

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ



ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з наукової роботи
/Студеняк І.П./
_____ 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**НОВІТНІ МЕТОДИ ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МАКРО-
ТА НАНООБ'ЄКТІВ**

Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика і наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика і наноматеріали
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «**Новітні методи фізичних досліджень макро- та нанооб'єктів**» для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії галузі знань **10 Природничі науки спеціальності 105 Прикладна фізика і наноматеріали** освітньої програми **Прикладна фізика і наноматеріали**.

Розробник: Грабар О.О., професор, доктор-фізико математичних наук

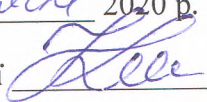
Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри прикладної фізики

протокол № 2 від «23» вересня 2020 р.

Завідувач кафедри  Небола І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 1 від «23» вересня 2020 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М. І.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 210	1	1
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи аспіранта – 4	1,2	1,2
	Лекції:	
	40	16
	Практичні (семінарські):	
	44	8
Вид підсумкового контролю: залік, екзамен	Лабораторні:	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	126	186

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Новітні методи фізичних досліджень макро- та нанооб'єктів**» є формування цілісної системи знань та навиків в області фізики та методики експериментальних досліджень макро- та нанооб'єктів, головним чином твердих тіл і наноструктур; засвоєння методики проведення фізичного експерименту та фізичних досліджень у таких середовищах, а також аналізу та моделюванню їх фізичних параметрів.

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення дисципліни **Новітні методи фізичних досліджень макро- та нанооб'єктів** сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

– **інтегральна компетентність**: здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

– **загальні компетентності**: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1); навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-2); здатність проведення самостійних досліджень на сучасному рівні (ЗК-3); здатність до пошуку, обробки на аналізу інформації з різних джерел (ЗК-4); здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК-5); здатність комунікації на фахову тематику з нефхівцями (ЗК-10).

– **фахові компетентності**: здатність застосовувати фізичні знання для систематизації різноманітних пов'язаних фактів і явищ (ФК-1); здатність визначати завдання фізичного дослідження (ФК-2); здатність вирізняти із накопичених спостережень відтворювані експериментальні факти (ФК-3); здатність створювати та порівнювати між собою фізичні та математичні моделі фізичних об'єктів, процесів та явищ (ФК-4); здатність оцінювати моделі з точки зору їх відповідності фізичним об'єктам процесам та явищам, для пояснення яких застосовуються дані моделі (ФК-5); вміння здійснювати комп'ютерне моделювання фізичних процесів, у тому числі із застосуванням існуючого програмного забезпечення (ФК-6); володіння експериментальними методиками дослідження наноструктурованих матеріалів (ФК-7); знайомство з інформаційними технологіями та електронікою (ФК-8); володіння теоретичними методами, що застосовуються для дослідження низьковимірних систем і наноматеріалів (ФК-10).

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення навчальної дисципліни «**Новітні методи фізичних досліджень макро- та нанооб'єктів**» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі фізики, прикладної фізики та суміжних галузей знань.	ПРН 1.1.
Знати фундаментальні праці провідних зарубіжних вчених та наукових шкіл у галузі дослідження.	ПРН 1.2.
Вміти формулювати загальну методологічну базу власного наукового дослідження.	ПРН 2.2.
Вміти проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань.	ПРН 2.3.
Вміти формулювати наукову проблему з огляду на стан її наукової розробки та сучасні наукові тенденції.	ПРН 2.5.
Вміти формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної проблеми.	ПРН 2.6.
Вміти аналізувати наукові праці в галузі прикладної фізики, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання.	ПРН 2.7.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Новітні методи фізичних досліджень макро- та нанооб'єктів»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Знати основну термінологію в області технології одержання та фізичних властивостей твердих тіл та наноструктурованих матеріалів.	ПРН 1.1.
Знати фізичні принципи основних методів дослідження електричних та оптичних процесів у нанооб'єктах.	ПРН 1.1
Знати основні феноменологічні та мікроскопічні моделі фізичних процесів у твердих тілах і наноматеріалах.	ПРН 1.2
Знати особливості прояву фізичних процесів у твердих тілах і наноматеріалах на температурних, частотних та інших залежностях їх фізичних параметрів.	ПРН 1.2
Вміти планувати проведення експериментальних робіт по дослідженню різних фізичних явищ у різних середовищах (твердих тілах і наноматеріалах).	ПРН 2.2
Вміти розраховувати основні фізичні параметри на основі експериментально отриманих спектральних, температурних, часових та інших залежностей	ПРН 2.3
Володіти методами побудови моделей, що описують фізичні явища у наноструктурованих середовищах.	ПРН 2.5
Вміти генерувати нові ідеї при вирішенні дослідницьких і практичних задач	ПРН 2.6
Вміти застосовувати фізичні теорії для опису та інтерпретації оптичних процесів у різних матеріалах.	ПРН 2.6
Вміти аналізувати наукову літературу по фізичних явищах у різних функціональних середовищах та їх моделях.	ПРН 2.7

4. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форми підсумкового семестрового контролю: залік, екзамен. До заліку або екзамену допускаються аспіранти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	70	100
5	10	10	5		

T1, T2, T3, T4 – теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	70	100
10	10	5	5		

T1, T2, T3, T4 – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	11	30	11	30
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)		-		
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні		-		
Письмове тестування при тематичному оцінюванні				
Презентація		-		
Реферат		-		
Есе		-		
Модульна контрольна робота		70		70
Разом	11	100	11	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота проводиться у письмовій формі шляхом відповідей на питання тестових завдань. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів.

Максимальна кількість балів за кожний модуль становить 100 балів. Мінімальна кількість балів, за якої робота вважається виконаною становить 60 балів.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Новітні методи фізичних досліджень макро- та нанооб'єктів» здійснюється у формі заліку та екзамену.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „незараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- " зараховано" - якщо аспірант достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "незараховано" - якщо аспірант викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, аспірант не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчати формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

Екзамен проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати екзамену оцінюються за чотирибальною шкалою: „відмінно”, „добре”, „задовільно”, „незадовільно”.

Оцінка „відмінно” (А; 90-100) виставляється в тому разі, коли аспірант бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, вміння грамотно обробляти результати експериментальних вимірювань з метою отримання заданої точності отриманих даних, кваліфіковано використовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „добре” (В, С; 74-89) виставляється тоді, коли аспірант виявив повне знання і розуміння програмового матеріалу, добре оволодів математичним апаратом курсу, може використовувати набуті знання в практичній діяльності, дав вичерпні відповіді на всі запитання, але під час відповіді допускав окремі нечіткі формулювання і незначні неточності.

Оцінка „задовільно” (D, E; 60-73) виставляється в тому разі, коли аспірант в основному знає і розуміє фактичний матеріал курсу, дав в основному правильні відповіді на запитання, виявив уміння розібратися в усьому матеріалі курсу, вміння використовувати відповідний математичний апарат, але не може ґрунтовно пояснити окремі положення пройденого курсу, допускає неточності при використанні математичного апарату, недостатньо вміє застосовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „незадовільно” (FX, F; 1-59) виставляється тоді, коли аспірант не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів навчальної дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням аспіранта результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90-100	зараховано	A	відмінно
82-89		B	добре
74-81		C	добре
64-73		D	задовільно
60-64		E	задовільно
35-59	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
1-34		F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Аспірант, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» або «незадовільно з обов'язковим повторним навчанням» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік або екзамен.

Результати підсумкового контролю знань вносяться до відомості обліку успішності.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Фундаментальні властивості та основні методи одержання наноматеріалів

Тема 1. Вступ. Фізичні ефекти в нанорозмірних об'єктах та наноструктурах. Історична довідка. Розмірні ефекти. Системи з квантованими електричними рівнями та їх властивості. Теплові властивості наночасинок. Прояви квантових розмірних ефектів у оптичних та люмінесцентних властивостях, квантові точки та нитки. Балістичний транспорт електронів. Металічні, магнітні та напівпровідникові нанокластери. Оптичні властивості низькорозмірних впорядкованих квантових систем. Нанофероїки та розмірні ефекти в сегнетоелектричних матеріалах.

Тема 2. Класифікація та основні методи одержання наноматеріалів та наноструктур. Наноструктуровані матеріали та нанокомпозити. Самоорганізовані наноструктури. Основні види та методи одержання наноб'єктів: газофазна епітаксія, термічне вакуумне осадження, молекулярно-променева епітаксія, піроліз, плівки Ленгмюр-Блоджетт. Іонне та іонно-плазмове травлення. Наноструктуровані матеріали: нанопористий кремній, інші пористі матеріали, аерогелі. Нанолітографія: ультрафіолетова, рентгенівська, іонно- та електронно-променева літографія, скануюча зондова літографія.

Тема 3. Квантові нанорозмірні об'єкти та матеріали. Технологія одержання квантових ниток та квантових точок. Літографічні методи. Масиви квантових ниток та їх формування профільованими поверхнями. Процеси самоорганізації при формування масивів квантових точок. Вуглецеві наноструктури. Методи одержання фулеренів та їх похідних. Вуглецеві нанотрубки. Лазерні та каталітичні методи. Методи розділення та очищення вуглецевих наноструктур. Графен та методи його одержання. Двумірні системи та аналоги графену.

Тема 4. Перспективи використання наноструктур. Технічні та технологічні проблеми сучасної електроніки і можливості їх вирішення методами нанотехнології. Застосування нових нанoeлементів у запам'ятовуючих та логічних пристроях. Основні уявлення про спінтроніку (магнітоелектроніку). Мемрістори. Квантові точки в квантових клітинних автоматах. Лазери з квантовими ямами і точками. Фотоприймачі на квантових ямах. Фотонні кристали та їх використання.

Модуль 2. Експериментальні методи дослідження наноматеріалів

Тема 5. Мікроскопічні методи та способи візуалізації нанооб'єктів. Методи визначення розмірів наночастинок. Визначення морфології (топология, розміри і форма зерен, пор, окремих фаз), хімічного складу окремих фаз та зерен, структурних утворень, атомно-молекулярної структури (кристалографічний порядок в кожній фазі, тип кристалічної решітки, її параметри, орієнтація, спектр структурних дефектів тощо). Мікроскопічні методи: оптична мікроскопія (звичайна, конфокальна, флуоресцентна, ближнього поля). Когерентна оптична томографія. Електронна мікроскопія (на просвіт, растрова, скануюча). Рентгенівська мікроскопія. Вимоги до досліджуваних об'єктів та особливості підготовки експериментальних зразків.

Тема 6. Дифракційні методи та структурний аналіз наноматеріалів. Експериментальні методи, засновані на дифракції рентгенівських променів та дифракції електронів. Порошкові методи рентгенодифракційного дослідження. Мікрофазовий аналіз. Метод Лауе. Дифракція низькоенергетичних електронів. Низькоенергетичне зворотнє розсіювання іонів. Дифракція відбитих високоенергетичних електронів.

Тема 7. Оптичні та спектроскопічні методи. Інфрачервона спектроскопія. ІЧ та Фур'є-спектрометри. Раманівська та мікро-раманівська спектроскопія. Флуоресцентна і люмінесцентна спектроскопія. Фотоемісійні методи. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія. енергетичний і кутовий аналіз емісійних фотоелектронів. Електронна Оже-спектроскопія. Вторинна іонна мас-спектроскопія. Спектроскопія іонно-індукованого оптичного випромінювання збудженими розпорошеними частинками. Види магнітної спектроскопії: електронний парамагнітний резонанс (ЕПР), ядерний магнітний (ЯМР) та квадрупольний (ЯКР) резонанс. Діелектрична, НВЧ та терагерцова спектроскопія. Оптичні методи досліджень тонких шарів на основі плазмонного ефекту.

Тема 8. Мікрозондові методи дослідження наноструктур. Фізичні принципи мікрозондового аналізу. Глибинний аналіз швидкими іонами і електронами (іонний мікрозонд). Скануюча тунельна мікроскопія, атомна силова мікроскопія, магніто-силова мікроскопія, електросилова мікроскопія, скануюча оптична мікроскопія ближнього поля.

5.2. Структура навчальної дисципліни

Денна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин	
	Форма навчання: денна	
	у тому числі	

	Усього	Лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Вступ. Фізичні ефекти в нанорозмірних об'єктах та наноструктурах	24	4	4			16
Тема 2. Методи одержання наноматеріалів та наноструктур.	24	4	6			14
Тема 3. Квантові нанорозмірні об'єкти та матеріали.	26	6	6			14
Тема 4 Перспективи використання наноструктур.	26	6	6			14
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	100	20	22			58
2-й семестр						
Модуль 2						
Тема 1. Мікроскопічні методи та способи візуалізації наноб'єктів.	26	4	4			18
Тема 2. Дифракційні методи та структурний аналіз наноматеріалів.	28	4	6			18
Тема 3. Оптичні та спектроскопічні методи.	28	6	6			16
Тема 4. Мікрозондові методи дослідження наноструктур.	28	6	6			16
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	110	20	22			68
Разом за семестр	210	40	44			126

Заочна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин	
	Форма навчання: заочна	
	Р	О
	у тому числі	

		Лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Вступ. Фізичні ефекти в нанорозмірних об'єктах та наноструктурах	24	2				22
Тема 2. Методи одержання наноматеріалів та наноструктур.	26	2	2			22
Тема 3. Квантові нанорозмірні об'єкти та матеріали.	26	2	2			22
Тема 4 Перспективи використання наноструктур.	24	2				22
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	100	8	4			88
2-й семестр						
Модуль 2						
Тема 1. Мікроскопічні методи та способи візуалізації нанооб'єктів.	28	2	2			24
Тема 2. Дифракційні методи та структурний аналіз наноматеріалів.	28	2	2			24
Тема 3. Оптичні та спектроскопічні методи.	28	2				26
Тема 4. Мікрозондові методи дослідження наноструктур.	26	2				24
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	110	8	4			98
Разом за семестр	210	16	8			186

5.3. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Розмірні ефекти. Системи з квантованими електричними рівнями та їх властивості.	2	
2.	Прояви квантових розмірних ефектів у оптичних та люмінесцентних властивостях. Квантові точки та нитки.	2	
3.	Нанофероїки та розмірні ефекти в сегнетоелектричних матеріалах.	2	
4.	Основні види та методи одержання нанооб'єктів.	4	2
5.	Нанолітографія: ультрафіолетова, рентгенівська, іонно- та електронно-променева літографія, скануюча зондова літографія.	4	2
6.	Вуглецеві наноструктури. Методи одержання фулеренів та їх похідних. Графен.	2	
7.	Застосування нових наноелементів у запам'ятовуючих та логічних пристроях.	2	
8.	Лазери з квантовими ямами і точками. Фотоприймачі на	2	

	квантових ямах.		
9.	Фотонні кристали та їх використання.	4	2
10.	Методи визначення розмірів та морфології наночастинок.	2	
11.	Рентгенодифракційні методи та структурний аналіз матеріалів.	4	2
12.	Електронно-дифракційні методи.	4	
13.	Оптичні методи дослідження матеріалів. Плазмоніка.	4	
14.	Види магнітної радіоспектроскопії. Діелектрична, НВЧ та терагерцова спектроскопія.	4	
15.	Методи скануючої зондової мікроскопії.	2	
Разом		44	8

5.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Квантові моделі нанорозмірних твердих тіл.	4	6
2.	Наноструктуровані штучні та природні матеріали.	4	6
3.	Моделювання та розрахункові методи дослідження нанорозмірних систем.	4	6
4.	Теплові властивості об'ємних та нанорозмірних матеріалів.	6	8
5.	Магнітні властивості твердих тіл і нанокластерів.	6	8
6.	Фізичні властивості металевих наночастинок.	4	6
7.	Молекулярні шари. Плівки Ленгмюр-Блоджетт.	4	6
8.	Аерогелі, опали та нанопористі матеріали	4	8
9.	Фазові переходи в об'ємних фероїках. Розмірні ефекти.	4	6
10.	Термодинамічна теорія фазових переходів.	6	8
11.	Фазові переходи у шаруватих та нанорозмірних фероїках.	4	6
12.	Аномальна поведінка фізичних властивостей в області фазових переходів у нанофероїках.	4	6
13.	Доменні та доменні межі у фероїках різного типу.	4	6
14.	Двомірні об'єкти: молекулярні шари, шаруваті кристали.	4	6
15.	Нанолітографія як метод отримання функціональних наноструктур.	4	6
16.	Фулерени, їх одержання та властивості.	4	6
17.	Графен, методи його одержання та властивості.	4	6
18.	Нанотехнології в пристроях комп'ютерної пам'яті.	6	8
19.	Раманівська та мікро-раманівська спектроскопія.	6	8
20.	Фотонні кристали та їх використання.	6	8
21.	Лазери на квантових ямах і точках.	4	6
22.	Види магнітної радіоспектроскопії	6	8
23.	Спінтроніка та магнітоелектроніка. Мемрістори.	4	8
24.	Плазмонний ефект та його використання.	4	8
25.	Тунельна скануюча мікроскопія.	6	8
26.	Атомно-силова мікроскопія та її підвиди.	6	8
27.	Скануюча оптична мікроскопія ближнього поля.	4	6
Разом		126	186

6. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби: Мультимедійний проектор.

Обладнання: персональні ком'ютери, ноутбуки.
Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Power Point.

7. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978.
2. Андо Т., Фаулер А., Стерн Ф. Электронные свойства двумерных систем. – М.: Мир, 1985.
3. Цидильковский И.М. Зонная структура полупроводников. – М.: Наука, 1978.
4. Заячук Д.М. Низькорозмірні структури і надгратки. – Львів: В-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2006.
5. Заячук Д.М. Нанотехнології і наноструктури. – Львів: В-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2009.
6. Д.М. Заячук, Ю.І. Якименко, А.Т. Орлов, В.М. Співак, О.В. Богдан “Основи наноелектроніки”, Книга 1. Квантово-механічні засади, структури, фізичні властивості. Львів: В-во Національного університету “Львівська політехніка” 2014.
7. Основи наноелектроніки. У 2 кн. Кн. 2, ч. 1. Матеріали і наноелектронні технології [Електронний ресурс] : підручник / Ю. І. Якименко, Д. М. Заячук, В. М. Співак, А. Т. Орлов [та ін.] ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 9,39 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 343 с.
8. Наноелектроніка / З. Ю. Готра, І. І. Григорчак, Б. А.Лукинянець [та ін.]; за ред. З. Ю. Готри . – Львів : Ліга-прес, 2009. – 344 с.
9. Наноэлектроника: монография в двух книгах. Кн. 1. Введение в наноэлектронные технологии /Г.М. Младенов, В.М. Спивак, Е.Г. Колева, А.В. Богдан.–Киев-София: «Аверс», 2010.–332 с.
10. Наноэлектроника: монография в двух книгах. Кн. 2. Наноструктурированные материалы и функциональные устройства / Ю.И. Якименко, А.Н. Шмырева, Г.М. Младенов, В.М. Спивак, Е.Г. Колева, А.В. Богдан. Под общей редакцией Ю.И. Якименко. – Киев - София: «Аверс», 2011.–388 с.
11. Кларк Э.Р., Эберхардт К.Н. Микроскопические методы исследования материалов.- М.: Техносфера, 2007. — 375 с. — ISBN 978-5-94836-121-5.
12. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - 2-е изд., испр. — М.: Физматлит, 2009. — 416 с. — ISBN 978-5-9221-0582-8.
13. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике. Издание 2-е, исправленное. — Москва: Техносфера, 2014. – 176 с. — ISBN 978-5-94836-382-0.
14. Глинчук М. Д., Рагуля А. В. Наноферроики. - К. : Наукова думка, 2010. - 311 с.

Допоміжна література

1. Кульбачинский В.А. Двумерные, одномерные, нульмерные структуры и сверхрешетки. – М.: МГУ, 1998.
2. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем. – Санкт-Петербург: Наука, 2001.
3. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. – М.: Мир, 1989.
4. А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, О.О. Коротченко, С.Ю. Смик, Квантові низькорозмірні системи, К., Академперіодика, 2003.
5. Гапоненко С.В. Оптические процессы в полупроводниковых нанокристаллитах (квантовых точках) // ФТП. – 1996. – Т. 30. – Вып. 4. – С. 577–619.
6. Довгий Я. Фуллерени // Світ фізики. – 2000. – № 3. – С. 10–17.
7. Елецкий А.В., Смирнов Б.М. Фуллерены // УФН. – 1993. – Т. 163. – № 9. – С. 33–60.

8. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства // УФН. – 2002. – Т. 172. – № 4. – С. 401–438.
9. Керл Р.Ф. Истоки открытия фуллеренов: эксперимент и гипотеза // УФН. – 1998. – Т. 168. – № 3. – С. 331–342.
10. Смолли Р.Е. Открывая фуллерены // УФН. – 1998. – Т. 168. – № 3. – С. 323–330.
11. Леденцов Н.Н., Устинов В.М., Щукин В.А., Копьев П.С., Алферов Ж.И., Бимберг Д. Гетероструктуры с квантовыми точками: получение, свойства, лазеры // ФТП. – 1998. – Т. 32. – № 4. – С. 385–410.
12. Силин А.П. Полупроводниковые сверхрешетки // УФН.– 1985.– Т. 147.– В. 3. – С. 485–521.
13. Шик А.Я. Сверхрешетки – периодические полупроводниковые структуры // ФТП. – 1974. – Т. 8, В. 10. – С. 1841–1864.
14. Багдасарян А. А. Основы наноелектроніки : навчальний посібник /А. А. Багдасарян. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 133с.