичному наближенні, на його основі проаналізовано фазову поведінку моделі класичного ферромагнетика та моделі Майєра-Заупе нематогенного плинину. Розвинута теорія використана при дослідженні впливу невпорядкованих полів на орієнтаційне впорядкування в нематіку, а також для дослідження впливу зовнішніх полів на поверхневоіндуковане орієнтаційне впорядкування. Є авторкою 20 наукових праць.

Пр.: T.G.Sokolovska. Phase diagram in a continuum model of the classical Heisenberg ferromagnet: mean spherical approximation. – *Physica A*, 1997, **253**, pp.459-472; M.F. Holovko, T.G.Sokolovska. Analytical solution of the Ornstein-Zernike equation with the mean spherical closure for a nematic phase. – *J. Mol. Liq.*, 1999, **82**, pp.161-181; T.G.Sokolovska, R.O.Sokolovskii, M.F. Holovko. Nematic model in the presence of a finite disordering field: Integral equation approach. – *Phys. Rev. E*, 2001, **64**, 051710; T.G.Sokolovska, R.O.Sokolovskii, G.N. Patey. Surface-induced ordering of nematics in an external field: The strong influence of tilted walls. – *Phys. Rev. Lett.*, 2004, **92**, pp.185508-185511; T.G.Sokolovska, G.N. Patey. Wall-colloid interaction in nematic solvents: external field effects. – *J. Phys.:Condens Matter* 2009, **21**, pp. 245105-245109.



Соколовський Руслан Олегович

Народився 29.11.1970 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1997). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1992). Протягом 1992–2009 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах квантової статистики та теорії модельних спінових систем (від 2001 р. — наук. співр.). З початку 2000-их проходив наукові стажування в Единбурзькому ун-ті (Велика Британія) на ф-ті фізики та в Ун-ті Британської Колумбії (Ванкувер, Канада) на ф-ті хімії.

Наукові праці пов'язані з вивченням магнетиків та магнітних плинів. Розвинуто кластерний підхід, який дозволив узгоджено описати термодинаміку і релаксаційну динаміку моделі Ізінга з рівноважним і нерівноважним безладами заміщення. Досліджено вплив магнітної підсистеми на розшарування сплаву ізінгових магнетиків і перехід газ-рідина в магнітному плинні. Розвинуто метод інтегральних рівнянь для анізотропних плинів у присутності зовнішніх полів, що можуть індукувати в системі різні типи симетрії. Досліджено анізотропні ґраткові гази, в яких орієнтаційні ступені вільності моделювались ізінгівськими спінами або плоскоротаторними спінами з парною короткосяжною взаємодією феромагнітного типу. Запропоновано молекулярну теорію нематиків при наявності поверхонь та зовнішніх полів, досліджено поведінку колоїдів у нематиках і обґрунтовано фундаментальні електростатичні аналогії в нематичних колоїдах. Проведено комп'ютерне моделювання (Монте Карло симуляції і молекулярна динаміка) різноманітних систем. Є автором 27 наукових статей.

Стипендіат НАН України для молодих вчених (1998–1999).

Пр.: Sokolovskii R.O. Effect of an external magnetic field on the gas-liquid transition in the Ising spin fluid. Phys. Rev. B 61, 36–39 (2000). Romano S., Sokolovskii R.O. Plane-rotator lattice gas in an external orienting field. Phys. Rev. B 61, 11379–11390 (2000). Sokolovskii R.O., Thachuk M., Patey G.N. Tracer diffusion in hard sphere fluids from molecular to hydrodynamic regimes. J. Chem. Phys. 125, 204502-10 (2006). Lee J.S.J., Sokolovskii R.O., Berardi R., Zannoni C., Burnell E.E. Orientational order of solutes in liquid crystals: The effect of distributed electric quadrupoles. Chem. Phys. Lett. 454, 56–60 (2008). Sokolovskii R.O., Burnell E.E. Orientational order of near D_{3h} solutes in nematic liquid crystals. II. Description via Gay-Berne model with embedded quadrupoles. J. Chem. Phys. 130, 154507-6 (2009).



Солов'ян Володимир Борисович

Народився 05.11.1953 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1989). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1977). Від 1978 р. працював у відділі статист. теорії конденс. систем, Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах теорії металів і сплавів, комп'ютерного моделюв. багаточаст. систем та статист. теорії конденс. систем (від 1994 р. — ст. наук. співр.).

Наукові інтереси зі сфери дослідження металічних систем та систем з обмеженою кількістю частинок (наносистем).

Пр.: Vavrukh M.V., Solovyan V.B., Vavrukh N.M., Reference System approach in The Electron Liquid Theory. Phys. Stat. Sol. (b), 1994, vol. 177, p.361. N.A. Korynevskii, Solovyan V.B., Statistical Theory of Metal Nanoparticles Formation. Lattice Gas Model Approximation. Physica B, 436, p.111-116, 2014.



Сороков Сергій Іванович

Народився 23.01.1953 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1988). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1975). Протягом 1975-1990 рр. працював в НДІ матеріалів. У період 1990-2016 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії модельних спінових систем (від 1997 р. – ст. наук. співр.).

Наукові праці стосуються псевдоспінових систем із конкуруючими взаємодіями, в яких можливий стан спінового або дипольного скла, зокрема, сумішей сегнето- і антисегнетоелектриків. Розвинуто метод кластерних розвинень для цих систем, досліджено вплив п'єзоелектричного зв'язку ґраткової і псевдоспінової підсистем на термодинамічні характеристики цих сполук. Є автором 56 наукових праць.

Пр.: Sorokov S.I., Levitskii R.R., Vdovych A.S. Spin-glass model with essential short-range competing interactions. Condens. Matter Phys. 8, 603-622 (2005); Levitsky R.R., Sorokov S.I., Stankowski J., Trybula Z., Vdovych A.S. Thermodynamics and complex dielectric permittivity of mixed crystals of the $Rb_{1-x}(NH_4)_xH_2PO_4$ type. Condens. Matter Phys. 11, 523-542 (2008); Sorokov S. I., Levitsky R.R., Vdovych A.S. Thermodynamics, dielectric permittivity and phase diagrams of the $Rb_{1-x}(NH_4)_xH_2PO_4$ type proton glasses // Condens. Matter Phys. 13, 13706: 1-26 (2010); Korotkov L.N., Korotkova T.N., Levitskii R.R., Sorokov S.I., Vdovych A.S. Retardation of Polarization in Mixed $K_{0.88}(NH_4)_{0.12}H_2PO_4$ Crystal. Izvestiya RAN. Seriya Fizicheskaya. 75, 1414-1417 (2011);

Korotkov L.N., Likhovaya D.V., Levitskii R.R., Sorokov S.I., Vdovych A.S. Anomalies of dielectric, elastic and electromechanical properties of $K_{0.25}(NH_4)_{0.75}H_2PO_4$ single crystal in the vicinity of antiferroelectric phase transition // Solid State Commun. 160, 52–55 (2013).



Стасюк Ігор Васильович

Народився 23.09.1938 р. у м. Бережанах Тернопільської обл. Помер 16.09.2019 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (1986), професор (1987), член-кореспондент НАН України (1995). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т (ЛДУ) ім. І.Я. Франка (1959). Навчався в аспірантурі ЛДУ на каф. теорет. фізики (1959–1962). Протягом 1962–1978 рр. працював у ЛДУ на посаді доцента на кафедрах теорії твердого тіла та теоретичної фізики. У період 1978–1983 рр. працював в Ін-ті прикл. проблем механіки і математики АН УРСР. Від

1983 р. працював у Львівському від-ні Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (від 1986 р. — зав. відділу квантової статистики). Від 1990 р. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (протягом 1990–2006 рр. на посаді заст. директора з наукової роботи; до 2016 р. — завідувач, від 2016 р. — гол. наук. співр. відділу квантової статистики). Протягом 1996–2010 рр. — проф. каф. теорет. фізики Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка.

Наукові дослідження стосуються статистичної теорії конденсованих систем і теорії твердого тіла. Розвинено математичні методи в теорії систем фермі-і бозе-частинок із сильними короткосяжними взаємодіями. Описано ряд фізичних явищ у кристалічних сполуках із сильноскорельованими електронами та у квантових ґраткових бозе- та бозе-фермі системах, вивчено фазові переходи і явища бістабільності в локально-ангармонічних кристалах. Розроблено мікроскопічні моделі сегнетоелектриків із складною структурою водневих зв'язків, описано їх динамічні та термодинамічні властивості, а також запропоновано мікроскопічну теорію індукованих зовнішніми полями оптичних і деформаційних ефектів у сегнетоелектриках і ян-теллерівських кристалах. Розвинено теорію протонного та іонного переносу в суперіонних системах із водневими зв'язками. Є автором близько 700 наукових праць та чотирьох монографій. Виховав 21 кандидата і 5 докторів наук.

Почесний доктор Ін-ту теорет. фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України (2011). Дійсний член (1995) та член Президії Наукового Товариства імені Шевченка. Віце-президент Укр. фіз. т-ва (2002–2013). Голова Секції фізики ЗНЦ НАН і МОН України (1999–2015). Заст. гол. редактора журналу *Condens. Matter Phys.*, член редколегії журналів *Phase Transitions*, *Журн. фіз. дослідж.*,

Фіз. збірника НТШ.

Відмінник освіти України (1998). Нагороджений Почесною грамотою Президії НАН України (2003), Ювілейною пам'ятною відзнакою (до 100-річчя НАН України (2018), відзнаками НАН України «За наукові досягнення» (2008) та «За підготовку наукової зміни» (2018), Почесною грамотою Верховної Ради України (2004), орденами «За заслуги» III ступеня (2009) та II ступеня (2018). Лауреат премії НАН України ім. О.С. Давидова (2014).

Пр.: Stasyuk I.V., Slobodyan P.M. Diagram technique for Hubbard operators. *Theor. Math. Phys.* 19, 616–620 (1974); Plakida N.M., Yushankhai V.Yu., Stasyuk I.V. On the role of kinematic and exchange interactions in superconducting electron pairing of electrons in the Hubbard model. *Physica C*. 160, 80–88 (1989); Stasyuk I.V. Phase transitions in the pseudospin-electron model. — In: *Order, Disorder and Criticality* / Ed. by Yu. Holovatch. World Scientific, Singapore, 2007, p. 231–290; Стасюк І.В., Левицький Р.Р., Моїна А.П., Сливка О.Г., Величко О.В. Польові та деформаційні ефекти у складних сегнетоактивних сполуках. Гражда, Ужгород, 2009, 392 с.; Стасюк І.В. Функції Гріна у квантовій статистиці твердих тіл. ЛНУ ім. Івана Франка, Львів, 2013, 392 с.



Степаненко Олександр Олександрович

Народився 21.04.1990 р. у м. Львові. Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2013). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2013–2016). Від 2016 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії м'якої речовини на посаді інж.

Наукові інтереси зі сфери термодинамічних властивостей та фазової поведінки функціоналізованих колоїдів і проводяться методами термодинамічної теорії збурень та інтегральних рівнянь.

Пр.: O. Stepanenko, T. Urbic, Y. Kalyuzhnyi, Second-order thermodynamic perturbation theory for the inverse patchy colloids, *Journal of Molecular Liquids* **228**, 143–149 (2017).



Стеців Роман Ярославович

Народився 15.09.1954 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1994). Старший наук. співр. (2015). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1977). Протягом 1977–1983 рр. працював у Львівському філіалі математ. фізики Ін-ту математики АН УРСР (згодом — Ін-ту прикл. пробл. механіки і матем. АН УРСР). У період 1983–1986 рр. працював у Львівському держ. ун-ті ім. І.Я. Франка в СКТБ «Модулятор». Від 1986 р. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, а від 1990 р. працює в

Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2003 р. — ст. наук. співр.).

Наукові дослідження стосуються енергетичного спектру та динамічних властивостей систем із водневими зв'язками та іонних провідників, визначенню їх можливих станів та фазових переходів між ними. На основі ґраткової моделі з врахуванням короткосяжних кореляцій між частинками досліджено енергетичний спектр одновимірних іонних (протонних) провідників, побудовано діаграми станів, проаналізовано умови переходу системи з однорідного в модульований стан через стан типу суперплину. З використанням теорії Кубо методом точної діагоналізації проведено числовий розрахунок динамічної провідності одновимірного іонного провідника. Досліджено частотну поведінку провідності та проаналізовано її зміни при переході до фази суперфлюїду. Є автором 95 наукових праць.

Пр.: Stetsiv R.Ya. Band electron spectrum and optical properties of KDP-crystals under the external hydrostatic pressure. *Condens. Matter Phys.* 2, No. 1(17), 173-184 (1999); Stetsiv R.Ya.. Phase transitions and dynamical properties of quasi-one-dimensional structures with hydrogen bonds. *Condens. Matter Phys.*, 15, No 1, 13702: 1-11 (2012); Stasyuk I.V., Vorobyov O.A., Stetsiv R.Ya.. Diagrams of state for one-dimensional hydrogen-bonded proton conductor. *Ferroelectrics*, 426, p. 6 (2012); Р.Я. Стеців, І.В. Стасюк, О. Воробйов. Енергетичний спектр і діаграми стану одновимірного іонного провідника, *УФЖ*, 2014, т. 59, №5, с. 517-525; Stasyuk I.V., Stetsiv R.Ya. Dynamic conductivity of one-dimensional ion conductors. Impedance, Nyquist diagrams. *Condens. Matter Phys.*, 2016, 19, No 4, 43704.



Табунщик Кирило Вікторович

Народився 26.07.1976 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (2002). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1998). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1998–2001). Протягом 2001–2009 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики на посаді мол. наук. співр. Проходив наукові стажування в ун-ті Квінз (Кінгстон, Онтаріо, Канада) (2003–2005), в ун-ті Альберти та Націон. ін-ті нанотехнологій (Едмонтон, Альберта, Канада) (2005–2009). Від

2009 р. займається тренерською роботою, є віце-президентом Академії тенісу ACE (Канада).

Наукові праці пов'язані з вивченням електронного спектру, термодинаміки та фазових переходів у псевдоспін-електронній моделі, магнітних властивостей та квантових флуктуацій поблизу фазових переходів у ВТНП сполук, оптичних властивостей фотонних кристалів та наноструктурованих тонких плівок. Є автором 35 наукових публікацій.

Голова Ради молодих вчених Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1999–2003).

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2001), премії «Фонду підтримки науки» для молодих науковців (2002). Грант NATO Science Fellow від Канадської ради з питань науки та інженерії (2003–2005). Чемпіон СРСР із плавання серед юніорів (1990). Нагороджений відзнаками Tennis Canada Coaching Excellence Award (2013) та Paul & Joyce Chapnick Progressive Development Award (2014).

Пр.: Stasyuk I.V., Shvaika A.M., Tabunshchik K.V. Thermodynamics of a pseudospin-electron model without correlations. *Condens. Matter Phys.* 2, 109–132 (1999). Stasyuk I.V., Shvaika A.M., Tabunshchik K.V. Thermodynamics of pseudospin-electron model in the $U = 0$ limit. *Acta Phys. Pol. A.* 97, 411–414 (2000). Stasyuk I.V., Shvaika A.M., Tabunshchik K.V. Self-consistent approach for the thermodynamics of a simplified pseudospin-electron model. *Ukr. J. Phys.* 45, 520–528 (2000). Tabunshchik K.V., Gooding R.J. Magnetic susceptibility of a CuO_2 plane in the La_2CuO_4 system: I. Random-phase approximation treatment of the Dzyaloshinskii-Moriya interactions. *Phys. Rev. B.* 71, 214418 (2005). Summers M.A., Tabunshchik K., Kovalenko A., Brett M.J. Fabrication of 2D–3D photonic crystal heterostructures by glancing angle deposition. *Photonics Nanostruct. Fundam. Appl.* 7, 76–84 (2009).



Ткачук Володимир Михайлович

Народився 06.02.1957 р. у с. Добрівлянах Калузького р-ну Івано-Франківської обл. Доктор фіз.-мат. наук (2005), професор (2006). Закінчив із відзнакою фіз. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1979). Протягом 1979–1985 рр. працював у відділі статист. фізики конденс. систем та Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР. Навчався в аспірантурі Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка на каф. теорет. фізики (1985–1988). Від 1985 р. працює у Львівському держ. ун-ті ім. І.Я. Франка (згодом — Львівському

націон. ун-ті ім. Івана Франка) на каф. теорет. фізики на посадах доцента (1992–2006), професора (2006–2018), зав. каф. (від 2018).

Наукові дослідження стосуються суперсиметрії в квантовій механіці, фундаментальних проблем квантової механіки, квантової інформації та квантових комп'ютерів, квантових топологічних фаз, геометричних властивостей простору квантових станів, фізичних систем у квантованому просторі, впливу квантованості простору на властивості одно- та багаточастинкових систем, симетрійних властивостей простору з деформованою алгеброю Гайзенберга. Є автором 3 посібників та близько 200 наукових праць. Підготував 8 кандидатів наук.

Член редколегії «Журналу фізичних досліджень». Член секції Наукової ради МОН за напрямком «Загальна фізика».

Лауреат премії НАН України ім. О.С. Давидова (2016), премії Львівського міського голови талановитим вченим у рамках Програми «Львів науковий» (2016).

Пр.: V. M. Tkachuk, S. I. Vakarchuk Supersymmetry of the electron in a three-dimensional magnetic field. Phys. Lett. A 228, 141–145 (1997). V. M. Tkachuk, Quasi-exactly solvable potentials with two known eigenstates. Phys. Lett. A 245, 177–282 (1998). V. M. Tkachuk, Quantum topological phase of an electric dipole circulating around a ferromagnetic wire. Phys. Rev. A 62, 052112 (3 p.) (2000). C. Quesne, V. M. Tkachuk. Deformed algebras, position-dependent effective masses and curved spaces: an exactly solvable Coulomb problem. J. Phys A 37, 4267 (2004). K. P. Gnatenko, M. I. Samar, V. M. Tkachuk. Time-reversal and rotational symmetries in noncommutative phase space. Phys. Rev. A 99, 012114 (2019).



Токарчук Михайло Васильович

Народився 03.11.1956 р. у смт. Брошнів-Осаді Івано-Франківської обл. Доктор фіз.-мат. наук (1994), професор (2000). Закінчив фізичний ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1980). Від 1980 р. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР. Від 1990 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України (зав. лаб. теорії нерівноважних процесів (1990–1996), зав. відділу теорії нерівноважних процесів (1996–2016), зав. відділу теорії м'якої речовини (від 2016). У 1995 р. — зав. відділу ядерно-фізико-

хімічних процесів у паливовмісних матеріалах (за сумісн.), спільного з МНТЦ «Укриття» НАН України (Чорнобиль). Від 2001 р. — працює (за сумісн.) у Націон. ун-ті «Львівська політехніка» на каф. прикл. математики на посаді проф.

Наукова діяльність пов'язана з дослідженням проблем нерівноважної статистичної теорії конденсованих систем, зокрема, нерівноважних процесів в іонних розплавах та розчинах електролітів. На основі методу нерівноважного статистичного оператора (НСО) спільно з Д.М. Зубаревим запропоновано статистичну теорію гідродинамічного стану іонних рідин, в рамках якої досліджено спектри флуктуацій густини маси і заряду для іонного розплаву NaCl. Спільно з Д.М. Зубаревим, В.Г. Морозовим та І.П. Омеляном запропоновано концепцію узгодженого опису кінетичних та гідродинамічних процесів у газах, рідинах та плазмі. Разом з Д.М. Зубаревим сформульовано нерівноважну термопольову динаміку конденсованих систем на основі методу НСО. У колективі з І.М. Мриглодом та І.П. Омеляном розвинуто молекулярну гідродинаміку простих, магнітних, полярних рідин та їх сумішей. Займався проблемами міграції радіонуклідів у ґрунтових водах чорнобильської зони та проблемами води, водних розчинів радіоактивних елементів і їх взаємодії з паливовмісними масами в об'єкті «Укриття» ЧАЕС. Разом з П.П. Костробієм та Ю.К. Рудавським розвинуто квантову статистичну теорію реакційно-дифузійних процесів у системах «газ-метал» із застосуванням статистик Гібса та Рені. Спільно з П.П. Костробієм і Б.М. Марковичем розвинуто статистичний підхід побудови рівнянь переносу в дробових похідних у теорії конденсованих систем. Співавтор 3 монографій, 1 посібника та понад 300 наукових праць.

Нагороджений Почесною грамотою Президії НАН України (2009), Ювілейною пам'ятною відзнакою (до 100-річчя НАН України) (2018), відзнакою НАН України «За підготовку наукової зміни» (2016), Грамотою Верховної Ради України (2006). Лауреат премії НАН України ім. С.І. Пекаря (2003), премії

Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2005).

Пр.: Zubarev D.N., Morozov V.G., Omelyan I.P., Tokarchuk M.V. Kinetic equations for dense gases and liquids, Theor. and Math. Phys, 87 (1991) 412-424; Zubarev D.N., Tokarchuk M.V. Nonequilibrium thermofield dynamics and the nonequilibrium statistical operator method, Theor. and Math. Phys, 88 (1991) 876-893; Mryglod I.M., Omelyan I.P., Tokarchuk M.V. Generalized Collective Modes for the Lennard-Jones fluid, Mol. Phys., 84 (1995) 235-259; Костробій П.П., Токарчук М.В., Маркович Б.М., Ігнатюк В.В., Гнатів Б.В. Реакційно-дифузійні процеси в системах «метал-газ», Львів, НУ «Львівська політехніка», 2009; Markiv B., Tokarchuk R., Kostrobij P., Tokarchuk M. Nonequilibrium statistical operator method in Renyi statistics, Physica A, 390 (2011) 785-791. Kostrobij P., Markovych B. M., Viznovych O. V., Tokarchuk M. V. Generalized transport equation with nonlocality of space-time. Zubarev's NSO method // Physica A, 514 (2019) 63-70.



Топілко Мирослава Ігорівна

Народилася 22.06.1987 р. у м. Львові. Закінчила Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2009). Протягом 2009–2011 рр. працювала в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії модельних спінових систем (інж.). Від 2011 р. працює у сфері ІТ рекрутингу. Очолює відділ персоналу міжнародної ІТ компанії.

Наукові інтереси зі сфери одновимірних спінових ланцюжків із тривузловими взаємодіями. Є авторкою 10 наукових праць.

Пр.: M. Topilko, O. Derzhko and T. Krokhmalsii, Dynamic Properties of Spin-1/2 XX Chain with Three-Site Interactions of (XZY-YZX)-Type, Acta Physica Polonica A, 2011, 119, 6, p.868-870. Topilko M., Krokhmalskii T., Derzhko O., Ohanyan V. Magnetocaloric effect in spin-1/2 XX chains with three-spin interactions. European Physical Journal B, 2012, 85, 8, 278.



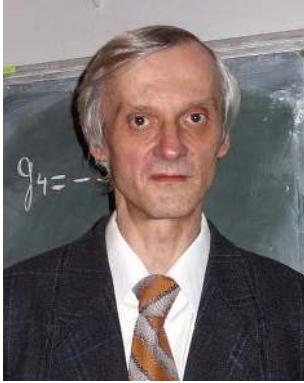
Траченко Костянтин Олексійович

Народився 01.02.1971 р. у м. Львові. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1994). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (1994–1997). Від 1997 навчався в аспірантурі Кембриджського ун-ту (Великобританія). Доктор філософії (2001). Працює в Лондонському ун-ті королеви Марії (Великобританія).

Наукові дослідження під час навчання в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України стосувалися коливного спектру та поведінки м'якої моди для локально-

ангармонічної моделі « $\phi^3 + \phi^4$ ». В рамках напівчислового підходу досліджено локально-ангармонічні моделі деяких структурних фазових переходів (розрахунки термодинамічних характеристик та побудова фазових діаграм).

Пр.: Stasyuk I.V., Trachenko K. Investigation of locally anharmonic models of structural phase transitions. Seminumerical approach. Condensed Matter Physics. 9, 89–106 (1997). Stasyuk I.V., Trachenko K. Soft mode in locally anharmonic « $\phi^3 + \phi^4$ » model. Journal of Physical Studies. 3, 81–89 (1999).



Третяк Володимир Іванович

Народився 24.04.1955 р. у м. Львові. Помер 03.11.2016 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (1996). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1977). Протягом 1978–1988 рр. працював в Ін-ті прикл. пробл. механіки та математики АН УРСР. Від 1988 р. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР, протягом 1990–2015 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах теорії релятивістичних систем, теорії металів та сплавів, комп'ютерн. моделюв. багаточастинк.

систем (від 1999 р. — пров. наук. співр.).

Наукові дослідження стосувалися релятивістичної теорії прямих взаємодій між частинками. Розробив лагранжів формалізм теорії, в рамках якого реалізував концепцію Дірака про форми релятивістичної динаміки. Розвинув наближені підходи та сконструював низку точно розв'язуваних класичних та квантових моделей систем частинок, що мають теоретико-польові аналоги. Запровадив релятивістичні змінні центра мас в лагранжевому описі. Досліджував ефекти випромінювання та розвинув статистичний опис квазірелятивістичних систем із довільними потенціалами взаємодії. Є автором біля 100 наукових праць, виховав 2 докторів і 3 кандидатів наук.

Член Наукового товариства імені Шевченка та Українського фізичного товариства. Член редколегій Фізичного збірника НТШ та Журналу фізичних досліджень.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2004).

Пр.: Gaida R.P., Tretyak V.I. Single-time form of the Fokker-type relativistic dynamics. I. Acta Phys. Pol. B. 11, 509–522 (1980); Tretyak V.I., Gaida R.P. Symmetries and conservation laws in the single-time Lagrangian form of the Fokker-type relativistic dynamics. II. Ibid. P. 523–536. Гайда Р.П., Ключковский Ю.Б., Третяк В.И. Формы релятивистской динамики в классическом лагранжевом описании системы частиц. Теор. мат. физ. 55, 88–105 (1983). Гайда Р.П., Третяк В.И. Лагранжиан двух заряженных гравитирующих тел во

втором постньютоновском приближении. Известия вузов. Физика. 31-36 (1990). Tretyak V. On relativistic models in equilibrium statistical mechanics. Condens. Matter. Phys. 3(15), 553-568 (1998). Третяк В. Форми релятивістичної лагранжевої динаміки. К.: Наукова думка, 2011, 279 с.



Трохимчук Андрій Дмитрович

Народився 05.11.1956 р. в с. Хоровці Славутського р-ну Хмельницької обл. Доктор фіз.-мат. наук (2008). Старший науковий співробітник (1999). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1981). Від 1981 р. працював у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теорет. фізики АН УРСР. Від 1990 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах теорії розчинів та теорії м'якої речовини (від 2009 р. — пров. наук. співр.). Проходив наукові стажування в: Ін-ті хімії Т-ва Макса Планка (Майнц, ФРН, протягом 1989-1992),

Ін-ті хімії Націон. автономного ун-ту Мехіко (Мексика, 1994–1999), Ун-ті Бригама Янга (Прово, Юта, США, 1999–2006). Запрошений проф. Ун-ту Колорадо (Боулдер, США, 2008–2009).

Наукові дослідження пов'язані з вивченням м'якої речовини за допомогою аналітичних та комп'ютерних методів статистичної фізики. Запропоновано: узагальнення методу реплік у теорії інтегральних рівнянь для опису адсорбції складних плинів у пористих середовищах; метод гібридизації інтегральних рівнянь та комп'ютерного експерименту для дослідження води і водних розчинів електролітів; концепцію структурних взаємодій у теорії м'якої речовини, в рамках якої показано, що структурні сили є домінуючими в прикладних застосуваннях колоїдних дисперсій (очистка твердих поверхонь, піноутворення тощо); механізми поширення нанорідин та замерзання колоїдних плівок; молекулярну теорію гідратаційних взаємодій, які виникають між колоїдними частинками, диспергованими у водних електролітичних розчинах; узагальнення класичної теорії Ван дер Ваальса для опису рідкого стану речовини та фазової рівноваги рідина-пара. Встановлено роль далекосяжних взаємодій у комп'ютерних експериментах для співіснуючих фаз у плинах. Є автором понад 250 наукових праць.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2011). Нагороджений Почесною грамотою Президії НАН України (2009), Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018), відзнакою НАН України «За професійні здобутки» (2016), Відзнакою «Почесний Амбасадор Львова» (2017), Fulbright Scholar Award (2018).

Пр.: Ilnytskyi J.M., Trokhymchuk A., M. Schoen. Topological defects around a spherical nanoparticle in ne-

matic liquid crystal: Coarse-grained molecular dynamics simulations. J. Chem. Phys., **141**, 114903 (2014); Wasan D.T., Nikolov A., Trokhymchuk A., Henderson D. Colloidal systems: Confinement-induced structural forces. – In: Encyclopedia of surface and colloid science. CRC Press – 2015, p. 1302-1311; Trokhymchuk A., Henderson D. Depletion forces in bulk and in confined domains: From Asakura–Oosawa to recent statistical physics advances. Current Opinion in Colloid & Interface Sci., **20**, 32 – 38 (2015); Huerta A., Henderson D., Trokhymchuk A. Freezing of two-dimensional hard disks. Physical Review E. **74**, Article No. 061106 (2006); Trokhymchuk A., Alejandre J. Computer simulations of liquid/vapor interface in Lennard-Jones fluids: Some questions and answers. J. Chem. Phys., **111**, 8510-8523 (1999).



Уляк Михайло Васильович

Народився 18.11.1978 р. у с. Завадові Львівської обл. Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2003). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2003–2007). Протягом 2007–2018 рр. займався вчительською та викладацькою діяльністю. Від 2018 р. працює у Великомоштівській міській раді на посаді нач. відділу освіти, культури та туризму.

Наукові інтереси зі сфери поведінки кореляційної довжини тривимірної моделі Ізінга поблизу критичної точки. Є автором 3 наукових праць.

Пр.: Pylyuk I.V., Ulyak M.V. Critical behaviour of a 3D Ising-like system in the ρ^6 model approximation: Role of the correction for the potential averaging // Condens. Matter Phys. - 2012. - V. 15, N 4. - 43006 (10 pages).



Усатенко Зоряна Євгенівна

Народилася 16.11.1968 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1997). Габілітований доктор (2012, Польща). Професор (2017, Польща). Закінчила Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1991). Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1992–1996). Протягом 1996–2012 рр. працювала в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем (від 2010 р. — старший наук. співр.). Працює в Ун-ті Краківська Політехніка.

Наукові дослідження стосуються магнетиків і полімерів в обмежених середовищах типу тонких плівок, а також колоїдних розчинів. Є авторкою 31 наукової праці. Підготувала 2 кандидатів наук.

Стипендіатка Фонду Губольдта (двічі), Німецької служби академічних обмінів (DAAD), НАТО, Національної наукової ради Польщі (тричі), Королеви Ядвіги (двічі), Фундації для польської науки.

Пр.: Usatenko Z. E., Kozlovskii M. P. Thermodynamic characteristics of the classical n-vector magnetic model in three dimensions. *Phys. Rev. B.* 62, 9599-9615 (2000). Usatenko Z. E., Shpot M. A., Hu Ch.-K. Surface critical behaviour of random systems. Ordinary transition. *Phys. Rev. E.* 63, 056102 (2001). Usatenko Z., Hu Ch.-K. Crossover between special and ordinary transition in random semi-infinite Ising-like systems. *Phys. Rev. E.* 68, 066115 (2003). Romeis D., Usatenko Z. Polymer chains in confined geometries: Massive field theory approach. *Phys. Rev. E.* 80, 041802 (2009). Usatenko Z., Kuterba P., Chamati H., Romeis D. Linear and ring polymers in confined geometries. *Eur. Phys. J. Special Topics.* 226, 651-665 (2017).



Фаренюк Олег Ярославович

Народився 11.01.1981 в м. Жидачеві Львівської обл. Закінчив із відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2002). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2002–2005). Від 2005 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах квантової статистики та комп'ютерн. моделюв. багаточастинк. систем (від 2005 р. — пров. інж.). Від 2016 р. працює за сумісн. в Укр. католицькому ун-ті на ф-ті прикладних наук (викладач) та в освітній компанії EdPro (консультант).

Наукові дослідження стосуються сильноскорельованих електронних систем та високопродуктивних обчислювань.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2006).

Пр.: Farenuk O.Ya., Shvaika A.M., Band electron spectrum and thermodynamical properties of the pseudospin-electron model with tunneling splitting of levels, *Condensed matter physics*, 2006, vol. 9, No 1(45), p. 135-144; A.M. Shvaika, O.Ya. Farenuk, Dynamical susceptibilities of the Falicov-Kimball model with correlated hopping: general approach, *Condensed Matter Physics*, 2009, vol. 12, No. 1, p. 63; А. Фаренюк, З. Любунь, О. Фаренюк, Дослідження розпізнавання рукописних зображень за допомогою повнозв'язних і неповнозв'язних нейромереж та генетичних алгоритмів, *Теоретична електротехніка*, 2010, вип. 61, с.113-119; Stasyuk I.V., Stetsiv R.Ya., Farenuk O.Ya. Low-frequency dynamics of 1d quantum lattice gas: the case of local potential with double wells. *Mathematical Modeling and Computing*, vol. 5, No. 2 (2018), p. 235-241.



Хомляк Василь Мар'янович

Народився 01.03.1970 р. у с. Великих Мостах Сокальського р-ну Львівської обл. Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. Івана Франка (1992). Протягом 1992–1997 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем на посаді інж. Від 1997 р. займається підприємницькою діяльністю, входить до Комітету підприємців Львівщини.

Наукові інтереси стосувалися розрахунку термодинамічних функцій сегнето- і антисегнетоелектричних кристалів із водневими зв'язками.

Нагороджений головою Львівської ОДА срібною медаллю «Кращий підприємець Львівщини — 2010 року».



Хохлов Юрій Михайлович

Народився 03.09.1967 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1997). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І. Франка (1991). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (1991–1994). Протягом 1994–1998 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії металів і сплавів (від 1997 р. — мол. наук. співр.).

Наукові дослідження стосуються розвитку методу колективних змінних для бінарних сплавів, теорії статичних зміщень у неупорядкованих бінарних сплавах.

Пр.: Gurskii Z., Khokhlov Yu. Microscopic theory of atomic static displacements in substitutional binary alloys. *J. Phys.: Condens. Matter.* 6, 8711-8724 (1994). Гурський З.О., Хохлов Ю.М. Обчислення із перших принципів статичних зміщень атомів у бінарних сплавах. *Укр. Фіз. Журн.* 39, 62-66 (1994). Khokhlov Yu., Gurskii Z. The partition sum of substitutional binary alloys with the collective variables method. *Condens. Matter Phys.* №5, 42-56 (1995). Khokhlov Yu., Gurskii Z. A new approach for thermodynamic property investigations of binary alloys. *Metal. Phys. Adv. Tech.* 16, 477-492 (1997). Gurskii Z., Khokhlov Yu. Atomic static displacements and their effect on the short-range order in alloys. *Condens. Matter Phys.* 1, 389-400 (1998).



Черноморець Юлія Ігорівна

Народилася 19.02.1982 р. у м. Львові. Закінчила з відзнакою Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2004). У 2004 р. працювала в СЗШ №15 м. Львова вчителем фізики. Навчалася в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2012–2015). Протягом 2005–2012 рр. та від 2015 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах теорії нерівноважних процесів та теорії м'якої речовини (від 2015 р. — мол. наук. співр.).

Наукові праці зі сфери електродифузійних процесів переносу іонів та електронів у системах «електроліт–електрод» (шаруватій чи пористій структури), коли електроліт представляється класичною взаємодіючою підсистемою іонів, молекул, а електрод – як квантова підсистема, в структуру якого можуть інтеркалюватися іони з розчину або деінтеркалюватися в розчин. Для такої системи, використовуючи метод нерівноважного статистичного оператора Зубарева, запропоновано статистичну теорію цих процесів із врахуванням просторової неоднорідності та ефектів пам'яті. Є авторкою 20 наукових праць.

Стипендіатка Президента України для молодих вчених НАН України (2014–2016), лауреатка Премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2008, 2015).

Пр.: Костробій П.П. Теоретичні аспекти процесів інтеркаляції у системі «електроліт– електрод» / П.П. Костробій, Б.М. Маркович, Р.М. Токарчук, Ю.І. Черноморець, М.В. Токарчук // Фізичні процеси та їх мікроскопічні моделі в періодичних неорганічно/органічних клатрах: Монографія / Григорчак І.І. та ін. – Львів: Видавництво Растр-7, 2015. – Розд. 7. – С. 231-275. Sovyak E.M., Kurylyak I.J., Chernomorets Yu.I., Tokarchuk M.V. Generalized equations for ionic and molecular transport in electrolyte solutions through membrane structures. Taking electromagnetic processes into account. Ukr. J. Phys. 53, 819–829 (2008). Kostrobij P.P., Markovych B.M., Chernomorets Yu.I., Tokarchuk R.M., Tokarchuk M.V. Statistical description of electro-diffusion processes of ions intercalation in «electrolyte–electrode» system. Math. Model. Comput. 1, 178–194 (2014).



Чернявський Олег Іванович

Народився 21.12.1966 р. у с. Мшані Городоцького р-ну Львівської обл. Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (1990). Протягом 1991–2002 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії модельних спінових систем на посаді інж. Від 2012 р. працює в компанії «Техніка для бізнесу».

Наукові дослідження стосуються статистичної механіки систем з резонансними взаємодіями. Автор кількох наукових праць.

Пр.: Derzhko O., Levitskii R., Chernyavskii O., Equilibrium properties of the gas of atoms of which a part is excited within cluster expansion method. – Condensed Matter Physics, 1995, 6, p. 35-48. О. І. Чернявський, Ukr. Fiz. Zh. 41, 811 (1996) (in Ukrainian).



Чоба Володимир Юрійович

Народився 18.06.1977 р. у м. Пустомитах Львівської обл. Закінчив Держ. ун-т «Львівська політехніка» (1998). Протягом 1998–1999 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на посаді інж. II кат. У 1999 р. переведений у ДП Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» ІФКС НАН України.

Займався науково-телекомунікаційною діяльністю засобами комп'ютерної мережі інтернет, забезпеченням модемного зв'язку користувачів з інтернет-вузлом ІФКС НАН України.

**Чушак Ярослав Григорович**

Народився 15.07.1958 р. у м. Берестечку Волинської обл. Кандидат фіз.-мат. наук (1989). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1980). Від 1986 р. працював у Львівському від-ні статист. фізики ІТФ АН УРСР та протягом 1990–1999 рр. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії металів і сплавів (від 1997 р. — ст. наук. співр.) У 1999 р. виїхав на постійне проживання до США. Працював в Ун-тах Мічигану та Айови (США), а також у приватних комп'ютерних та технологічних компаніях США.

Наукові дослідження стосуються фононних спектрів неупорядкованих сплавів із врахуванням кореляцій ближнього порядку, спектрів колективних збуджень у простих та бінарних металічних розплавах. Запропоновано підгінну схему визначення дисперсії двох гілок колективних збуджень у бінарних рідинах, використовуючи дані комп'ютерного моделювання методом молекулярної динаміки та рівняння для функцій пам'яті в матричній формі. Досліджено явище «швидкого звуку» в бінарних розплавах із великою різницею мас компонент. Широко використовував моделювання методом молекулярної динаміки для дослідження атомістичної структури та динаміки простих і складних рідин. В США досліджено плавлення та кристалізацію кластерів та наночастинок золота, Ni-Al, Se-Fe методами комп'ютерного моделювання.

Пр.: Gurskii, Z.A., Chushak, Ya.G. Lattice Dynamics of Binary Alloys. *Physica Status Solidi (b)* 157, 557-566 (1990); Yuhnovskii, I.R., Gurskii, Z.A., Chushak, Ya.G. Calculation of the Free Energy and the Pair Correlation Functions of Disordered Binary Alloys by the Method of Collective Variables. *Physica Status Solidi (b)*, 163, 107-118 (1991); Chushak, Ya., Bryk, T., Baumketner, A., Kahl, G., Hafner, J. Dynamical properties of liquid binary alloys: A memory function study. *Physics and Chemistry of Liquids*. 32, 87-102 (1996); Chushak, Y.G., Bartell, L.S. Melting and freezing of gold nanoclusters. *Journal of Physical Chemistry B*, 105, 11605-11614 (2001); Anento, N., González, L.E., González, D.J., Chushak, Y., Baumketner, A. Viscoelastic model for the dynamic structure factors of binary systems. *Phys. Rev. E*, 70, 041201:1-15 (2004).



Шабат Ігор Омелянович

Народився 11.09.1954 р. у смт. Рудному Львівської обл. Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1981). Навчався в аспірантурі Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР (1988–1991). Протягом 1991–1994 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики на посаді інж.

Наукові інтереси пов'язані з вивченням сильно скорельованих систем методом функцій Гріна.

Пр.: G.V. Ponedilok, I.E. Shabat, On the density of electron states and magnetization of the crystalline narrow band s-d model. – *physica status solidi (b)* 174 (1), 67-77 (1992).



Шаповал Дмитро Юрійович

Народився 20.02.1990 р. у м. Львові. Закінчив фізичний ф-т Львівського націон. ун-ту ім. Івана Франка (2017). Навчається в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (від 2017).

Наукові дослідження зі сфери рівноважних властивостей каталітично-активованих реакцій, коагуляційно-дифузійних процесів та методів теоретико-польової ренормалізаційної групи для аналізу поведінки магнетиків.

Пр.: Dmytro Shapoval, Maxym Dudka, Xavier Durang, Malte Henkel. Crossover between diffusion-limited and reaction-limited regimes in the coagulation-diffusion process *J. Phys. A* 51 (2018) 425002.



Швайка Андрій Михайлович

Народився 08.11.1960 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (2011), старший науковий співробітник (2000). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1982). У період 1982–1985 рр. працював у Фіз.-мех. ін-ті ім. Г.В. Карпенка АН УРСР (інж.). Протягом 1985–1990 рр. працював у НДЧ Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка на каф. теорет. фізики (мол. наук. співр.). Від 1990 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2011 р. — пров. наук.

співробітник). Протягом 2012–2014 рр. працював (за сумісн.) в Націон. ун-ті «Львівська політехніка» на посаді проф.

Наукові дослідження стосуються теоретичного опису багаточастинкової динаміки та ефектів непружного розсіяння у сильноскорельованих електронних системах, зокрема, розвитку квантово-статистичних методів сильного зв'язку в теорії динамічного середнього поля для розрахунку багаточастинкових сприйнятливостей, оптичних спектрів і спектрів фотоелектронної емісії, перерізів резонансного непружного (комбінаційного) розсіяння світла та х-променів, у т.ч. для пояснення нерівноважних часоворозділних спектрів в експериментах нагнітання/вимір. Є автором 180 наукових праць, виховав 1 кандидата наук.

Заступник головного редактора журналу «Condensed Matter Physics», член редколегії журналу «Open Physics» («Central European Journal of Physics»). Керівник проектів Фонду цивільних досліджень і розвитку США «Theoretical simulation of electronic Raman scattering near a metal-insulator transition» (2002–2004) та «Inelastic light scattering in strongly correlated materials: resonant inelastic X-ray scattering, nonresonant X-ray scattering in 2-d and X-ray scattering in charge density wave systems» (2006–2008).

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2015). Нагороджений Грамотою Верховної Ради України (2019), Почесною грамотою НАН України (2013), Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018).

Пр.: Shvaika A.M. Dynamical susceptibilities in strong coupling approach. *Physica C*. **341–348**, 177–178 (2000). Shvaika A.M. Dynamical mean-field theory of correlated hopping: A rigorous local approach. *Phys. Rev. B*. **67**, 075101: 1–12 (2003). Shvaika A.M., Vorobyov O., Freericks J.K., Devereaux T.P. Resonant enhancement of inelastic light scattering in strongly correlated materials. *Phys. Rev. Lett.* **93**, 137402: 1–4 (2004). Devereaux T.P., Shvaika A.M., Wu K., Wohlfeld K., Jia C.J., Wang Y., Moritz B., Chaix L., Lee W.-S., Shen Z.-X., Ghiringhelli G., Braicovich L. Directly characterizing the relative strength and momentum dependence of electron-phonon coupling using resonant inelastic x-ray scattering. *Phys. Rev. X*. **6**, 041019: 1–12 (2016). Freericks J.K., Matveev O.P., Shen Wen, Shvaika A.M., Devereaux T.P. Theoretical description of pump/probe experiments in electron-mediated charge-density-wave insulators. *Phys. Scr.* **92**, 034007: 1–16 (2017). Matveev O.P., Shvaika A.M., Devereaux T.P., Freericks J.K. Stroboscopic tests for thermalization of electrons in pump/probe experiments. *Phys. Rev. Lett.* **122**, 247402: 1–6 (2019).



Шмотолоха Володимир Ігорович

Народився 08.09.1986 р. у м. Львові. Закінчив Львівський націон. ун-т ім. Івана Франка (2009). Навчався в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2010–2013). Від 2013 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії розчинів, а згодом — у відділі теорії м'якої речовини (від 2015 р. — мол. наук. співр.).

Наукові інтереси зі сфери дослідження впливу неупорядкованого пористого середовища на термодинамічні властивості ізотропних та анізотропних плинів. Розвинено підходи на базі теорії мас-

штабної частинки з відштовхувальним та притягальним потенціалом парної взаємодії. Є автором 22 наукових праць.

Стипендіат НАН України для молодих вчених (2019–2021), лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для молодих учених (2012). Член Львівської системи дослідників II рівня (2019).

Пр.: M. Holovko, V. Shmotolokha, T. Patsahan., J. Mol. Liq. 189 (2014) 30-38. M. Holovko, T. Patsahan, V. Shmotolokha., Condens. Matter. Phys, 18 (2015) 13607. M. Holovko, V. Shmotolokha, T. Patsahan., Springer Proceedings in Physics 171 (2015) 3-30. M. Holovko, V. Shmotolokha., Ukr. J. Phys. 60 (2015) 770-781. M. Holovko, V. Shmotolokha., Condens. Matter. Phys, 21 (2018) 13602.



Шовгенюк Михайло Васильович

Народився 22.09.1950 р. у с. Чорному Потоці Івано-Франківської обл. Помер 25.07.2019 р. у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (1994), професор (2010). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1975). Протягом 1975–1990 рр. працював в Укр. НДІ поліграфічної промисловості (пров. наук. співр.). Навчався в докторантурі Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (1990–1993). Протягом 1993–2019 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем (від 1997 — пров. наук. співр.). Протягом 2000–2019 рр. працював (за сумісн.) в Українській академії друкарства на посаді проф.

Наукові дослідження стосувалися теоретичної моделі синтезу кольорового зображення в кольірному просторі ICaS, кольороподілу зображення на дві кольорові та чорну фарби, на основі чого створено нову технологію кольоро-

вого друку. Запропоновано новий метод виводу на екран дисплея зображення двома кольорами та білим світлом, в результаті якого досягається значна економія енергії живлення кольорових субпікселів. Є автором 200 наукових праць, 15 патентів та 10 міжнародних патентних заявок. Підготував 1 доктора та 7 кандидатів наук.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2013). Нагороджений Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018), Подякою НАН України (2019).

Пр.: Шовгенюк М.В., Козловський Ю.М. Самоподібність спряжених зображень при дробовому фур'є-перетворенні. Доп. НАН України, № 6, С 92-97 (2000); Shovgenyuk M. V., Krokhmal'skii T.Ye., Kozlovskii M.P. Binary phase elements: optical and statistical properties. Ukr. J. Phys. Opt., V2, № 1, 1-20, (2001); Шовгенюк М.В., Крик М.Р. Аналітичний розв'язок рівнянь автотипного синтезу зображення в колірному просторі ICaS. Доп. НАН України, № 11, 81-86 (2012); Koval'skiy B. M., Zanko N. V., Pysanchyn N. S., Shovgenyuk M. V. Research colorimetric parameters prints according to standard ISO 12647-2:2013. Sc. and Ed. New Dimen., 73, 111-115 (2015); WO2019UA74467. Способ разделения цветов цифрового изображения. Заявитель ИФКС НАН Украины. Авторы: Шовгенюк М.В., Семенов М.Р., Ковальский Б.М. и др. Публикация 18.04.2019.



Шпитко Володимир Євгенович

Народився 30.04.1966 р. у м. Львові. Помер 22.03.2001 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1997). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1988). Протягом 1988–2001 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі теорії металів та сплавів (мол. наук. співр.).

Наукові праці стосуються релятивістичної теорії прямих взаємодій між частинками, в т.ч. одновимірних квантово-механічних моделей двочастинкової взаємодії у фронтальній формі динаміки, гармонічного потенціалу у випадку N частинок, квантово-механічних моделей взаємодій з теоретико-польовою інтерпретацією. Спільно з Ю. Дареви-чем займався вивченням квантових хвильових рівнянь для скалярно-спінорної системи в рамках квантової теорії поля, для якої отримано нову точно розв'язувану релятивістичну модель. Є автором 17 наукових праць.

Пр.: Shpytko V. Exactly integrable model of N -body system in the two-dimensional variant of the front form of dynamics. Acta Phys. Pol. B27, 2057-2070 (1996). Tretyak V., Shpytko V. On the relativistic mass spectra of the two-particle system. J. Nonlin. Math. Phys. 4, 161-167 (1997). Tretyak V., Shpytko V. Time-asymmetric Fokker-type action and relativistic wave equation. J. Phys. A 33, 5719-5738 (2000). Shpytko V., Darewych J.

Exact spinor-scalar bound states in a QFT with scalar interaction. Phys. Rev. D 64, 045012 (2001). Duviryak A., Shpytko V. Relativistic two-particle mass spectra for time-asymmetric Fokker action. Rep. Math. Phys. 48, 219-226 (2001).



Шпот Микола Адріанович

Народився 02.08.1960 р. у м. Львові. Кандидат фіз.-мат. наук (1990), старший наук. співр. (2003). Закінчив із відзнакою Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1982). Навчався в аспірантурі Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (1982–1985). Від 1985 р. працював у Львівському від-ні статист. фізики ІТФ АН УРСР. Від 1990 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі статист. теорії конденс. систем (від 1997 р. — ст. наук. співр.). Проходив багаторазові наукові стажування у Центрі ядерних досліджень Сакле (Франція) та Ессен-

ському ун-ті (Німеччина). Навчався в докторантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (2013–2016).

Наукові інтереси пов'язані з дослідженням критичної поведінки неупорядкованих систем методами теоретико-польової ренормалізаційної групи, поверхневих критичних явищ в напів-обмежених системах, критичних властивостей систем із просторовою анізотропією в точці Ліфшица, флуктуаційно-індукованих сил у системах, обмежених двома паралельними поверхнями, математичного аналізу специфічних інтегралів Фейнмана, що виникають при розрахунку критичних показників m -вісних точок Ліфшица в d -вимірному просторі.

Стипендіат фонду Александра фон Гумбольдта (1993).

Пр.: Шпот Н.А. Уравнение состояния и универсальные комбинации термодинамических критических амплитуд примесной модели Изинга. ЖЭТФ. 98, 1762-1777 (1990); Bervillier C., Shpot M. Universal amplitude combinations of the three-dimensional random Ising system. Phys. Rev. B. 46, 955-968 (1992); Diehl H.W., Shpot M. Surface critical behavior in fixed dimensions $d < 4$: Nonanalyticity of critical surface enhancement and massive field theory approach. Phys. Rev. Lett. 73, 3431-3434 (1994); Shpot M.A., Piśmak Yu. M. Lifshitz-point correlation length exponents from the large- n expansion. Nucl. Phys. B. 862, 75-106 (2012); R.B. Paris, Shpot M.A. A Feynman integral in Lifshitz-point and Lorentz-violating theories in $R^D \oplus R^m$. Math. Meth. Appl. Sci. 41, 2220-2246 (2018).



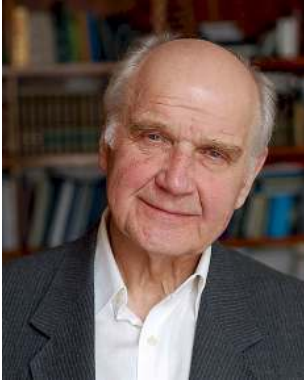
Щур Ярослав Йосифович

Народився 01.06.1962 у м. Львові. Доктор фіз.-мат. наук (2012), старший наук. співр. (2007). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1985). У період 1988–1992 рр. працював у Львівському держ. ун-ті на кафедрі нелінійної оптики (наук. співр.). Протягом 1992–2002 рр. працював в Ін-ті фізичної оптики МОН України (ст. наук. співр., зав. лаб.). Від 2002 р. працює в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділі квантової статистики (від 2013 р. — пров. наук. співр.).

Наукові дослідження зі сфери моделювання динаміки ґратки як однорідних тривимірних монокристалів, так і періодичних одно- та двовимірних кристалічних композитних структур, а також фізики сегнетоактивних явищ, структурних фазових переходів, низькочастотної домінантної динаміки, Раманівської та інфрачервоної спектроскопії. Є автором 60 наукових реферованих статей.

Член редколегії журналу «Condensed Matter Physics», член спецради для захисту дисертацій при Інституті фізики конденсованих систем НАН України.

Пр.: Ya. Shchur, Lattice dynamics study and specific heat of CsH_2PO_4 and CsD_2PO_4 , Phys. Rev B, **74**, 054301-054308 (2006). Ya. Shchur, Phase transitions in TiH_2PO_4 and TiD_2PO_4 crystals: lattice dynamical treatment, J. Phys.: Condens. Matter, **22**, 315902-1-8 (2010). Ya. Shchur, A.V. Kityk, Ordered PbHPO_4 nanowires: Crystal structure, energy bands and optical properties from first principles; Computational Materials Science, **138**, 1-9 (2017). V. Mueller, Ya. Shchur, H. Beige, S. Mattauch and J. Glinnemann, G. Heger, Dielectric dispersion due to weak domain wall pinning in RbH_2PO_4 , Phys.Rev B, **65**, 134102 – 134107 (2002). A. Kityk, Ya. Shchur, A. Zadorozhna, I. Trach, I. Girnyk, I. Martynyuk-Lototska and O.Vlokh, Pressure induced ferroelastic instability and lattice dynamics of Cs_2HgCl_4 crystals within the semiempirical rigid-ion model, Phys. Rev. B, **58**, 2505-2512 (1998).



Юхновський Ігор Рафаїлович

Народився 01.09.1925 в с. Княгинині Млинівського р-ну на Рівненщині. Доктор фіз.-мат. наук (1965), професор (1967), академік АН УРСР (1982). Закінчив фіз.-мат. ф-т Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка (1951). Навчався в аспірантурі Львівського держ. ун-ту ім. І.Я. Франка на каф. теорет. фізики (1951–1954). Протягом 1954–1969 рр. працював у Львівському держ. ун-ті ім. І.Я. Франка на каф. теорет. фізики (протягом 1958–1969 рр. — зав. каф.). У 1969 р. у Львові створив і очолив відділ статист. теорії конденс. систем Ін-ту теорет. фізики АН УРСР (ІТФ), реорганізований у 1980 р. у Львівське від-ня статист. фізики ІТФ. Протягом 1980–1990 рр. — керівник цього від-ня і одночасно заст. директора ІТФ з наук. роботи. Протягом 1990–2016 рр. — директор Ін-ту фізики конденс. систем НАН України, створеного на базі Львівського від-ня ІТФ, від 2006 р. — почесний директор цього ін-ту. У період 1990–1998 рр. — голова Західного наук. центру НАН України. Народний депутат України Верховної Ради України I–IV скликань (1990–2006). Держ. радник України та голова Колегії з питань наук.-техн. політики Державної думи України (1992). Перший віце-прем'єр-міністр України (1992–1993). Протягом 2006–2010 рр. очолював новостворений центральний орган виконавчої влади зі спеціальним статусом — Український ін-т національної пам'яті. Від 2010 р. — Радник Президії НАН України.

Наукові дослідження стосуються статистичної фізики та теорії конденсованої речовини. Створив добре знану в світі Львівську наукову школу зі статистичної фізики, в рамках якої розроблено оригінальні і потужні методи теоретичних досліджень систем взаємодіючих частинок: метод колективних змінних та метод зміщень і колективних змінних, які дозволили розв'язати серію принципових проблем фізики конденсованої речовини. Зробив суттєвий внесок у розвиток теорії рідин і розчинів електролітів, металів і сплавів, неупорядкованих систем, фазових переходів та критичних явищ. Досліджував використання математичних методів в економіці та розвитку суспільства, проблеми енергетики, проблеми безпеки об'єкту «Укриття» на ЧАЕС. Останнім часом розробляє теорію критичної точки «рідина-газ». Є автором біля 700 наукових публікацій, 8 монографій та підручників.

Лауреат премій АН УРСР ім. М.М. Крилова (1986) та НАН України ім. М.М. Боголюбова (2017). Почесний доктор Ін-ту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. Доктор Honoris Causa Львівського ім. І. Франка, Східноєвропейського ім. Л. Українки, Прикарпатського ім. В. Стефаника та

Ужгородського національних ун-тів. Дійсний член НТШ (1995). Герой України та кавалер ордена Держави (2005). Кавалер орденів «Знак пошани» (1975), Трудового Червоного Прапора (1985), Вітчизняної війни I ст. (1985), Відзнаки Президента України (1995), «За заслуги» I ст. (2000), князя Ярослава Мудрого V (2002) та IV (2009) ступенів, Свободи (2016). Почесний громадянин міст Львова та Кременця.

Пр.: Статистическая теория классических равновесных систем (К.: Наук. думка, 1980, 372 с.; зі співавт.); Фазовые переходы второго рода в методе коллективных переменных (К.: Наук. думка, 1985, 223 с.); Квантово-статистическая теория неупорядоченных систем (К.: Наук. думка, 1991 287 стор.; зі співавт.); Основи квантової механіки (К.: Либідь, 1995; 2002 з доп., 390 с.); Мікроскопічна теорія фазових переходів у тривимірних системах (Львів: Євросвіт, 2001, 588 с., зі співавт.), Вибрані праці: (Львів: В-во Львівської політехніки). Фізика (2005, 856 с.); Економіка (2005, 863 с.), Політика (2010, 565 с.).



Янко Олексій Тарасович

Народився 03.11.1974 р. у с. Верині Миколаївського р-ну Львівської обл. Закінчив Держ. ун-т «Львівська політехніка» (1996). Протягом 1997–1999 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на посаді інж. I кат. У 1999 р. переведений в ДП Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» ІФКС НАН України.

Займався забезпеченням науково-телекомунікаційної діяльності засобами комп'ютерної мережі інтернет.



Яремко Юрій Григорович

Народився 31.08.1961 р. у с. Жвирці Сокальського р-ну Львівської обл. Доктор фіз.-мат. наук (2015), старший наук. співр. (2007). Закінчив Львівський держ. ун-т ім. І.Я. Франка (1983). Від 1988 р. працює у Львівському від-ні статист. фізики Ін-ту теоретичної фізики АН УРСР, від 1990 р. — в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України у відділах теорії релятивістичних систем, комп'ютерного моделювання багаточастинкових систем (від 2017 р. — пров. наук. співр.).

Наукові праці з класичної та квантової теорії поля (в контексті реакції випромінювання), релятивістичної теорії прямих взаємодій, теорії динамічних

систем, методів утримання заряджених та нейтральних частинок в електромагнітних полях спеціальної конфігурації та пов'язаної з цим спектроскопії високої роздільної здатності. Є автором 80 наук. праць.

Відповідальний секретар редколегії Фізичного збірника НТШ, член редколегії Electronic Journal of Theoretical Physics.

Лауреат премії Львівської облдержадміністрації та облради для видатних учених (2017). Нагороджений Ювілейною почесною грамотою (до 100-річчя НАН України) (2018).

Пр.: Tretyak V., Yaremko Yu. Radiation Reaction in Classical Field Theory (Basics, Concepts, Methods). LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, 2012, 1998, 423 p. Yaremko Yu., Przybylska M., Maciejewski A.J. Relativistic quantum mechanics of a spin-1/2 charge in a Penning trap. Int. J. Mass Spectrom. 422, 13-26 (2017). Yaremko Yu., Przybylska M., Maciejewski A.J. Penning trap with an inclined magnetic field. Chaos 26, No 8, 083118 (2016). Yaremko Yu., Przybylska M., Maciejewski A.J. Dynamics of a relativistic charge in the Penning trap. Chaos 25, No 5. 053102 (2015). Yaremko Yu. Exact solution to the Landau-Lifshitz equation in a constant electromagnetic field. J.Math.Phys. 54, No 9. 092901 (2013).

Яремчук Дмитро Любомирович



Народився 09.04.1994 р. у м. Львові. Закінчив Львівський націон. ун-т імені Івана Франка (2017). Навчається в аспірантурі Ін-ту фізики конденс. систем НАН України (від 2017).

Наукові інтереси: теорія та моделювання полімерів і функціональних матеріалів.

Яхнич Олександр Валерійович



Народився 07.05.1973 р. у м. Львові. Закінчив Держ. ун-т «Львівська політехніка» (1996). Протягом 1995–1997 рр. працював в Ін-ті фізики конденс. систем НАН України в лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж на посаді інж. II кат.

Займався адмініструванням серверів та маршрутизаторів мережі ІФКС/УАРНет.

КАНДИДАТСЬКІ ДИСЕРТАЦІЇ

1970 Бігун Г.І.

Застосування методу зміщень і колективних змінних до дослідження нормальних фермі-систем заряджених частинок поблизу абсолютного нуля.

041 – теоретична і математична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

Головко М.Ф.

До статистичної теорії рівноважних систем заряджених частинок складної електростатичної структури.

041 – теоретична і математична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

1971 Левицький Р.Р.

Деякі питання динамічної теорії сегнето- і антисегнетоелектриків з водневими зв'язками.

041 – теоретична і математична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

Гурський З.О.

Метод модельних псевдопотенціалів і деякі атомні властивості простих металів.

01.041 – теоретична і математична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

1972 Ваврух М.В.

Двосортна система заряджених взаємодіючих частинок у методі зміщень і колективних змінних.

01.041 – теоретична і математична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

1973 Вакарчук І.О.

Застосування методу зміщень і колективних змінних до дослідження системи взаємодіючих бозе-частинок.

01.041 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Петрашко Р.М.

Бінарна функція розподілу вироджених Фермі-систем.

01.041 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Баран С.Р.

Рівноважні розподіли дефектів у динамічній ґратці.

01.041 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1974 Костробій П.П.

Застосування методу зміщень і колективних змінних до дослідження кореляційних функцій і термодинамічних характеристик неперехідних

металів.

01.041 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1975 Височанський В.С.

Дослідження бінарних функцій розподілу змішаних іонно-дипольних систем.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Слободян П.М.

Діаграмна техніка для операторів Хаббарда в деяких задачах теорії магнетизму.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1977 Гонопольський О.Л.

Застосування методу зміщень і колективних змінних до дослідження бозе-рідини.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Рудавський Ю.К.

Дослідження моделі Ізінга методом колективних змінних.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Кориневський М.А.

Деякі питання теорії сегнетоактивних сполук типу ортофосфатів.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1978 Козловський М.П.

Поведінка термодинамічних функцій поблизу точки фазового переходу в моделі Ізінга.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1979 Куриляк І.Й.

Застосування методу колективних змінних в статистичній теорії обмежених іонно-дипольних систем.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1981 Пізіо О.О.

Виділення системи відліку в багатосортних системах заряджених частинок зі складною електростатичною структурою.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Козицький Ю.В.

Застосування методу колективних змінних до дослідження скалярних моделей фазових переходів.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1982 Копич І.М.

Опис рідкого стану і виведення рівняння співіснування фаз у формалізмі функцій розподілу.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Сабан О.Я.

Деформаційні ефекти в кристалах зі структурними ян-теллерівськими фазовими переходами.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1983 Понеділок Г.В.

Застосування методу континуального інтегрування до дослідження аморфних і рідких магнітних систем.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Коломієць В.О.

Числові розрахунки тривимірної моделі Ізінга в методі колективних змінних.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ЛДУ ім. І.Я. Франка.

Мохняк С.М.

Деформаційні ефекти в халькогенідах ртуті.

01.04.07 – фізика твердого тіла, ЛДУ ім. І.Я. Франка.

1984 Коцур С.С.

Теорія індукованої електричним полем оптичної активності діелектричних кристалів.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Головач Ю.В.

Дослідження фазового переходу в системі з n-компонентним виродженим параметром порядку.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1985 Сов'як Є.М.

Вільна енергія і функції розподілу частинок просторово-неоднорідної іонно-молекулярної системи.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1986 Токарчук М.В.

Дослідження кінетичних коефіцієнтів переносу в іонно-молекулярних системах.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1987 Крохмальський Т.Є.

Електронні кореляції та багаточастинкові взаємодії в металах.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, КДУ ім. Т.Г. Шевченка.

Трохимчук А.Д.

До статистичної теорії рівноважних властивостей густих іонних і іонно-дипольних систем.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Калюжний Ю.В.

Атом-атомний підхід в статистичній теорії іонно-молекулярних систем.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ОДУ ім. І.І. Мечникова.

1988 Держко О.В.

Статистична теорія частково збуджених систем.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ОДУ ім. І.І. Мечникова.

Ідзик І.М.

Дослідження критичної точки рідина-газ методом колективних змінних.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ОДУ ім. І.І. Мечникова.

Сороков С.І.

Динаміка і термодинамічні властивості квазіспінових систем. Кластерне наближення.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ОДУ ім. І.І. Мечникова.

Мриглюд І.М.

Застосування методу наближеного перетворення ренормгрупи до дослідження критичної поведінки n -компонентної моделі структурного фазового переходу.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, КДУ ім. Т.Г. Шевченка.

Пацаган О.В.

Застосування методу колективних змінних до опису фазового переходу II роду в бінарних системах.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, КДУ ім. Т.Г.Шевченка.

1989 Марголич І.Ф.

Дослідження двокомпонентних структурно неупорядкованих магнетиків.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Процикевич І.А.

Врахування несиметричних ефектів у статистичній теорії рівноважних властивостей густих іонних та іонно-молекулярних систем.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Солов'ян В.Б.

Базисний підхід до опису багаточастинкових систем із локалізованими

станами.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Чушак Я.Г.

Дослідження методом колективних змінних впливу коливань ґратки на термодинамічні властивості бінарних сплавів.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1990 Шпот М.А.

Дослідження фазового переходу в просторово неупорядкованих системах.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, КДУ ім. Т.Г. Шевченка.

Омелян І.П.

Коефіцієнти переносу і кореляційні функції в густих газах і рідинах.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ОДУ ім. І.І. Мечникова.

1992 Пиллюк І.В.

Розрахунок термодинамічних функцій тривимірної моделі Ізінга та дослідження їх залежності від мікроскопічних параметрів системи.

01.04.07 – фізика твердого тіла, ЛДУ ім. І. Франка.

Глушак П.А.

Дослідження рівноважних властивостей надтекучого гелію-4 при низьких температурах.

01.04.02 – теоретична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

Іванків О.Л.

Термодинаміка та оптичні властивості квазіодноримірних систем з водневими зв'язками.

01.04.02 – теоретична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

Дувіряк А.А.

Класичний гамільтонів опис системи частинок у різноманітних формах релятивістської динаміки і його просторово-часова інтерпретація.

01.04.02 – теоретична фізика, Ін-т фізики високих енергій, Протвино, Росія.

1993 Коваленко А.Ф.

Квантові властивості водневоподібних частинок поблизу неметалічних поверхонь.

01.04.02 – теоретична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

1994 Ільницький Я.М.

Метод колективних змінних і ϵ -розклад.

01.04.02 – теоретична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

Брик Т.М.

Новий метод дослідження електронної структури металів, що ґрунтується на формалізмі повністю ортогоналізованих плоских хвиль.

01.04.02 – теоретична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

Стеців Р.Я.

Електронні стани і оптичні ефекти у кристалах з водневими зв'язками типу KN_2PO_4 .

01.04.07 – фізика твердого тіла, ЛДУ ім. І. Франка.

1995 Швайка А.М.

Дослідження моделі з локальним ангармонізмом у теорії високотемпературних надпровідників.

01.04.02 – теоретична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

1996 Яремко Ю.Г.

Змінні центра мас у релятивістичній лагранжевій механіці системи прямо взаємодіючих частинок.

01.04.02 – теоретична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

Дуда Ю.Я.

Молекулярні моделі асоціативних рідин. Аналітичні та чисельні дослідження рівноважних властивостей.

01.04.14 – теплофізика та молекулярна фізика, ІФКС НАН України.

Вакарін Е.В.

Вплив асоціативних ефектів на поверхневі властивості модельних флюїдних систем.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

1997 Ігнатюк В.В.

Дослідження нелінійних флуктуацій у простих та іонних рідинах при узгодженому описі кінетики та гідродинаміки.

01.04.14 – теплофізика та молекулярна фізика, ІФКС НАН України.

Кобрин О.Є.

До теорії кінетичних рівнянь систем взаємодіючих частинок у методі нерівноважного статистичного оператора.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Соколовський Р.О.

Дослідження невпорядкованих ізінгівських моделей у кластерному наближенні.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Усатенко З.Є.

Розрахунок термодинамічних функцій класичного магнетика з n -

компонентним параметром порядку поблизу точки фазового переходу.
01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Хохлов Ю.М.

Мікроскопічна теорія бінарних сплавів з врахуванням статичних зміщень атомів.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Шпитко В.Є.

Квантово-механічні моделі релятивістичної прямої взаємодії системи N тіл у фронтальній формі динаміки.

01.04.02 – теоретична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

1998 Моїна А.П.

Вплив зовнішнього тиску на фазовий перехід і фізичні властивості сегнетоактивних кристалів сім'ї KN_2PO_4 .

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Соколовська Т.Г.

Застосування методів колективних змінних та інтегральних рівнянь у статистичній теорії анізотропних флюїдів.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

1999 Павленко Н.І.

Фазові переходи та орієнтаційно-тунельна динаміка в суперіонних кристалах з водневими зв'язками.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Желем Р.І.

Статистичний опис процесів переносу в розчинах електролітів у просторово-неоднорідних умовах.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Верхоляк Т.М.

Вплив безладу та взаємодій різних типів на термодинамічні та динамічні властивості модельних спінових систем.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Баумкетнер А.Б.

Дослідження динамічних властивостей бінарних сумішей шляхом поєднання методів аналітичної теорії та комп'ютерного моделювання.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2000 Данилів О.Д.

Термодинаміка двопідграткової псевдоспін-електронної моделі в теорії сильнокорельованих електронних систем.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2002 Капко В.І.

Врахування асоціативних взаємодій в теорії розчинів електролітів. Метод інтегральних рівнянь для кореляційних функцій розподілу.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Табунщик К.В.

Електронні стани та фазові переходи у псевдоспін-електронній моделі з сильною локальною взаємодією в теорії ангармонічних систем.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Баран О.Р.

Кластерний підхід в дослідженні псевдоспінових моделей.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Забуранний О.В.

Статистична механіка магнітних ланцюжків з регулярною неоднорідністю і випадковим безладом.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2003 Дудка М.Л.

Критична поведінка магнетиків з випадковою анізотропією.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Назаренко А.В.

Редукція ступенів вільності у релятивістичній гамільтоновій динаміці.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2004 Козловський Ю.М.

Теоретичні основи формування та аналізу зображень в області дробового фур'є-перетворення.

01.04.05 – оптика, лазерна фізика, Ін-т фізичної оптики МОН України.

Блавацька В.Б.

Вплив протяжних домішок на закони скейлінгу для магнетиків та полімерів.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Мельник Р.С.

Опис неуніверсальних критичних характеристик бінарної симетричної суміші на мікроскопічному рівні.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2005 Лісний Б.М.

Термодинаміка протонної моделі кристалів сім'ї KN_2PO_4 з тунелюванням і п'єзоелектричною взаємодією.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Пацаган Т.М.

Статистико-механічне моделювання впливу пористих середовищ на властивості рідин.

01.04.24 – фізика колоїдних систем, ІФКС НАН України.

Величко О.В.

Дослідження польових ефектів у локально ангармонічних та сегнето-електричних системах із переходами лад-безлад.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Мисакович Т.С. Дослідження фазових переходів та комбінаційного розсіяння в локально-агармонічних системах із сильними електронними кореляціями.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2006 Дручок М.Ю.

Статистичне моделювання ефектів іонної асоціації та катіонного гідролізу в колоїдно-електролітичних розчинах.

01.04.24 – фізика колоїдних систем, ІФКС НАН України.

2007 Притула О.О.

Вплив зовнішнього магнітного поля на критичну поведінку тривимірного ізингоподібного магнетика.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2008 Гера О.Б.

Термодинаміка та енергетичний спектр асиметричної моделі Хаббарда: ефекти розсіяння у підході динамічного середнього поля.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Глушак С.П.

Вплив полідисперсності на фазову поведінку колоїдних та полімерних систем.

01.04.24 – фізика колоїдних систем, ІФКС НАН України.

2009 Воробйов О.А.

Кореляційні ефекти у квазіодновимірних іонних (протонних) провідниках.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Капикранян О.Є.

Вплив безладу на низькотемпературну поведінку двовимірних спінових моделей із неперервною симетрією.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Мриглюд О.І.

Компоненти інформаційної системи підтримки рішень для наукових

періодичних видань.

05.13.06 – інформаційні технології, НУ «Львівська політехніка».

Портнягін Д.В.

Принцип максимуму та регулярність розв'язків квазілінійних недіагональних параболічних систем.

01.01.02 – диференціальні рівняння, Харківський ун-т ім. В.Н. Каразіна.

2010 Вдович А.С.

Термодинаміка та динамічні властивості водневозв'язаних сегнетоактивних матеріалів із конкуруючими короткосяжними взаємодіями.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2011 Андрусик А.Я.

Термодинамічні і динамічні властивості сегнетоактивних сполук із дво-ямним асиметричним потенціалом.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Пальчиков В.В.

Ефекти безмасштабності та тісного світу в складних мережах.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Дідух Л.А.

Створення інформаційної технології захисту цінних паперів на основі кодуючих структур Адамара.

05.13.06 – інформаційні технології, Українська академія друкарства.

2012 Гуменюк Й.А.

Процеси переносу в густих газових сумішах: узгоджений опис кінетики та гідродинаміки.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Максименко М.В.

Ефекти локалізованих станів у низькотемпературних властивостях квантових ґраткових систем.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Матвеев О.П.

Дослідження непружного розсіяння світла в сильноскорельованих системах в методі динамічного середнього поля.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2013 Бзовська І.С.

Моделювання процесів гетерогенного каталізу на прикладі реакції окислення монооксиду вуглецю.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Кравців І.Я.

Ефекти флуктуацій і просторового обмеження в теорії простих та анізотропних плинів.

01.04.24 – фізика колоїдних систем, ІФКС НАН України.

Романік Р.В.

Узагальнене рівняння стану тривимірної ізінгоподібної моделі в критичній області.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2014 Марків Б.Б.

Статистичний опис лінійних та нелінійних процесів у густих газах та рідинах методом нерівноважного статистичного оператора Зубарева.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2016 Гайдуківська Х.А.

Полімери в анізотропному середовищі: універсальні властивості.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Красницька М.Б.

Фазові переходи на складних мережах.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2017 Краснов В.О.

Термодинаміка та енергетичні спектри ґраткових бозе-фермі систем із сильними кореляціями.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Крупницька О.М.

Фрустровані квантові антиферромагнетики Гайзенберга. Поблизу парадигми локалізованих магнонів.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2019 Баліга В.Я.

Ефекти фрустрацій у квантових антиферромагнетиках Гайзенберга на двошарових ґратках.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

Гвоздь Т.В.

Статистико-механічний опис фазової поведінки полідисперсних колоїдних і полімерних систем в об'ємі та у пористому середовищі.

01.04.24 – фізика колоїдних систем, ІФКС НАН України.

Добуш О.А.

Рівняння стану коміркової моделі плинину.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

ДОКТОРСЬКІ ДИСЕРТАЦІЇ

1981 Вакарчук І.О.

Мікроскопічна теорія бозе-рідини.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Головко М.Ф. Статистична теорія змішаних іонно-молекулярних систем.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1985 Стасюк І.В.

Теорія індукованих зовнішніми полями ефектів у кристалах зі структурними фазовими переходами.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

Гайда Р.П.

Релятивістська класична теорія прямих взаємодій частинок у тривимірному формулюванні.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, Ін-т фізики АН БРСР (Мінськ).

1986 Гурський З.О.

Метод псевдопотенціалів у теорії металів і сплавів.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, МДУ ім. М.В. Ломоносова (Москва).

Рудавський Ю.К.

Статистична теорія регулярних і структурно невідповіданих систем у методі функціонального інтегрування.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ОІЯД (Дубна).

1989 Козловський М.П.

Термодинаміка фазового переходу тривимірної моделі Ізінга в методі колективних змінних.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1990 Левицький Р.Р.

Статистична теорія псевдоспінових систем із базисним врахуванням короткодійних взаємодій.

01.04.02 – теоретична і математична фізика, ІТФ АН УРСР.

1994 Токарчук М.В.

Узгоджений опис кінетики і гідродинаміки систем взаємодіючих частинок у методі нерівноважного статистичного оператора.

01.04.02 – теоретична фізика, 01.04.14 – теплофізика та молекулярна фізика, КНУ ім. Т.Г.Шевченка.

Шовгенюк М.В.

Теорія формування зображення в растрових системах.

01.04.05 – оптика, Ін-т фізичної оптики МОН України.

1996 Третьак В.І.

Інтеграли дії типу Фоккера та форми релятивістичної лагранжевої динаміки.

01.04.02 – теоретична фізика, ЛДУ ім. І. Франка.

1997 Кориневський М.А.

Теорія сегнетоелектричного фазового перетворення в системах взаємодіючих кластерів.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

1998 Головач Ю.В.

Критичні явища в анізотропних моделях статистичної фізики: магнетики, полімери.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2000 Мриглюд І.М.

Статистична теорія колективних збуджень у рідинах: підхід узагальнених колективних мод.

01.04.02 – теоретична фізика, ЛНУ імені Івана Франка.

Калюжний Ю.В.

Рівноважна статистична теорія складних та асоційованих рідин в атом-атомному підході.

01.04.02 – теоретична фізика, 01.04.24 – фізика колоїдних систем, ІФКС НАН України.

2004 Держко О.В.

Ефекти анізотропії, регулярної неоднорідності і випадкового безладу у низьковимірних спінових моделях.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2005 Брик Т.М.

Мікроскопічна теорія кінетичних колективних збуджень та їх проявів у динаміці простих та бінарних рідин.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2007 Трохимчук А.Д.

Структурні взаємодії в колоїдних дисперсних середовищах:

статистико-механічний підхід.

01.04.24 – фізика колоїдних систем, ІФКС НАН України.

2008 Пацаган О.В.

Статистична теорія багатокомпонентних сумішей: фазові переходи і критична поведінка.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2009 Пилюк І.В.

Мікроскопічний опис критичної поведінки тривимірних ізінгоподібних систем з використанням негаусових розподілів флуктуацій.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2010 Ільницький Я.М.

Фазові перетворення в полімерах та рідких кристалах: комп'ютерне моделювання на різних просторово-часових масштабах.

01.04.24 – фізика колоїдних систем, ІФКС НАН України.

Омелян І.П.

Статистико-механічне моделювання властивостей полярних і магнітних рідин.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2011 Швайка А.М.

Багаточастинкова динаміка та ефекти непружного розсіяння у сильно-скорельованих електронних системах.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2012 Щур Я.Й.

Динаміка кристалічної ґратки та доменних стінок кристалів типу KN_2PO_4 та A_2BX_4 .

01.04.07 – фізика твердого тіла, ІФКС НАН України.

2014 Блавацька В.Б.

Конформаційні властивості складних полімерів: аналітичні та чисельні підходи.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2015 Яремко Ю.Г.

Реакція випромінювання та перенормування у класичній теорії поля: теоретико-груповий підхід.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2017 Дувіряк А.А.

Лагранжіани з часовою нелокальністю і релятивістична квантова задача кількох тіл.

01.04.02 – теоретична фізика, ІФКС НАН України.

2018 Баумкетнер А.Б.

Нові аспекти згортання та агрегації білків: теорія та комп'ютерне моделювання.

01.04.24 – фізика колоїдних систем, ІФКС НАН України.

Організовані конференції

Інститут має давні традиції організації конференцій. Зразу після свого утворення відділ СТеКС ІТФ АН УРСР став місцем організації робочих нарад зі статистичної фізики. Впродовж 1970–1982 років тут було організовано і проведено п'ять конференцій зі статистичної фізики, що утверджувало Львів як провідний центр статистичної фізики в Україні та колишньому СРСР.

Починаючи з 1980-их Львівське відділення статистичної фізики ІТФ АН УРСР виходить на міжнародний рівень, організовуючи, зокрема Міжнародну школу з фізики іонної сольватації (1983), II Радянсько-італійський симпозіум із математичних проблем статистичної фізики (1985), Конференцію з вибраних питань статистичної фізики (1987).

Із утворенням ІФКС НАН України проводиться серія білатеральних міжнародних заходів, в тому числі I Радянсько-польський симпозіум із фізики сегнетоелектриків та споріднених матеріалів (1990), Українсько-французький симпозіум «Конденсована речовина: наука та індустрія» (1993), а також Міжнародна робоча нарада зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини (1995), Робоча нарада INTAS-Україна з фізики конденсованої речовини (1998), Конференція з сучасних проблем теорії м'якої речовини (2000). У 2004 році Інститут виграв гранти на організацію двох Дослідницьких конференцій НАТО «Іонна м'яка речовина: нові тенденції в теорії і застосуваннях» і «Ефекти розмірності та нелінійності в фероїках».

У 2005 році відроджуються традиційні конференції зі статистичної фізики, які організовувалися тут ще з початку 1970-их років, але вже на міжнародному рівні. Першою з серії таких конференцій стала Щорічна конференція в Україні «Статистична фізика 2005: сучасні проблеми і нові застосування» (2005). Згодом у Львові були проведені Третя (2009), Четверта (2012) та П'ята (2019) конференції «Статистична фізика: сучасні проблеми і застосування». Вони, відповідно, були присвячені 100-літньому ювілею М.М. Боголюбова, 140-річчю від дня народження Мар'яна Смолуховського та 110-літтю М.М. Боголюбова і 50-літтю від часу утворення відділу СТеКС.

Інститут вже як визнаний науковий центр стає організатором щорічних міжнародних конференцій з давньою історією і традиціями, зокрема Щорічної конференції Європейської та Японської груп із молекулярних рідин (2010) та 36-ї Конференції Середньоевропейського співробітництва в статистичній фізиці — МЕСО-36 (2011).

В Інституті започатковано серію міжнародних конференцій, тематика яких пов'язана з науковою діяльністю вчених, які жили і працювали у Львові. Зокрема, у 2009 та 2011 роках проведено Робочі наради Планера-Смолуховського з рідкокристалічних колоїдів, а в 2017 році — Улямівську робочу

нараду з комп'ютерних симуляцій.

Інститут також проводить низку щорічних конференційних зібрань: Ізінгівські читання, Всеукраїнську школу-семінар та конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини, Йорданські читання, Робочу нараду з актуальних проблем фізики м'якої речовини, Фестиваль науки в ІФКС НАН України, Науково-практичний семінар «Суперкомп'ютерні обчислення та українська ґрид-інфраструктура».

1970 Друга Всесоюзна нарада зі статистичної фізики
(Львів, 1–6 червня 1970 р.)

1971 Третя Робоча нарада зі статистичної фізики
(Київ, 25–28 жовтня 1971 р.)

1973 Четверта Робоча нарада зі статистичної фізики
(Львів, серпень 1973 р.)

1975 П'ята Республіканська конференція зі статистичної фізики
(Львів, 27–30 травня 1975 р.)

1978 Школа з вибраних питань теорії твердого тіла
(Львів, 31 травня – 9 червня 1978 р.)

1979 Координаційний семінар «Мембранне опріснення і статистична фізика»
(Славськ, 1979 р.)

1982 Шоста Республіканська конференція зі статистичної фізики
(Львів, 24–26 травня 1982 р.)

1983 Міжнародна школа з фізики іонної сольватації
(Львів, 30 травня – 5 червня 1983 р.)

1985 II Soviet–Italian Symposium of the Mathematical Problems of Statistical Physics
(Lviv, September 30 – October 11, 1985)

1987 Всесоюзна конференція «Сучасні проблеми статистичної фізики»
(Львів, 3–5 лютого 1987 р.)

1990 I Радянсько–польський симпозіум з фізики сегнетоелектриків та споріднених матеріалів
(Львів, 4–8 червня 1990 р.)

1993 Ukrainian–French Symposium «Condensed Matter: Science & Industry»
(Lviv, February, 20–27, 1993)

- 1994** Міжнародний семінар «Колективні збудження в рідинах з водневими зв'язками: теорія, комп'ютерні симуляції та експеримент»
(Львів, 30 травня – 4 червня 1994 р.)
- 1995** Міжнародна наукова конференція, присвячена 150-літтю від дня народження Івана Пулюя
(Львів, 23–26 травня 1995 р.),
International Workshop on Statistical Physics and Condensed Matter Theory
(Lviv, Ukraine, September 11–14, 1995),
Awareness Seminar «Eurogrant: Information Technologies and Telecommunications»
(Kyiv, December 7–8, 1995)
- 1996** International Workshop «Aqueous solutions: the problems of radioactive impurities»
(Lviv, December 6–8, 1996)
- 1997** Ising Lectures — 1997. Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena
(Lviv, Ukraine, May 12, 1997),
Робоча нарада користувачів Української академічної і дослідницької мережі
(Львів, грудень 1997 р.)
- 1998** Ising Lectures — 1998. 2nd Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena
(Lviv, Ukraine, April 29, 1998),
INTAS–Ukraine Workshop on Condensed Matter Physics
(Lviv, Ukraine, May 21–24, 1998),
Наукові читання, присвячені пам'яті Р.П. Гайди
(Львів, жовтень 1998 р.)
- 1999** Ising Lectures — 1999. 3rd Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena
(Lviv, Ukraine, May 20, 1999),
Боголюбовські читання у Львові
(Львів, 25–26 червня 1999 р.)
- 2000** Ising Lectures — 2000. 4th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, May 24, 2000),

Workshop on Modern Problems of Soft Matter Theory

(Lviv, Ukraine, 27–31 August, 2000)

2001 Ising Lectures — 2001. 5th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, April 19, 2001),

Робоча нарада — семінар молодих вчених з статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 31 травня – 1 червня 2001 р.),

Чорнобильські читання — 2001

(Львів–Чорнобиль–Київ, 3–6 грудня 2001 р.)

2002 Ising Lectures — 2002. 6th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, March 12–14, 2002),

II Робоча нарада — семінар молодих вчених з статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 30–31 травня 2002 р.)

2003 Ising Lectures — 2003. 7th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, April 22–24, 2003),

III Робоча нарада — семінар молодих вчених з статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 5–6 червня 2003 р.),

Круглий стіл «Інтернет, як засіб комунікації в Україні»

(Львів, жовтень 2003 р.)

2004 Ising Lectures — 2004. 8th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, March 23–25 and May 4–7, 2004),

NATO Advanced Research Workshop «Ionic Soft Matter: Novel trends in theory and applications»

(Lviv, Ukraine, April 14–17, 2004),

IV Робоча нарада — семінар молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 27–28 травня 2004 р.),

NATO Advanced Research Workshop «Dimensionality Effects and Non-linearity in Ferroics»

(Lviv, Ukraine, October 19–22, 2004)

- 2005** Ising Lectures — 2005. 9th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena
(Lviv, Ukraine, May 17–20, 2005),
Annual Conference in Ukraine. Statistical Physics 2005: Modern Problems and New Applications
(Lviv, Ukraine, August 28–30, 2005),
V Всеукраїнський конкурс молодих науковців на здобуття премії в галузі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини. Робоча нарада — семінар
(Львів, 2–3 червня 2005 р.),
Ювілейний 1000-ий семінар ІФКС НАН України з фізики конденсованої речовини
(Львів, 29 грудня 2005 р.)
- 2006** Ising Lectures — 2006. 10th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena
(Lviv, Ukraine, May 10–12, 2006),
VI Всеукраїнський конкурс молодих науковців на здобуття премії в галузі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини. Робоча нарада — семінар
(Львів, 30–31 травня 2006 р.),
VIII Ukrainian–Polish and III East–European Meeting on Ferroelectrics Physics
(Lviv, Ukraine, September 4–7, 2006),
Робоча нарада з фізики м'якої речовини
(Львів, 3 листопада 2006 р.),
III Чорнобильські читання «Фізико-хімічні процеси в об'єкті «Укриття»: 20 років після аварії»
(Львів–Чорнобиль, 4–7 грудня 2006 р.)
- 2007** Йорданські читання в ІФКС НАН України
(Львів, 17–18 січня 2007 р.),
Спільна наукова сесія ІФКС НАН України та Фізичної комісії НТШ
(Львів, 13–14 березня 2007 р.),
Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем
(Львів, 16–19 травня 2007 р.),
VII Всеукраїнська школа-семінар і конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини
(Львів, 31 травня – 1 червня 2007 р.),

Ising Lectures — 2007. 11th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, June 5–7, 2007),

Наукова сесія «Фазові переходи, критичність, скейлінг: від магнетиків до складних систем» (до 50-річчя професора Юрія Головача)

(Львів, 18 червня 2007 р.),

Меморіальні читання на пошану пам'яті академіка НАН України Олексія Ситенка

(Львів, 31 жовтня – 1 листопада 2007 р.),

II Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини

(Львів, 1–2 листопада 2007 р.)

2008 II Йорданські читання: наукова сесія ІФКС НАН України, присвячена 60-річчю М.А. Кориневського

(Львів, 17–18 січня 2008 р.),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем

(Львів, 14–16 травня 2008 р.),

VIII Всеукраїнська школа-семинар і конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 5–6 червня 2008 р.),

Наукові читання, приурочені до 70-річчя І.В. Стасюка та з нагоди 15-ї річниці журналу Condensed Matter Physics

(Львів, 23–24 вересня 2008 р.),

Меморіальні читання на пошану пам'яті Р.П. Гайди

(Львів, 9–10 жовтня 2008 р.),

III Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини

(Львів, 7 листопада 2008 р.),

День відкритих дверей в ІФКС НАН України

(Львів, 28 листопада 2008 р.)

2009 Йорданські читання — 2009 в ІФКС НАН України

(Львів, 19–20 січня 2009 р.),

Ising Lectures — 2009. 12th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, April 28–30, 2009),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем

(Львів, 14–15 травня 2009 р.),

IX Всеукраїнська школа-семинар і конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 28–29 травня 2009 р.),

Заходи з нагоди 40-річчя від часу заснування першого наукового підрозділу Інституту — відділу статистичної теорії конденсованих систем

(Львів, 30 травня 2009 р.),

Planer-Smoluchowski Soft Matter Workshop on Liquid Crystals and Colloidal Dispersions

(Lviv, Ukraine, June 22, 2009),

The 3-rd Conference «Statistical Physics: Modern Trends and Applications» dedicated to the 100-th anniversary of Academician M.M. Bogolyubov (1909–1992)

(Lviv, Ukraine, June 23–25, 2009),

IV Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини (Львів, 18 грудня 2009 р.)

2010 Йорданські читання — 2010 в ІФКС НАН України

(Львів, 19–20 січня 2010 р.),

Ising Lectures — 2010. 13th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, April 13–15, 2010),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем

(Львів, 17–19 травня 2010 р.),

X Всеукраїнська школа-семінар і конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 3–4 червня 2010 р.),

Наукові читання, приурочені 85-річчю академіка НАН України

І.Р. Юхновського

(Львів, 31 серпня – 1 вересня 2010 р.),

EMLG — JMLG Annual Meeting 2010 «Complex Liquids: Modern trends in exploration, understanding and applications»

(Lviv, Ukraine, September 5–9, 2010),

V Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини

(Львів, 5 листопада 2010 р.),

Науково-практичний семінар «Суперкомп'ютерні обчислення та українська грід-інфраструктура»

(Львів, 3 грудня 2010 р.)

2011 Йорданські читання — 2011 в ІФКС НАН України

(Львів, 20–21 січня 2011 р.),

36th Conference of the Middle European Cooperation in Statistical Physics (MECO 36)

(Lviv, Ukraine, April 5–7, 2011),

Ising Lectures — 2011. 14th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, April 12–14, 2011),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем

(Львів, 18–20 травня 2011 р.),

XI Всеукраїнська школа-семинар і конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 1–3 червня 2011 р.),

VI Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини

(Львів, 5 жовтня 2011 р.),

Planer-Smoluchowski Soft Matter Workshop on Liquid Crystal Colloids. Emergent Phenomena and Functional Materials

(Lviv, Ukraine, October 5–7, 2011),

Науково-практичний семінар «Суперкомп'ютерні обчислення та українська ґрід-інфраструктура»

(Львів, 7 грудня 2011 р.)

2012 Йорданські читання — 2012 в ІФКС НАН України

(Львів, 19–20 січня 2012 р.),

Ising Lectures — 2012. 15th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, May 22–23, 2012),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем

(Львів, 18–20 квітня 2012 р.),

XII Всеукраїнська школа-семинар та конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 30 травня – 1 червня 2012 р.),

The 4-th Conference «Statistical Physics: Modern Trends and Applications» dedicated to the 140-th anniversary of the birth of Marian Smoluchowski (1872–1917)

(Lviv, Ukraine, July 3–6, 2012),

VII Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини

(Львів, 2 листопада 2012 р.),

Науково-практичний семінар «Суперкомп'ютерні обчислення та українська ґрід-інфраструктура»

(Львів, 9 листопада 2012 р.)

2013 Йорданські читання — 2013 в ІФКС НАН України

(Львів, 17–18 січня 2013 р.),

Ising Lectures — 2013. 16th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, May 28–30, 2013),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем

(Львів, 23–25 квітня 2013 р.),

Семінар Наглядового комітету проекту Сьомої рамкової програми ЄС DCP-PhysBio

(Львів, 28–30 травня 2013 р.),

XIII Всеукраїнська школа-семінар та конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 5–7 червня 2013 р.),

Наукова сесія з нагоди 20-ліття журналу Condensed Matter Physics

(Львів, 26–27 вересня 2013 р.),

VIII Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини

(Львів, 31 жовтня – 1 листопада 2013 р.),

Науково-практичний семінар «Суперкомп'ютерні обчислення та українська грид-інфраструктура»

(Львів, 6 грудня 2013 р.)

2014 Йорданські читання — 2014 в ІФКС НАН України

(Львів, 21–22 січня 2014 р.),

Ising Lectures — 2014. 17th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, May 6–8, 2014),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем

(Львів, 14–16 травня 2014 р.),

XIV Всеукраїнська школа-семінар та конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 4–6 червня 2014 р.),

IX Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини

(Львів, 7 листопада 2014 р.)

2015 Йорданські читання — 2015 в ІФКС НАН України

(Львів, 17–18 січня 2007 р.),

Ising Lectures — 2015. 18th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, May 5–7, 2015),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем

(Львів, 19–21 травня 2015 р.)

XV Всеукраїнська школа-семінар та конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 4–5 червня 2015 р.),

Ювілейні читання «Статистична фізика XXI століття» з нагоди 90-річчя від дня народження І.Р. Юхновського

(Татарів, 26–28 серпня 2015 р.),

Гуманітарна сесія «Вибір України: минуле, сучасне, майбутнє»

(Львів, 31 серпня 2015 р.),

X Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини

(Львів, 6 листопада 2015 р.)

2016 Йорданські читання — 2016 в ІФКС НАН України

(Львів, 20 січня 2016 р.),

Ising Lectures — 2016. 19th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena

(Lviv, Ukraine, May 17–19, 2016),

Зустріч Наглядових комітетів проєктів Сьомої рамкової програми ЄС IRSES Dionisos і Strevcoms

(Львів, 17–19 травня 2016 р.),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем

(Львів, 16–18 травня 2016 р.),

XVI Всеукраїнська школа-семінар та конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини

(Львів, 9–10 червня 2016 р.),

XI Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини

(Львів, 4 листопада 2016 р.)

2017 Йорданські читання — 2017 в ІФКС НАН України

(Львів, 19–20 січня 2017 р.),

2-а Міждисциплінарна майстерня «Фізика і гуманітарні науки». Verba et numeri (кількісні підходи до аналізу мови і тексту)

(Львів, 28 березня 2017 р.),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем

(Львів, 18–19 травня 2017 р.),

XVII Всеукраїнська школа-семінар та конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини
(Львів, 8–9 червня 2017 р.),

Ising Lectures — 2017. 20th Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena
(Lviv, Ukraine, June 14–16, 2017),

Зустріч Наглядних комітетів проектів Сьомої рамкової програми ЄС IRSES Dionisos і Strevcoms
(Львів, 14–16 червня 2017 р.),

Ulam Computer Simulations Workshop «Challenges & Opportunities in Molecular Simulations»
(Lviv, Ukraine, June 21–24, 2017),

XII Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини
(Львів, 16 листопада 2017 р.),

1-а майстерня «Концепція складних мереж у задачах квантової фізики та космології»
(Львів, 26 грудня 2017 р.)

2018 Йорданські читання — 2018 в ІФКС НАН України
(Львів, 22–23 січня 2018 р.),

Ising Lectures — 2018. 21st Annual Workshop on Phase Transitions and Critical Phenomena
(Lviv, Ukraine, May 7–9, 2018),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем
(Львів, 17–18 травня 2018 р.),

XVIII Всеукраїнська школа-семінар та конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини
(Львів, 7–8 червня 2018 р.),

2-а майстерня «Концепція складних мереж у задачах квантової фізики та космології»
(Львів, 22 червня 2018 р.),

Меморіальні читання, присвячені 90-ій річниці від дня народження Р.П. Гайди
(Львів, 19 жовтня 2018 р.),

XIII Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини
(Львів, 2 листопада 2018 р.)

2019 Йорданські читання — 2019 в ІФКС НАН України
(Львів, 21–22 січня 2019 р.),

Меморіальний семінар, присвячений 90-річчю від дня народження
дійсного члена НТШ професора Анатолія Свідзинського
(Львів, 11 березня 2019 р.),

Ising Lectures — 2019. 22nd Annual Workshop on Phase Transitions and
Critical Phenomena
(Lviv, Ukraine, May 7–9, 2019),

Фестиваль науки в Інституті фізики конденсованих систем
(Львів, 16–17 травня 2019 р.),

XIX Всеукраїнська школа-семінар і Конкурс молодих вчених зі
статистичної фізики та теорії конденсованої речовини
(Львів, 13-14 червня 2019 р.),

III CONIN Workshop «Systems with competing electrostatic and
short-range interactions»
(Lviv, Ukraine, July 1–2, 2019),

The 5-th Conference «Statistical Physics: Modern Trends and Applications»
dedicated to the 110-th anniversary of the birth of M.M. Bogolyubov
(Lviv, Ukraine, July 3–6, 2019),

XIV Робоча нарада з актуальних проблем фізики м'якої речовини
(Львів, 31 жовтня 2019 р.)

Урочиста академія, присвячена 50-річчю від часу створення у Львові
першого академічного підрозділу в галузі теоретичної фізики —
відділу статистичної теорії конденсованих систем
(Львів, 1 листопада 2019 р.)

Іменний покажчик

- Алексеев А.Д., 30
Аллан Дж., 55
Альберендт Н., 12
Андерсон Ф.У., 11, 50
Андрусик А.Я., 217, 369
Антоневич М.П., 217
Антоневич О.П., 218
Ахієзер О.І., 208
- Бадіалі Ж.-П., 40, 209
Бакай О.С., 45, 207
Баліга В.Я., 47, 219, 370
Банах С., 174
Банащук В.П., 220
Бар'яхтар В.Г., 208
Баран А.Ю., 132, 220
Баран О.Р., 221, 367
Баран О.С., 220
Баран С.Р., 12, 14, 222, 360
Баумкетнер А.Б., 36, 38, 47, 68, 69, 177, 223, 366, 374
Беднорц Г., 56
Березинський В.Л., 51
Берш Б., 41, 178, 212
Бзовська І.С., 37, 224, 369
Бігун Г.І., 360
Блавацька В.Б., 29, 38, 47, 68, 92, 225, 367, 373
Благітко Б.Я., 23
Блажиєвський О.Л., 226
Блажиєвський Ю.Л., 226
Блох Ф., 56
Блюм Л., 272
Боголюбов М.М., 5, 9–11, 14, 21, 22, 50, 53, 55, 174
Боголюбов М.М. (мол.), 20, 26
Боп Ф., 211
Брик М., 25
Брик Т.М., 25, 28, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 40, 45, 47, 68, 69, 177, 227, 365, 372
- Бузек Е., 131
Булавін Л.А., 45
Буній Р.В., 228
Бурдейний А., 178
Бутрій О.О., 228
- Ваврух М.В., 12–16, 19, 21, 38, 39, 46, 54, 229, 360
Ваврух Н.М., 230
Вагнер Г., 51
Вайгль Р., 174
Вакарін Е.В., 230, 365
Вакарчук І.О., 12–17, 26, 35, 38, 39, 55, 60, 135, 203, 231, 360, 371
Ван дер Ваальс Й.Д., 48, 49
Варюхін В.М., 30
Василенко А.І., 233
Вдович А.С., 33, 47, 234, 369
Вежбицький Л., 23
Величко О.В., 33, 37, 234, 368
Верхоляк Т.М., 47, 235, 366
Височанський В.С., 6, 13, 14, 38, 39, 46, 236, 361
Височанський Ю.М., 30
Вігнер Ю.П., 54
Вілігурський О.М., 237
Вільсон К., 59
Вільчек Ф., 51, 52
Віцієвський Р.Б., 132, 237
Влахі В., 214
Вонс А.П., 238
Воробйов О.А., 37, 238, 368
- Габаші М., 12
Гайдідей Ю.Б., 37
Гайдуківська Х.А., 239, 370
Гайзенберг В., 58
Гайне В., 11, 50
Галдейн Д., 51
Гафнер Ю., 40
Гачкевич А.М., 240

- Гвоздь М.В., 240
Гвоздь Т.В., 241, 370
Геймет Т., 40, 227
Гендерсон Д., 40, 202
Гера О.Б., 241, 368
Гірняк О.З., 242
Глауберман А.Ю., 10, 11
Глушак П.А., 46, 243, 364
Глушак С.П., 243, 368
Гогенберг П., 51
Головач Ю.В., 18, 25, 29, 32, 34, 36, 38, 41, 43, 44, 47, 92, 174, 176–179, 244, 362, 372
Головко М.Ф., 6, 15–18, 25, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 38, 40, 47, 53, 161, 162, 218, 245, 282, 360, 371
Голубець Т.В., 247
Гонопольський О.Л., 14, 361
Горбань Д., 177
Гордійчук В.В., 248
Гривнак Н.Я., 14, 248
Грицак Я., 176
Гуменюк Й.А., 249, 369
Гурський З.О., 12, 14, 15, 17–19, 21, 38, 227, 250, 360, 371
Гутак Т.І., 251
Гюкель Е., 53

Гайда Р.П., 15, 21, 174, 251, 371

Давидов О.С., 21
Данилів О.Д., 33, 252, 366
Даревич Ю., 354
де Жен П.-Ж., 61, 97
Дебай П., 49, 53
Дем'янков С.В., 254
Демчук Т.В., 253
Держко О.В., 6, 35, 37, 38, 47, 48, 254, 363, 372
Джоуль Дж., 61
Дідух Л.А., 255, 369
Добуш О.А., 47, 177, 256, 370
Добушовський Д.А., 257
Довгий Я.О., 167
Дручок М.Ю., 32, 38, 47, 69, 257, 368
Дубленич Ю.І., 37, 178, 258
Дувіряк А.А., 259, 364, 374
Дуда А.С., 259
Дуда Ю.Я., 260, 365
Дудка М.Л., 32, 34, 38, 47, 92, 178, 261, 367
Дулепа І.Р., 262
Духовий В.В., 263

Ебелінг В., 12, 13

Єгорченко І., 175

Желем Р.І., 264, 294, 366
Жидков О.В., 163

Забуранний О.В., 264, 367
Загладько І.М., 265
Загородній А.Г., 30, 200
Зіпф Дж., 93
Зубарев Д.М., 6, 20, 25, 28, 53, 341

Іванків О.Л., 9, 19, 25–27, 30, 31, 34, 37, 45, 130, 160, 167, 178, 266, 364
Івасишин О.М., 30
Ігнатюк В.В., 33, 267, 365
Ідзик І.М., 18, 38, 46, 268, 282, 363
Ільків Т., 178
Ільницький Я.М., 26, 36, 38, 47, 68, 69, 173, 177, 178, 269, 364, 373

Каданов Л., 59
Кадоб'янський Р.М., 270
Калюжний О.Ю., 271
Калюжний Ю.В., 6, 27, 28, 38, 40, 47, 177, 246, 271, 363, 372
Камінгс П.Т., 272
Капікранян О.Є., 39, 272, 368
Капіца П., 55
Капко В.І., 273, 367

- Кейс В., 55
 Кельбґ Г., 12, 13
 Кенна Р., 41, 178, 179, **215**
 Кетле А., 98
 Клевець І.І., **274**
 Клейнман Л., 40, 227
 Клепіков В.Ф., 30
 Климко Т.Р., **275**
 Клімонтович Ю.Л., 201
 Ключковський Ю.Б., 25, **275**, 307
 Ключников О.О., 162
 Кобрин О.Є., 29, **276**, 365
 Коваленко А.Ф., 6, 18, 38, 40, **277**, 364
 Коен М., 49
 Козак П.Р., **278**
 Козицький Ю.В., 18, 39, **279**, 361
 Козловський М.П., 14, 16–19, 21, 25, 30, 34, 36, 38, 45, 47, 60, 263, **279**, 282, 361, 371
 Козловський Ю.М., **280**, 367
 Коломієць В.О., 18, 268, **281**, 362
 Кон В., 54
 Кондрат С.В., **282**
 Копич І.М., 38, 39, **283**, 362
 Копча М.І., **284**
 Корвацька М.Я., **284**
 Кориневський М.А., 14, 15, 17, 18, 22, 38, **284**, 361, 372
 Корнишев А., 282
 Костерліц Дж.М., 51
 Костробій П.П., 12–14, 38, 39, **286**, 341, 360
 Коцур С.С., 19, **287**, 362
 Кравців І.Я., **288**, 370
 Крамерс Г., 49
 Красницька М.Б., 47, 92, 177, 178, **288**, 370
 Краснов В.О., 37, **290**, 370
 Крінке Г., 12
 Крохмальський Т.Є., 21, **291**, 362
 Крупницька О.М., 47, 177, **291**, 370
 Кулинич В.Б., **292**
 Купоров В.М., **293**
 Куриляк І.Й., 6, 14, 15, 18, 38, **293**, 361
 Лаврентович О.Д., **204**
 Ландау Л.Д., 55
 Лев Б.І., 37
 Левицький Р.Р., 12, 14, 15, 19, 21, 25, 27, 33, 38, 47, **294**, 360, 371
 Лисецький Л., 174
 Лі Ц., 117
 Лісний Б.М., **295**, 367
 Лісовський Р., 198
 Логунов А.А., 21
 Лубченко А.Ф., 9
 Майзнер Д., 55
 Максименко М.В., 37, **296**, 369
 Мандельброт Б., 94
 Марголич І.Ф., **297**, 363
 Марків Б.Б., **297**, 370
 Маркович Б.М., 286, 341
 Матвеев О.П., 33, 47, **298**, 369
 Мельник І.І., **299**
 Мельник О., 25
 Мельник Р.С., 25, 31, 34, **300**, 367
 Мельничук С.В., 30
 Менчишин О.О., **301**
 Мермін Н.Д., 51
 Мецнер В., 57
 Милорадович Є., 178
 Мисакович Т.С., 33, 37, **301**, 368
 Міліянчук В.С., 11
 Моїна А.П., 33, **302**, 366
 Морозов В.Г., 341
 Москаленко В.А., 15
 Мот Н., 56
 Мохняк С.М., 22, **303**, 362
 Мриглод І.М., 6, 7, 9, 18, 22, 25, 27–32, 34, 36–38, 41, 44, 45, 48, 160, 162, 175, 177, 180, **304**, 341, 363, 372

- Мриглод О.І., 36, 38, 47, 92, 142, 176, 180, 198, **305**, 368
Мудрий Р.С., **306**
Мулява Я.М., **307**
Мьоснер Р., 54
Мюллер А., 56
- Навроцький П.П., **307**
Назаренко А.В., **308**, 367
Наумовець А.Г., 30
Немошкаленко В.В., 30
Ньютон І., 169
- Олійник А.Т., **309**
Омелян І.П., 6, 28, 32, 33, 36, 38, 68, 69, 86, **309**, 341, 364, 373
Онзагер Л., 59
Осип'ян Ю.А., 21
Остафійчук Б.К., 30
Отріщенко Н., 177
- Павленко Н.І., 37, 38, **310**, 366
Павлик В.І., **311**
Пайерлс Р., 56
Пальчиков В.В., 36, 38, 92, **311**, 369
Панасюк Ю.В., 132, **312**
Паславський В.Н., **313**
Пацаган М.І., 25, 29, 30, 34, 178, **313**
Пацаган О.В., 18, 25, 28, 36, 38, 47, 142, **314**, 363, 373
Пацаган Т.М., 7, 30, 35, 47, 69, 150, 177, **315**, 368
Пашук О.В., **316**
Пелетмінський С.В., 15, 20
Перестюк М.О., 35
Петрашко Р.М., 13–15, **316**, 360
Петренко І., 178
Петрина Д.Я., 15
Петрович О.В., 132, **317**
Пилук І.В., 263, **318**, 364, 373
Пізіо О.О., 6, 15, 18, 38, 46, **319**, 361
Планер Ю., 43, 174
- Поліщук З.В., **320**
Понеділок Г.В., 18, 23, 39, **320**, 362
Портнягін Д.В., **321**, 369
Праузніц Дж., 214
Притула О.О., **322**, 368
Прідун І.Г., **323**
Прохоров А.М., 21
Процикевич І.А., 6, 23–25, 27, 29, 130, 134, **323**, 363
Пулюй І.П., 174
- Рибка-Пархоменко Н., 177
Романік Р.В., **324**, 370
Рудавський Ю.К., 14–18, 30, 35, 38, 39, 46, 60, **325**, 341, 361, 371
- Сабан О.Я., 24, 27, 39, 69, 130–132, **326**, 362
Савенко В.П., **327**
Сарапін В.Я., **327**
Сарканич П.В., 47, 179, **327**
Свідзинський А.В., 30, 39, 175, **328**
Сизоненко Ю.В., **329**
Ситенко О.Г., 201
Сігов Ю.С., 208
Скоробогатько Г.О., **330**
Скоробогатько І.В., **331**
Слободян П.М., 14, 17, **331**, 361
Смерека І.Т., **332**
Смолуховський М., 43, 174
Сов'як Є.М., 6, 15, 18, 38, **332**, 362
Соколовська Т.Г., **333**, 366
Соколовський Р.О., **334**, 365
Солов'ян В.Б., **335**, 363
Сороков С.І., **335**, 363
Стасюк І.В., 17, 19, 22, 25–27, 29, 30, 33, 35, 37, 38, 47, 56, 162, 266, **336**, 371
Стелл Дж., 40, 272
Степаненко О.О., **337**
Стеців Р.Я., 19, 37, **338**, 365
Сухоцька Г., 131

- Табунщик К.В., 33, **339**, 367
 Таращенко Д.Т., 30
 Таулесс Д.Дж., 51
 Тимчук А., 45
 Ткачук В.М., 39, **340**
 Товстюк К.Д., 26
 Токаревський В.В., 161
 Токарчук М.В., 6, 18, 20, 21, 25, 27–30,
 33, 34, 38, 47, 53, 160–162, 268,
 286, 294, **341**, 362, 371
 Топілко М.І., **342**
 Траченко К.О., **342**
 Третяк В.І., **343**, 372
 Трохимчук А.Д., 20, 28, 32, 38, 40, 44,
 46, 47, 69, 174, 175, 177, **344**,
 363, 372
 Тюрбана Л., 212

 Уляк М.В., **345**
 Улям С., 43, 174
 Усатенко З.Є., **345**, 365

 Фаренюк О.Я., 154, 178, **346**
 Фарук А., 12
 Федянін В.К., 15
 Фейнман Р., 55, 173
 Фішер Й., 15
 Фішер М., 59, 117
 Флорі П., 61
 Фольк Р., 41, **199**
 Фольхардт Д., 57
 фон Фербер К., 41, **206**
 Френкель Я.І., 10

 Хайнцінгер Е., 20
 Хайнцінгер К., 20, 21, 69, 130, **210**
 Хеймет А., 272
 Хейтцхейм Х., 12
 Хірата Ф., 40
 Хомляк В.М., **347**
 Хостмаєр Л., 178
 Хохлов Ю.М., **347**, 366

 Черноморець Ю.І., **348**
 Чернявський О.І., **349**
 Чоба В.Ю., **349**
 Чушак Я.Г., **350**, 364

 Шабат І.О., **351**
 Шаповал Д.Ю., 178, **351**
 Швабль Ф., 199
 Швайка А.М., 25, 33, 38, 47, **351**, 365,
 373
 Шевченко А., 175
 Шелест В.П., 10
 Шем Л., 54
 Шендеровський В., 174
 Шехтман Д., 50
 Шмотолоха В.І., 177, **353**
 Шовгенюк М.В., 30, 38, 47, 167, 176, **353**,
 372
 Шпитко В.Є., **354**, 366
 Шпот М.А., **355**, 364
 Шпунт К.Г., 151

 Щур Я.Й., **356**, 373

 Юхновська Н.В., 31
 Юхновський І.Р., 8–22, 24–31, 33–35,
 38, 44, 45, 47, 50, 53–55, 59, 62,
 69, 130, 131, 160, 161, 167, 175,
 203, 245, 268, 280, 282, 286,
 293, 317, **357**

 Якименко І.П., 201
 Янг Ч., 117
 Янко О.Т., **358**
 Янчо І., 211
 Яремко Ю.Г., 178, **358**, 365, 373
 Яремчук Д.Л., **359**
 Яхнич О.В., 132, **359**
 Яцків Я.С., 30

