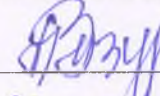


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Фізичний факультет
Кафедра прикладної фізики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан фізичного факультету


Лазур В.Ю.

«23» травня 2024 року

Робоча програма навчальної дисципліни

ОСНОВИ ФІЗИКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НАНОСТРУКТУР


Освітній рівень: Перший (бакалаврський)
Галузь знань: 10 Природничі науки
Спеціальність: 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма: Прикладна фізика та наноматеріали
Статус дисципліни: Обов'язкова
Мова навчання: Українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Основи фізики та технології наноструктур» для здобувачів вищої освіти галузі знань №10 «Природничі науки» спеціальності №105 «Прикладна фізика та наноматеріали» освітньо - професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали», 2024 р. – 12 с.

Розробник: к.ф.-м.н., Поп М.М.


Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри прикладної фізики ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Протокол № 11 від « 25 » квітня 2024 р.

Завідувач кафедри прикладної фізики  Небола І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від « 7 » травня 2024 р.

Голова науково-методичної комісії  Рубіш В.В.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5 семестр

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 3	Рік підготовки	
Загальна кількість годин – 90	4- й	
Кількість модулів – 2	Семестр	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студентів – 2	2- й	
	Лекції	
	36 год.	
	Практичні (семінарські)	
	-	
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні	
	24 год.	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота	
	60 год	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 60/60

для заочної форми навчання – відсутня

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою викладання дисципліни є отримання глибоких та систематизованих знань з основи фізики наноструктур, що включає коло питань, що становлять основу сучасних фізичних моделей, які можна застосувати для опису таких наноструктур як напівпровідникові квантові ями, квантові нитки, квантові точки, вуглецеві нанотрубки, графен і металеві наночастинки. Дати опис основних фізичних ефектів і явищ, характерних для систем зі зниженою розмірністю.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- **загальні компетенції (ЗК):** здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-1); знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ЗК-2; здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-6); навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 5); здатність до проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК 6); здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 7).

- **фахові компетенції (ФК):** здатність брати участь у складанні запитів на виконання наукових та науково-технічних проектів, в тому числі і міжнародних (ФК-1); здатність брати участь у плануванні методики проведення та матеріального забезпечення експериментів та лабораторних досліджень (ФК-2); здатність брати участь у проведенні експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів (ФК-3); здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження (ФК-4); здатність брати участь у формуванні запитів щодо матеріально-технічного забезпечення досліджень (ФК-8).

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Основи фізики та технології наноструктур» є опанування таких навчальних дисциплін: «Матеріалознавство», «Напівпровідникова електроніка», «Фізика конденсованого стану», «Основи мікропроцесорної техніки», «Технологічні основи електроніки», «Фізика та технологія наноструктур».

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Основи фізики та технології наноструктур» вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.	ПРН01
Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.	ПРН3
Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.	ПРН4
Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики	ПРН5
Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.	ПРН6
Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію	ПРН9
Планувати й організовувати результативну професійну діяльність	ПРН10

індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів	
Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні	ПРН11
Оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов'язані з реалізацією проєктів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проєктів	ПРН13

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Компютерна обробка інформації»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Знати застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження	ПРН3
Знати застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.	ПРН4
Знати основні терміни та поняття в області обробки інформації	ПРН5
Знати види електронних даних	ПРН5
Знати методи обробки електронних даних	ПРН5
Вміти відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах та інших джерелах інформації	ПРН6
Вміти здійснювати аналіз, інтерпретацію науково-технічної інформації класифікацію в галузі прикладної фізики та її класифікацію	ПРН9
Вміти визначити найбільш перспективний сегмент ринку наукової продукції та оцінити місткість ринку	ПРН9
Вміти презентувати результати досліджень на ринку наукової продукції	ПРН9
Володіти методами наукового підходу до управління організацією ставити цілі і формулювати завдання, пов'язані з реалізацією професійних функцій	ПРН10
Вміти своєчасно виявляти внутрішньо-організаційні конфлікти і розробляти шляхи їх подолання	ПРН10
Знати сутність та зміст комунікаційного процесу в організації	ПРН11
Вміти оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати пов'язані з реалізацією наукового проєкту у сфері прикладної фізики	ПРН13

5. 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,
- проміжний модульний контроль,
- підсумковий семестровий контроль.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- 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.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік. До заліку допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів:

- поточного контролю знань;
- проміжного модульного контролю знань;
- підсумкового семестрового контролю знань – екзамен.

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

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

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

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

T1, T2, T3, – 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				
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	1	20	1	20
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні				
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	1	20	1	20
Модульна контрольна робота	1	60	1	60
Разом	2	100	2	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота здійснюється 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 «Технологічні основи електроніки» здійснюється у виді заліку. Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: «зараховано», «незараховано».

Підсумкова оцінка «зараховано»/«незараховано» визначається наступними критеріями:

- оцінка «зараховано» виставляється в тому разі, коли студент бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, демонструє вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, демонструє здатність до мислення, кваліфіковано використовує набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

- оцінка «незараховано» виставляється тоді, коли студент 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 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 студента 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 та вище	зараховано	A	відмінно
80-89 65-79	зараховано	B	добре
	зараховано	C	добре
55-64 50-54	зараховано	D	задовільно
	зараховано	E	задовільно
35-49 1-34	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
	незараховано	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань із навчальних дисциплін, з яких передбачено залік, заносяться до залікової відомості.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Загальні поняття, будова та властивості наноматеріалів.

Тема 1. Вступ. Типи наноструктур і їх атомна будова.

Загальні риси наноматеріалів. Критерії визначення і фізичні ознаки наноструктур. Елементи низькорозмірних структур.

Тема 2. Квантово-розмірні системи.

Квантове обмеження в нескінченному прямокутному потенціалі. Енергетичні стани в обмеженому прямокутному потенціалі. Густина станів в низькорозмірних системах. Густина станів для трьохвимірного простору (немає обмеження). Густина станів для двовимірного простору (квантової ями). Густина станів для одновимірного випадку. Нульмірний випадок (квантова точка).

Тема 3. Кластери, атомна будова і технологія одержання.

Основні поняття і ознаки наночастинок. Технології отримання нанокластерів. Ліганд-стабілізація. Формування кластерних систем шляхом газофазного синтезу (конденсації пару). Основні закономірності утворення кластерів. Механізми зародження кластерів. Структура і форма малих частинок конденсату. Динамічні властивості атомів у кластерів.

Модуль 2. Загальна характеристика, будова, властивості та отримання наноматеріалів.

Тема 4. Властивості ізольованих кластерів.

Основні властивості нанокластерів. Оптичні властивості кластерів. Магнітні властивості кластерів. Застосування кластерів.

Тема 5. Вуглецеві наноструктури.

Електронна структура атому вуглецю і його електронні зв'язки. Графіт. Структура графіту. Властивості графіту. Графен. Структура графену. Основні властивості графену. Одержання графену. Фуллерени і їх похідні. Утворення фулеренів і будова. Структура зв'язків у фулерені. Властивості фулеренів.

Тема 6. Вуглецеві нанотрубки.

Основні поняття. Будова і електронна структура. Електронні властивості вуглецевих нанотрубок. Методи одержання вуглецевих нанотрубок. Дефекти будови вуглецевих нанотрубок. Властивості вуглецевих нанотрубок. Застосування вуглецевих нанотрубок.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин - 120					
	Форма навчання: денна					
	Усього 120	у тому числі				
Лекції 36		практичні (семінарські)	Лабораторні 24	індивідуальна робота	самостійна робота 60	
Модуль 1						
Тема 1. Вступ. Типи наноструктур і їх атомна будова. Загальні риси наноматеріалів. Критерії визначення і фізичні ознаки наноструктур. Елементи низькорозмірних структур.	15	5				10

Тема 2. Квантово-розмірні системи. Квантове обмеження в нескінченному прямокутному потенціалі. Енергетичні стани в обмеженому прямокутному потенціалі. Густина станів в низькорозмірних системах. Густина станів для трьохвимірного простору (немає обмеження). Густина станів для двовимірного простору (квантової ями). Густина станів для одновимірного випадку. Нульмірний випадок (квантова точка).	22	6		6		10
Тема 3. Кластери, атомна будова і технологія одержання. Основні поняття і ознаки наночастинок. Технології отримання нанокластерів. Ліганд-стабілізація. Формування кластерних систем шляхом газофазного синтезу (конденсації пару). Основні закономірності утворення кластерів. Механізми зародження кластерів. Структура і форма малих частинок конденсату. Динамічні властивості атомів у кластерів.	22	6		6		10
Модульна контрольна робота	1	1				
Разом за модуль	60	18		12		30
Модуль 2						
Тема 4. Властивості ізольованих кластерів. Основні властивості нанокластерів. Оптичні властивості кластерів. Магнітні властивості кластерів. Застосування кластерів..	16	6				10
Тема 5. Вуглицеві наноструктури. Електронна структура атому вуглецю і його електронні зв'язки. Графіт. Структура графіту. Властивості графіту. Графен. Структура графену. Основні властивості графену. Одержання графену. Фуллерени і їх похідні. Утворення фулеренів і будова. Структура зв'язків у фулерені. Властивості фулеренів.	22	6		6		10
Тема 6. Вуглецеві нанотрубки. Основні поняття. Будова і електронна структура. Електронні властивості вуглецевих нанотрубок. Методи одержання вуглецевих нанотрубок. Дефекти будови вуглецевих нанотрубок. Властивості вуглецевих нанотрубок. Застосування вуглецевих нанотрубок.	21	5		6		10
Модульна контрольна робота	1	1				
Разом за модуль	60	18		12		30

6.3. Тематичний план лабораторних занять.

Лабораторні роботи проводяться у вигляді практичної виконання завдання лабораторної роботи на ПК з попереднім теоретичним опитування самостійним виконанням ходу роботи, оформлення протоколу в електронному і текстовому вигляді із заключним захистом результатів роботи і протоколу роботи.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Лабораторна робота №1. Спектральні методи дослідження оптичних властивостей нанорозмірних металевих плівок з використанням ґраткового монохроматора.	4	
2	Лабораторна робота №2. Оптичні дослідження дослідження плівок нанесених на наночастинки золота.		
3	Лабораторна робота №3. Дослідження плазмонного резонансу плівок нанесених на наночастинки золота різного розміру.		
4	Лабораторна робота №4. Еліпсометричні дослідження нанорозмірних плівок. Побудова моделей для розрахунку оптичних параметрів.	4	
5	Лабораторна робота №5. Еліпсометричні дослідження плівок нанесених на наночастинки золота. Побудова моделей для розрахунку оптичних параметрів.	4	
6	Лабораторна робота №6. Оцінка рентгеноструктурними методами середнього розміру нанокристалів".	4	
Разом		24	-

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Наноефекти і нанооб'єкти в природі. «Інтуїтивні» нанотехнології Види штучних наноструктур.	4	
2.	Міждисциплінарний характер нанотехнологій. Галузі науки, пов'язані з нанотехнологіями. Перспективи та пріоритетні напрямки розвитку нанотехнологій.	4	
3.	Структура полімерних і біологічних наноматеріалів.	4	
4.	Структура вуглецевих наноматеріалів.	4	
5.	Зародження та еволюція наноструктур.	4	
6.	Атомний порядок та його вплив на властивості наноструктур	4	
7.	Електронна будова. Фазові рівноваги і термодинаміка.	4	
8.	Реакційна здатність наноматеріалів. Каталіз	4	
9.	Пористі матеріали і матеріали зі спеціальними фізико-хімічними властивостями.	4	
10.	Атомно-силова мікроскопія	4	
11.	Магнітно-силова мікроскопія	4	
12.	Нанотестування. Метод наноіндентування	4	
13.	Дифракційні методи дослідження наноструктур.	4	
14.	Атомні кластери як елементарні об'єкти самозборки	4	
15.	Багатошарові наноструктурні покриття.	4	
Разом		60	

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

Технічні засоби: Мультимедійний проектор.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки, еліпсометр Horiba SmartSE, спектрометр МДР-3, КР-спектрометр Horiba.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Office, Paint Net, Origin.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

8.1. Основна література

1. Куцова В.З., Котова Т.В., Аюпова Т.А. Наноматеріали та нанотехнології. Навч. посібник. У двох частинах. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 103 с.
2. Наноматеріали і нанотехнології: навчальний посібник / Азаренков М. О., Неклюдов І. М., Береснєв В. М., Воеводін В. М., Погребняк О. Д., Ковтун Г. П., Соболев О. В., Удовицький В. Г., Литовченко С. В., Турбін П. В., Чишкала В. О. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 316 с.
3. Яблонь Л.С., Бойчук В.М. Фізичні основи нанотехнологій. Курс лекцій. – Івано-Франківськ, 2015. – 103 с.
4. Долінський А.А., Драганов Б.Х., Козирський В.В. Нанотехнології в енергетиці. – К.: ЦП Компринт, 2015. – 113 с.
5. Поплавко Ю.М., Борисов О. В., Якименко Ю. І. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 300 с.
6. Наноматеріали та нанотехнології / В. Малишев, Н Кущевська., О. Папроцька, О. Терещенко. Київ: Університет "Україна", 2018. 140 с.
7. Волков С.В., Ковальчук С.П., Огенко В.М., Решетняк О.В. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали. Київ: Наукова думка, 2008. 424

8.2. Додаткова література

1. Ткач О. П. Наноматеріали і нанотехнології в приладобудуванні: Навчальний посібник. - Суми: Сумський державний університет, 2014. - 127 с.
2. Шик А .Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем. - Санкт-Петербург: Наука, 2001. - 155 с.
3. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Смик С.Ю. Діагностика наносистем. - Київ: Академперіодика, 2003. - 149 с.
8. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Коротченков О.О., Смик С.Ю. Квантові низькорозмірні системи. - Київ: Академперіодика, 2003. - 308 с.
4. Гомоннай О.В., Гомоннай О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Основи фізики та технології наноструктур». Ужгород: Говерла, 2020. 66 с.