

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук
(назва інституту / факультету)

Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної фізики
(назва кафедри)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Директор Інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук

/Ангельський О.В./
“31” серпня 2020 року


РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

ФІЗИКА ПОВЕРХНІ ТА НАНОМАТЕРІАЛИ
(назва навчальної дисципліни)

вибіркова

(вказати: обов'язкова / вибіркова)

Освітня програма Фізика та астрономія
(назва програми)

Спеціальність 104 Фізика та астрономія
(вказати: код, назва)

Галузь знань 10 Природничі науки

Рівень вищої освіти третій
(вказати: перший бакалаврський/другий магістерський)

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук
(назва факультету/інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

Мова навчання українська
(вказати: на якій мові читається дисципліна)

Чернівці 2020 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика поверхні та наноматеріали»
(назва навчальної дисципліни)

складена відповідно до вимог її змісту (Ліцензійні умови провадження освітньої діяльності 2015 р.) та відповідає освітньо-науковій програмі третього рівня вищої освіти: «Фізика та астрономія», спеціальність 104 Фізика та астрономія, галузь знань 10 Природничі науки
(назва освітньо-професійної програми, код та назва спеціальності, галузь знань: шифр та назва)

затвердженій Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Протокол № 4 від « 18 » квітня 2016 року), зі змінами від 31 серпня 2020 року (протокол № 7)

Розробник: Фодчук Ігор Михайлович, професор кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної фізики, доктор фізико-математичних наук
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені, вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри
інформаційних технологій та комп'ютерної фізики

Протокол № 2 від « 31 » серпня 2020 року

Завідувач кафедри ІТКФ


(підпис)

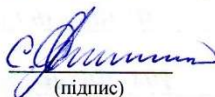
Борча М.Д.

(прізвище та ініціали)

Схвалено методичною радою Інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук

Протокол № 1 від « 31 » серпня 2020 року

Голова методичної ради ІФТКН


(підпис)

Струк Я.М.

(прізвище та ініціали)

1. Анотація дисципліни

Курс «Фізика поверхні та наноматеріали» читають аспірантам першого курсу протягом першого семестру. Робоча програма містить всі розділи фізичних знань, які будуть використані аспірантами спеціальності в подальшому вивченні спецкурсів. Зазначені розділи методи отримання і властивості чистої поверхні, спеціальні методи обробки поверхні металів, структура поверхні ідеальних кристалів, чистота реальної поверхні, фізичні і хімічні неоднорідності, методи перевірки чистоти поверхні, методи отримання атомарно однорідних поверхонь, методи очистки поверхні: теплового спалаху, електронного і іонного бомбардування, десорбції полем, гальванотехніка хімічного травлення тощо утворюють основу практичних знань з фізики поверхні та наноматеріалів та винесені на аудиторний розгляд (на лекціях та практичних).

2. Мета навчальної дисципліни:

формування знання та уміння магістрів про фізико-хімічні процеси, що відбуваються на поверхні твердого тіла, структурні порушення та типові дефекти поверхні; ознайомлення із сучасними високороздільними методами діагностики поверхні, фізичною основою яких є емісійні явища та розсіювання мікрочастинок, а також методів скануючої зондової мікроскопії, які володіють ангстремною й навіть субангстремною роздільною здатністю.

3. Завдання:

В результаті вивчення курсу магістр повинен набути таких знань, щоб уміти самостійно ставити і розв'язувати експериментальні завдання, обробляти, аналізувати і оцінювати отримані результати.

Компетентності, що забезпечує вивчення дисципліни:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК5. Здатність генерувати нові ідеї та застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК8. Здатність працювати автономно, ініціювати, організовувати та проводити комплексні теоретичні та експериментальні дослідження.

ЗК10. Здатність виявляти, ставити й вирішувати проблеми та проводити дослідження на відповідному рівні, планувати й прогнозувати результати.

ФК1. Дослідницькі здатності та компетентність виконувати оригінальні дослідження у вибраній області фізики та досягати наукових результатів, які створюють нові знання, із звертанням особливої уваги до актуальних задач та використанням новітніх наукових методів.

ФК5. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем у вибраній області фізичних досліджень.

ФК6. Здатність проводити фундаментальні та прикладні наукові дослідження з використанням сучасних експериментальних та теоретичних методів.

ФК7. Усвідомлення мети й завдань сучасної фізики та астрономії, здатність вирішувати проблеми й задачі інноваційного характеру в одній із галузей фізики або астрономії.

ФК9. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження низькорозмірних систем, володіння принципами структурної побудови наносистем.

ФК10. Здатність застосовувати знання теорій опису фізичних властивостей низькорозмірних систем різних типів.

4. Результати навчання:

знати:

- нові освітні та інформаційні технології, сучасні засоби навчання;
- раціональних способів підвищення професійної компетентності.
- будову, види та особливості хімічного зв'язку та його вплив на всі фундаментальні фізичні властивості твердого тіла;
- основи атомної будови твердих тіл, методи отримання матеріалів з наперед заданими властивостями, методи дослідження фізико-механічних, електрофізичних та інших властивостей матеріалів;
- методи постановки і проведення фізичних експериментів; будову і загальні принципи експлуатації фізичних приладів і експериментальної апаратури, методики розв'язку прикладних задач і програмування та моделювання фізичних процесів;

- методи сучасного керування науковими і прикладними експериментами з допомогою комп'ютерної техніки, моделювання та обробки фізичних процесів з допомогою електронно-обчислювальної апаратури.

вміти:

- аналізувати та прогнозувати основні напрямки розвитку сучасних технологій;
- розробляти методики, апаратуру, обладнання і устаткування для вивчення фізичних явищ і процесів;
- проводити фундаментальні і прикладні дослідження у галузі фізики, інших природничих і технічних наук;
- використовувати сучасне програмне забезпечення комп'ютерної техніки;
- здійснювати обробку результатів та їх фізичну інтерпретацію;
- підвищувати професійний рівень і кваліфікацію;
- забезпечувати високий науково-теоретичний і методичний рівень викладання дисциплін у повному обсязі освітньої програми спеціальності;
- будувати логічно завершений педагогічний процес у навчальних закладах різного типу і рівня акредитації;
- встановлювати психолого-педагогічний контакт з аудиторією;
- організовувати спільну творчу діяльність;
- планувати індивідуальну роботу зі студентами з метою стимулювання їх до науково-дослідницької діяльності;

Результати у вигляді програмних результатів навчання:

ПРН2. Здатність здійснити завершене оригінальне дослідження, що ґрунтується на використанні сучасних методів науки.

ПРН11. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних наукових методів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН10. Уміти розробляти та досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у фізиці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН18. Мати ґрунтовні знання предметної області та розуміння професії.

5. Опис навчальної дисципліни

5.1. Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні	
Денна	1-й	1-й	4,0	120	10	20			90		екзамен

5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин	
		у тому числі

	Усього	Л	п	Лаб	інд	с. р.
1	2	3	4	5	6	7
Теми занять	Змістовий модуль 1					
Тема 1. Фізика поверхневих явищ	15	1	2			12
Тема 2. Геометричні характеристики стану поверхні	15	1	2			12
Тема 3. Сучасні методи дослідження поверхні твердого тіла	15	1	3			11
Тема 4. Скануюча зондова мікроскопія (сзм)	15	2	3			10
Разом за ЗМ 1	60	5	10			45
Теми занять	Змістовий модуль 2.					
Тема 5. Дослідження поверхні методами повного зовнішнього відбивання (пзв) х-променів	20	2	4			14
Тема 6. Дослідження морфології поверхні кристалів методами х-променевої дифракції	20	2	4			14
Тема 7. Нанорозмірні поверхневі об'єкти та х-променеві методи їх дослідження	20	1	2			17
Разом за ЗМ 2	60	5	10			45

5.3. Теми практичних занять

№	Назва теми
1	Розсіювання молекул поверхнею. Коефіцієнти акомодатії.
2	Аналіз експериментальних ІК.
3	Розрахунок інтенсивності ДК.
4	Розрахунок інтенсивності ДК.
5	Фрактальні параметри рельєфу.
6	Стан поверхні кристалів після хіміко-механічної обробки.
7	Квантові точки. Квантові дроти.

5.4. Самостійна робота

№	Назва теми
1	Таммівські стани поверхні.
2	Очищення поверхонь з використанням каталітичних реакцій.
3	Метричні моделі мікрогеометрії поверхні. Синусоїдальна модель. Модель нормального розподілу висот і нахилів поверхні.
4	Електроємнісні методи. "Електричне поле – електрони" /9-1/. "Електричне поле – іони" /9-2/.
5	Скануюча тунельна мікроскопія. Ближньопольова оптична мікроскопія.

6	Способи реконструкції рельєфу поверхні.
7	Методи інтегральних та диференціальних кривих ПЗВ
8	Топографія в ковзній геометрії Бреґга – Лауе
9	Метод стоячої хвилі Х-променів
10	Асиметрична схема дифракції
11	Морфологія (особливості) росту епітаксійних систем
12	Властивості та методи створення нанорозмірних поверхневих об'єктів

6. Система контролю та оцінювання

Засоби оцінювання

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання:

- контрольні роботи;
- тести;
- практичні роботи;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;

Форми поточного та підсумкового контролю

- практичні завдання;
- модульні контрольні роботи;
- комплексний іспит.

Оцінювання знань студентів здійснюється за 100-бальною шкалою. Результати роботи студентів впродовж навчального семестру оцінюються в ході поточного контролю в діапазоні від 1 до 60 балів (включно), а результати підсумкового контролю (іспиту) оцінюються від 1 до 40 балів (включно).

Оцінювання проводять за такими критеріями:

- 1) розуміння, ступінь засвоєння теорії і методології проблем, що розглядаються;
- 2) ступінь засвоєння матеріалу дисципліни;
- 3) уміння використовувати теорію при вирішенні практичних завдань, проведенні необхідних розрахунків;
- 4) ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою з питань, що розглядають;
- 5) логіка, структура викладання матеріалу в роботах і при виступах в аудиторії, вміння обґрунтовувати свою позицію;
- 6) самостійність виконання завдань та своєчасність здачі завдань викладачу.

Контроль виконання поставлених задач при проведенні практичних занять здійснюється протягом семестру. За успішне та систематичне виконання завдань протягом двох змістових модулів студент отримує оцінку за поточний контроль; якщо студент виконує завдання з відсутністю окремих вимог до їх виконання, то оцінка знижується.

Оцінка «відмінно» виставляється студенту, який дає глибоку і аргументовану відповідь, що розкриває питання і свідчить про відмінне знання матеріалу, вміння цілеспрямовано аналізувати матеріал, робити висновки, чіткий логічний і послідовний виклад думок, розуміння суті теми. Крім того, студент обізнаний з основною та додатковою літературою з відповідної проблематики, вміє творчо аналізувати інформацію, наводити адекватні приклади та аргументи.

Оцінка «добре» виставляється студенту, який достатньо повно володіє теоретичним матеріалом і навиками практичного застосування дисципліни, добре орієнтується у основній та додатковій літературі з відповідної проблематики. Однак відповідь містить неточності, які суттєво не впливають на розкриття змісту розв'язуваного завдання, недостатньо повно розкрито фізичну суть питання або розв'язок практичного завдання не доведено до числових значень.

Оцінка «задовільно» виставляється студенту, який демонструє загальну обізнаність в матеріалі, розуміє в цілому зміст основних понять і фактів, однак відповіді на питання розкриваються неповністю, фрагментарно і мають характер не стільки свідомого, скільки механічного відтворення, а наведені аргументи і висновки є недостатньо переконливими.

Оцінка «незадовільно» виставляється студенту, який не розуміє змісту ключових понять і фактів з спеціальності, неспроможний дати базову характеристику відповідних проблем, необізнаний з літературою, не вміє аналізувати поставлені перед ним питання, аргументовано відповідати та здійснювати правильні висновки.

Згідно шкали ECTS загальна кількість балів, яку студент може отримати при складанні екзамену становить 100 балів, а шкала оцінювання, затверджена Міністерством освіти і науки України подана нижче.

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(недостатньо) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(недостатньо) з обов'язковим повторним курсом

Підсумкова оцінка за навчальну дисципліну виводиться з суми балів поточного контролю за модулями **ЗМ1+ЗМ2=30+30=60 балів** та модуль-контролю (екзамену) **МК=40 балів**.

Екзаменаційні білети складаються із двох теоретичних питань та одного практичного, кожне з теоретичних питань оцінюється *15 балами*, а теоретичне – *10 балами*. Таким чином за **МК** (екзамен) максимально студент може отримати **15+15+10=40 балів**.

Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)							Кількість балів іспит	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль №1				Змістовий модуль № 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	40	100
5	5	5	15	14	14	2		

T1, T2 ... – теми змістових модулів.

7. Рекомендована література

1. Діагностика поверхні твердого тіла. Загальний стан проблеми та X-променеві методи : навч. посіб. / Ігор Михайлович Фодчук, Сергій Васильович Баловсяк;– Чернівці : Рута, 2007.– 288 с.
2. Authier A. Dynamical theory of X-ray diffraction. New York: Oxford Press. 2001. 661 P.
3. Holy V., Pietch U., Baumbach T. High-resolution X-ray scattering from thin films and multilayers. Berlin: Springer. 1999. 255 P.

4. Кладько В.П., Фодчук І.М. Методи Х-променевої дифракційної діагностики напівпровідникових кристалів та гетероструктур / навчальний посібник – Чернівці: Рута, 2017. – 160 с.
5. Афанасьев А.М., Александров П.Ф., Имамов П.М. Рентгенодифракционная диагностика субмикронных слоев. Москва: Наука. 1989. 152 С.
6. Чжан Ш.-Л. Многоволновая дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. Москва: Мир. 1987. 335 С.
7. Pietch U., Holy V., Baumbach T. High-resolution X-ray scattering from thin films to lateral nanostructures. New York: Springer. 2004. 409 P.
8. Єфанов О.М., Кладько В.П., Мачулін В.Ф., Молодкін В.Б. Динамічна дифракція Х-променів в багатошарових структурах. Київ: Науко-ва думка. 2008. 219 С.
9. Fewster P.F. X-ray scattering from semiconductors. London: Imperial College Press. 2003. 300 P.
10. Кладько В.П., Мачулін В.Ф., Григор'єв Д.О., Прокопенко І.В. Рент-генооптичні ефекти в багатошарових періодичних квантових структурах. Київ: Наук. думка. 2006. 288 С.
11. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 333 с.
12. Черепин В.Г., Васильев М.А. Справочник. Методы и приборы для анализа поверхности материалов. – К.: Наукова думка, 1982. – 396 с.
13. Борисов С.Ф. Физика поверхности. – Свердловск: Из-во Сверд. ун-та, 1987. – 103 с.
14. Топорец А.С. Оптика шероховатой поверхности. - Л.: Машиностроение, 1988. – 184 с.
15. Хусу А.П., Виттенберг Ю.Р., Пальмов В.А. Шероховатость поверхностей. – М.: Наука, 1975. – 343 с.
16. Нефедов В.И., Черепин В.Т. Физические методы исследования поверхности твердых тел. – М.: Наука, 1983. – 295 с.
17. Методы анализа поверхностей: Пер. с англ. Под ред. А.Зандерны. – М.: Мир, 1979. – 571 с.
18. Ушенко О.Г. Лазерна поляриметрія фазово-неоднорідних об'єктів і середовищ. – Чернівці: Медакадемія, 2000. – 256 с.
19. Синайський В.М., Сиденко В.И. Рентгеновская рефлектометрия (обзор) // ПТЭ. – 1974, №6. – С.131-160.
20. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. - Нижний Новгород: Изд-во института физики микроструктур, 2004. – 114 с.
21. Рыков С.А. Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур. – СПб.: Наука, 2001. - 53 с.
22. Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров / Под ред. И.В.Яминского. - М.: Научный мир, 1997. - 86 с.
23. Туннельные явления в твердых телах / Под ред. Э.Бурнштейна и С.Лундквиста. – М.: Мир, 1973. - 422 с.
24. Неволин В.К. Основы туннельно-зондовой нанотехнологии: Учебное пособие. – М.: МГИЭТ, 1996. - 91 с.
25. Кшевецкий С.А., Стецко Ю.П., Фодчук И.М., Мельничук И.В., Полянко В.С. Косонесимметричная рентгеновская топография приповерхностных слоев монокристаллов // УФЖ.- 1990.- 30, №3.-С.344-348.
26. Фодчук И.М, Кшевецкий О.С. Рентгенотопографические исследования рельефа поверхности и дефектов структуры тонких поверхностных слоев монокристаллов InSb и CdTe// Металлофизика.-1992.- 14, №5.- С.57-62.