

## Фізико-хімічна наука у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника



**Миرونюк  
Іван Федорович**

Наукові розробки та досягнення вчених-фізиків за новизною, актуальністю, теоретичним і прикладним значенням знаходяться на світовому рівні. Яскравим прикладом є роботи науковців школи ректора університету, члена-кореспондента НАН України, лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки, доктора фізико-математичних наук, **професора Остафійчука Богдана Костянтиновича**. Починаючи з 1979 року під його керівництвом працює лабораторія рентгеноструктурних досліджень і технології нових матеріалів, де розробляються нові керамічні матеріали та захисні покриття для металів і сплавів. З 1989 року працює спільна з Інститутом металофізики НАН України лабораторія фізики магнітних плівок, яка функціонує до сьогодні. Основний напрямок діяльності лабораторії – модифікація властивостей монокристалічних епітаксійних ферит-гранатових плівок через цілеспрямовану зміну їх кристалічної та магнітної мікроструктур шляхом іонної імплантації та відпалу. Запропо-

новано неруйнівні методики контролю монокристалічних феритових плівок з неоднорідним полем механічних напруг із застосуванням рентгеноструктурного,  $\gamma$ -резонансного та ЯМР методів. Зроблено серйозний науковий поступ у створенні нових і вдосконаленні існуючих технологій синтезу полікристалічних феритових матеріалів з наперед заданими властивостями.

Починаючи з 2000 року науковцями школи започатковуються фундаментальні дослідження в галузі застосування нанодисперсних матеріалів в технології джерел та накопичувачів електричної енергії нового покоління.

Створення в 2009 році науково-освітнього центру (НОЦ) "Наноматеріали в пристроях генерації та накопичення енергії" сприяє консолідації роботи науковців університету, що працюють в галузі прикладного матеріалознавства та впровадженню результатів цих досліджень в освітню діяльність фізико-технічного факультету університету. Висока оцінка здобутків працівників університету в матеріалознавчій галузі відображає факт створення в 2009 році Відділення фізики і технології функціональних матеріалів Інституту металофізики імені Г.В. Курдюмова НАН України. Ще одним підтвердженням визнання високого професіоналізму науковців школи проф. Остафійчука Б.К. є надання Лабораторії фізики магнітних плівок, яка працює в складі Університету, статусу Національного надбання України.

Вагомі здобутки, отримані співробітниками лабораторії, призвели до визнання науковим світовим співтовариством Івано-Франківська провідним центром синтезу новітніх матеріалів та розвитку функціонального матеріалознавства Західного регіону України.

Наукова школа з проблем напівпровідникового матеріалознавства в університеті започаткована **професором Фреїком Дмитром Михайловичем** у 1968 році. Першим її досягненням слід вважати розробку технології тонких плівок твердих розчинів на основі сполук  $A^{IV}B^{VI}$  та комплексного дослідження особливостей формування їх структури та фізичних властивостей при вирощуванні з парової фази та наступних відпалів у вакуумі та атмосфері кисню, легуванні. Отримані результати використані для створення активних елементів оптоелектроніки (фоторезистори, діоди Шоттки, p-p-переходи), які володіють високою фото чутливістю в інфрачервоній області оптичного спектру. Серед перших успішних учнів які захистили докторські і кандидатські дисертації слід відзначити Віталія Августимова, Мар'яна Галушцака, Анну Добровольську, Ігора Ліщинського, Галину Матеїк, Любов Межиловську, Руслана Михайльонка, Ярослава Огородника, Мирослава Павлюка, Володимира Прокопів, Марка Рувінського, Бориса Рувінського, Ярослава Салія, Андрія Фреїка,

Володимира Чобанюка, Арнольда Школьного, Всеволода Шперуна та молодих перспективних науковців Володимира Потяка, Наталію Стефанів, Андрія Ткачука, Лідію Харун, Ігоря Юрчишина, Ярослава Яворського.

Наступний напрямок наукових досліджень школи проф. Фреїка Д.М. пов'язаний із фізикою і технологією напівпровідникових термоелектричних матеріалів на основі сполук  $A^{IV}B^{VI}$  для середньої області температур. Отримані результати по вивченню точкових дефектів та їх впливу на фізико-хімічні властивості кристалів бінарних сполук  $A^{IV}B^{VI}$  і  $A^{II}B^{VI}$  і твердих розчинів на їх основі, а також при легуванні, складають наукову основу керованого синтезу матеріалу із наперед заданими характеристиками, необхідними для потреб практики. Новизна технологічних розробок підтверджена патентами України та медалями і дипломами міжнародних виставок. У розробці цих питань взяли участь Володимира Бойчук, Віктор Борик, Галина Гургула, Оксана Галюк, Ігор Горічок, Роман Дзумедзей, Руслан Запужляк, Ірина Іванишин, Любомир Никируй, Уляна Писклинець, Любов Юрчишин, Назар Сташко, Лілія Туровська, Наталія Фреїк, Мирослава Шевчук.

Зараз наукова школа професора Дмитра Фреїка успішно проводить дослідження, пов'язані з фізикою і технологією напівпровідникових наноматеріалів на основі сполук  $A^{II}B^{VI}$  і  $A^{IV}B^{VI}$ . Зокрема, розроблено методику отримання наноструктур з парової фази осадженням із газодинамічного потоку пари та досліджено механізми їх росту і впливу топологічних типів на квантово-розмірні ефекти. У дослідженнях беруть участь Богдан Яцишин, Михайло Лоп'яноко, Богдан Дзундза, Ростислав Никируй, Олександр Соколов.

Здобутки наукової школи стали основою для створення у 1999 р. Фізико-хімічного інституту, проведення відомих міжнародних конференцій з фізики і технології тонких плівок та наносистем, заснування фахового журналу „Фізика і хімія твердого тіла” (1999 р.), відкриття науково-навчального центру МОН і НАН України «Фізика, хімія і технологія наноструктур» (2009 р.), які стали фактично синтезуючим центром науки у нашій державі із цього напрямку.

Науковці школи професора Дмитра Фреїка виконують спільні міжнародні наукові проекти у рамках співробітництва між Україною та Республікою Білорусь (Топологічні типи і оптичні властивості нанокристалічних структур на основі сполук  $A^{IV}B^{VI}$ ), Україною та Турецькою Республікою (Нові напівпровідникові матеріали на основі телуриду свинцю для термоелектричних перетворювачів енергії), Україною і Молдовою (Технологія і фізико-хімічні властивості тонких плівок і ниток на основі телуриду свинцю для термоелектричних перетворювачів енергії).

Сферою теоретичних інтересів **професора** кафедри Фізики і хімії твердого тіла **Рувінського Марка Ауновича** є квантова теорія твердих тіл, колективні і динамічні ефекти квазічастинкових збуджень у неметалічних кристалах; фізика тонких плівок і наносистем; загальні питання квантової механіки. Зокрема отримано ряд цікавих результатів, що стосуються досліджень динамічних і кінетичних ефектів у напівпровідникових низькорозмірних системах.

У цьому напрямку досліджено вплив флуктуацій товщини на статичну електропровідність квантового напівпровідникового дроту. Показано, що вказаний механізм релаксації носіїв заряду є істотним для достатньо тонкого і чистого дроту при низьких температурах. При відсутності і наявності однорідного магнітного поля, спрямованого вздовж осі дроту, вперше розглянуто вплив одномірних гауссівських флуктуацій спин-орбітальної взаємодії на статичну електропровідність дроту з нецентроінверсного напівпровідника  $A_3B_5$  (проф., д.ф.-м.н. Рувінський М.А., доц., к.ф.-м.н.: Возняк О.М., Рувінський Б.М.).

Крім того, розвинено теорію електронного механізму поглинання гіперзвуку в прямокутному квантовому дроті. Показано можливість підсилення електронами гіперзвуку вздовж осі дроту внаслідок прикладеного в цьому напрямку електричного поля (або градієнта температури) і за рахунок непружних електронних переходів. Визначено також вплив магнітного поля на електронне поглинання гіперзвуку. Проведені дослідження фононного механізму поглинання гіперзвуку в прямокутному квантовому дроті виявили істотне зменшення поглинання у низькотемпературній області у порівнянні з об'ємним випадком масивних кристалів (напр., типу GaAs). Отримані теоретичні результати свідчать про вирішальну роль квантоворозмірних ефектів у досліджених

наносистемах і можливість їх застосувань у сучасних нових галузях наноакустики, наноелектроніки і спінтроніки. Знайдено дві асимптотичні поправки до закону Стефана-Больцмана, які можуть бути істотними при дослідженні рівноважного електромагнітного випромінювання в мезо– і наносистемах. Слід відзначити також запропоновану і розраховану кристалохімічну і термодинамічну модель парофазної епітаксії плівок халькогенідів свинцю, яка пояснює утворення різних зарядових станів дефектів Френкеля з урахуванням механічних напружень плівок, що знаходить підтвердження в експериментальних роботах, виконаних під керівництвом проф., д.х.н. Фреїка Д.М. і проф., д.ф.-м.н. Галушчака М.О.

Інші роботи присвячено теорії локалізованих станів і кінетики вузькощілинних напівпровідників, комп'ютерним дослідженням атомних дефектів, деформації і руйнування нанокристалів (доц., к.ф.-м.н.: Возняк О.М., Салій Я.П.). Проведені перші розрахунки електронного механізму поглинання гіперзвуку в прямолінійній смужці графену з урахуванням діраківських електронних станів. Побудовано теорію високочастотної внутрішньозонної провідності прямолінійного графенового дроту з розглядом дифузно-дзеркального механізму відбивання носіїв заряду від бічних меж дроту. З'ясовано важливу роль класичних розмірних ефектів, які суттєво зменшують величину стаціонарної та високочастотної провідності порівняно з випадком необмеженого графену. На основі методу Ланжевена сформульовано модель квантової механіки з випадковим числом квантів дії. Важливу роль відіграє ідея про існування фундаментального кванта дії  $\hbar/2$  та неоднорідного розподілу Пуассона для числа квантів дії у мікрочастинок.

Сучасна астрономічна наука університету представлена роботами доктора фізико-математичних наук, **професора Климишина Івана Антоновича**, який відомий науковій спільноті, поряд із науковими здобутками, як видатний популяризатор астрономії.

Іван Климишин упродовж багатьох років розробляв тему «Історія світової астрономії». Як підсумок, було підготовлено і опубліковано монографію «Історія астрономії». Заслугує на увагу також багаторічна робота проф. Климишина І.А. з аналізу календарних систем, яка завершена публікацією монографії «Календар і хронологія». Підготовлено підручник «Астрономія» для вищих навчальних закладів (1994 р.). Як відповідальний редактор, проф. Климишин І.А. взяв участь у підготовці «Астрономічного енциклопедичного словника» (Львів 2003 р.).

Доробок наукової школи **професора Миронюка Івана Федоровича** стосується сучасного матеріалознавства, а саме одержання та дослідження фізико-хімічних властивостей порошкових оксидів металів з частинками нанометричного масштабу, які відображені у 120 патентах на винахід та 150 наукових працях.

Зокрема, розроблені ним нові способи синтезу пірогенного кремнезему дозволили вперше у світовій практиці одержати голковидні частинки  $\text{SiO}_2$  безпосередньо у полум'ї при спалюванні кремнійвмісного прекурсора. Значна кількість праць стосується також рідкофазного синтезу діоксиду титану із наперед заданою морфологією наночастинок та структурою матеріалу. Дані матеріали в найближчий час знайдуть широке використання в якості електродів електрохімічних джерел електричної енергії нового покоління; електрохімічних комірок, в яких при освітленні електроду сонячним випромінюванням здійснюватиметься розщеплення води на водень і кисень; знезаражуючих медичних препаратів.

Наукова діяльність доктора фізико-математичних наук **Будзуляка Івана Михайловича** і його наукової школи пов'язана з пошуком і реалізацією можливостей лазерних технологій для ефективного управління структурою і властивостями матеріалів, зокрема складних напівпровідників ( $\text{CdSb}$ ,  $\text{CdTe}$ ,  $\text{In}_4\text{Se}_3$  і т.п.), нанодисперсних оксидів  $\text{Ti}$  і  $\text{Si}$ , нанопористого вуглецю, ферит-гранатових плівок. Основні наукові результати полягають у встановленні закономірностей поведінки домішок і дефектів у напівпровідникових матеріалах внаслідок дії потужного лазерного опромінення, зміні їх енергетичного і зарядового стану та впливу цих змін на властивості опромінених напівпровідників. Запропонована і реалізована гідротермальна при високому тиску методика отримання нанопористого вуглецю із рослинної сировини для молекулярних накопичувачів електричної енергії (суперконденсаторів). Розроблені методики модифікації нанопористого вуглецю (термохімічна, лазерна), що дозволяє формувати на його основі суперконденсатори, гібридні

суперконденсатори, які за своїми питомими ємнісними і енергетичними характеристиками знаходяться на рівні сучасних світових аналогів. На основі отриманих даних була розроблена технічна документація на промислове виробництво нанопористого вуглецю для електродів суперконденсаторів.

Основними напрямками наукової школи **професора Сіренка Генадія Олександровича** є: створення композитних полімерних матеріалів; дослідження рідких та пластичних мастильних матеріалів для надвисоких тисків та спеціальних умов експлуатації у вальницях ковзання та кочення; вивчення нано- та мікрометричних шорстких поверхонь, змодельованих випадковим полем; вивчення фізико-хімії поверхні твердих тіл; пошук математичних методів, критеріїв та процедур розв'язання прикладних проблем матеріалознавства, хімії, хімічної технології, біології, біотехнології, екології, лісознавства, агрохімії та ґрунтознавства тощо.

Науковцями школи **професора Новосядлого Степана Петровича** ведуться дослідження зі створення перспективної конструктивно-технологічної бази для елементів ВІС, мікросенсорів, мікросистем-на-кристали, елементів термоелектрики, нових технологічних мікроелектронних процесів з широким використанням комп'ютерного моделювання; створення апаратно-програмних пристроїв на основі мікропроцесорів для систем управління і телекомунікацій, пошуки і проробка нових науково-дослідних проектів для отримання міжнародних грантів, налагодження плідного співробітництва з провідними науковими закладами та університетами як в Україні, так і в зарубіжних країнах.

Отримані результати з питань проектування інтегральних схем та активних елементів мікроелектроніки, отримані **доцентом Когутом Ігорем Тимофійовичем** стали основою захищеною ним дисертації на здобуття доктора технічних наук.

Слід також відзначити вагомий науковий здобуток молодих науковців, серед яких декан фізико-технічного факультету **доцент Гасюк Іван Михайлович**, **доцент Федорів Василь Дмитрович**, **доцент Прокопів Володимир Васильович**, **доцент Салій Ярослав Петрович**, **доцент Лоп'янок Михайло Антонович**, **доцент Коцюбинський Володимир Олегович**, та ін.

Отже здобутки фізико-хімічної науки у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника внесуть значний вклад у розбудову нашої держави на інноваційних засадах.

**Проректор з наукової роботи  
Прикарпатського національного  
університету імені Василя Стефаника,  
лауреат Державної премії України  
в галузі науки і техніки,  
доктор хімічних наук**



**Миронюк І.Ф.**

м. Івано-Франківськ  
14.10.2010 р.