

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра квантової радіофізики та наноелектроніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

_____ Олексій НЕЧИПОРУК

« ____ » _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Сучасні методи діагностики поверхні

для студентів

рівень вищої освіти

другий

галузь знань

10 Природничі науки

спеціальність

105 Прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма

Радіофізика та електроніка

вид дисципліни

вибіркова

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

2

Кількість кредитів ECTS

3

Мова викладання

українська

Форма заключного контролю

залік

Викладач:

Сергій КУЛИК, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

Пролонговано:

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

Розробник:

Андрій ГОРЯЧКО, доктор фіз.-мат. наук, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри квантової радіофізики
та наноелектроніки

_____ Ганна КАРЛАШ

Протокол № __ від « __ » _____ 2021 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № __ від « __ » _____ 2022 р.

Голова науково-методичної комісії

Сергій РАДЧЕНКО

« __ » _____ 2022 року.

ВСТУП

1. Мета дисципліни — ознайомлення студентів із основними засадами діагностики поверхні твердого тіла.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Сучасні методи діагностики поверхні» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки бакалавра, а саме: «Загальна фізика», «Фізика твердого тіла», «Радіоелектроніка», «Квантова механіка», «Коливання і хвилі».

Попередні вимоги:

1. студент повинен знати: основні закони, рівняння та співвідношення курсу загальної фізики, курсу фізики твердого тіла, курсу квантової механіки, курсу коливань і хвиль, курсу радіоелектроніки та теорії електричних кіл.

2. студент повинен вміти: будувати фізичні моделі твердого тіла та потоків частинок як в наближенні класичної фізики так і в межах квантової теорії, ідентифікувати найважливіші аспекти взаємодії їхньої взаємодії з поверхнею твердого тіла.

3. студент повинен знати: базові основи теорії електронних приладів, схем та сигналів, основи вакуумної техніки та базові основи комп'ютерних алгоритмів.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Вивчення дисципліни «Сучасні методи діагностики поверхні» дозволяє опанувати найважливіші та найпоширеніші експериментальні методики вимірювання різноманітних фізичних характеристик поверхні твердого тіла. Розглядаються основні типи мікроскопічних та спектроскопічних методик діагностики поверхні твердого тіла. Серед мікроскопічних методик особливу увагу приділено класу методик сканувальної зондової мікроскопії, серед яких сканувальна тунельна мікроскопія, в т.ч. спінополяризована, сканувальна тунельна спектроскопія, атомно-силова мікроскопія в контактному та безконтактному режимах, атомно-силова спектроскопія, магнітно-силова мікроскопія, сканувальна мікроскопія зонду Кельвіна, сканувальна електронна мікроскопія. Серед спектроскопічних методик розглядаються електронна Оже спектроскопія, фото-електронна спектроскопія ультра-фіолетового та X-променевого діапазонів, вторинно-іонно мас-спектрометрія, Резерфордівська спектроскопія зворотнього розсіяння, спектроскопія поглинання X-променевого діапазону, високороздільна спектроскопія втрат енергії електронів. В процесі вивчення дисципліни розкриваються основні фізичні принципи та особливості технічної реалізації усіх вищеперерахованих методик. Особливо увагу приділено методам обробки одержаних експериментальних даних та комп'ютерні алгоритми, що їх здійснюють.

4. Завдання (навчальні цілі):

1. Надати основні відомості з курсу «Сучасні методи діагностики поверхні», які складають важливу частину загально-наукової підготовки магістра за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали».

2. Надати основні знання з теорії взаємодії квантово-механічних частинок з поверхнею твердого тіла, продемонструвати зв'язок характеристик цієї взаємодії з параметрами структури та іншими фізичними характеристиками поверхні.

3. Навчити застосовувати одержані знання у професійній діяльності при проведенні наукових досліджень та розробок в науково-дослідних або конструкторських закладах, в галузях високих технологій, машинобудування, хімічної промисловості, оборонної промисловості та подвійного призначення.

4. Навчити ефективно застосовувати отримані знання для профорієнтації серед учнів середньої школи, комунікації в бізнес середовищі та серед грантових агенцій про важливість інвестицій в наукове приладобудування для посилення конкурентоспроможності, інвестиційної привабливості та обороноздатності України.

Забезпечення досягнення компетентностей:

ЗК-1 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК-5 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ФК-1 Здатність виконувати аналіз спеціальної літератури, формулювати постановку інженерної виробничої або науково-технічної задачі, обирати методи та методики, складати програми досліджень та науково-технічних розробок у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	студент повинен знати:	лекційні та семнарські заняття з використанням персональних комп'ютерів та методик дистанційного навчання	письмові модульні контрольні роботи	до 45
1.1	Загальні основи фізики потоків частинок та квантів електромагнітного поля			
1.2	Загальні основи фізики взаємодії частинок та квантів з твердим тілом та його приповерхневим шаром			
1.3	Основні фізичні характеристики поверхні твердого тіла			
1.4	Базові підходи до постановки експериментів в фізиці поверхонь			
1.5	Основні фізичні моделі формування вторинного відгуку внаслідок первинного впливу на досліджувану поверхню			
1.6	Основи технологій виробництва надвисоко-вакуумно сумісних дослідницьких приладів			
2	студент повинен вміти:	лекційні та семнарські заняття з використанням персональних комп'ютерів та методик дистанційного навчання	письмові модульні контрольні роботи	до 45
2.1	Створювати алгоритми обробки експериментальних даних одержаних при дослідженні поверхні твердого тіла			
2.2	В разі наявності, швидко опанувати та професійно використовувати комерційно доступні програмне забезпечення для моделювання взаємодії потоків первинних частинок з поверхнею			
2.3	Розраховувати основні фізичні характеристики поверхні твердого тіла виходячи з експериментально виміряних величин			
3	комунікація:	лекційні та семнарські заняття з використанням персональних комп'ютерів та методик дистанційного навчання	письмові модульні контрольні роботи	до 5
3.1	Професійна комунікація можливостей дослідницької лабораторії щодо надання діагностичних послуг для представників підприємств високотехнологічних галузей виробництва			
3.2	Навички роботи у великих дослідницьких колабораціях в галузі фізики поверхні, зокрема із використанням синхротронних джерел випромінювання			
4	автономність та відповідальність:	лекційні та семнарські заняття з використанням персональних комп'ютерів та методик дистанційного навчання	письмові модульні контрольні роботи	до 5
4.1	Здатність до самостійного пошуку та роботи з джерелами наукової інформації, в т.ч. англійською мовою, за тематикою діагностики			

	поверхні твердого тіла			
4.2	Експертна оцінка новизни запропонованих експериментальних досліджень та доцільності закупівель дороговартісного наукового вимірювального обладнання			

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	Код													
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2	
Програмні результати навчання (назва)														
ПРН 1. Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень, інженерно-технічних робіт на виробничих, науково-технічних, конструкторських, сервісних ділянках тощо.			+	+						+	+		+	
ПРН 2. Знаходити та аналізувати наукову та науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики та наноматеріалів із вітчизняних та зарубіжних джерел, в тому числі з використанням сучасних пошукових систем.	+	+			+									+
ПРН 4. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.					+	+		+	+		+			+
ПРН 5. Ефективно працювати як індивідуально, так і в складі команди, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт у галузі прикладної фізики та наноматеріалів			+	+		+				+			+	+
ПРН 6. Коректно формулювати висновки у вигляді умов, критеріїв, числових оцінок, перевіряти, апробувати та представляти їх у аудиторії різного фахового рівня, використовуючи сучасні методики наукової та технічної комунікації українською та іноземними мовами.	+	+					+	+			+			

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів: рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт, та презентації усних доповідей. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.6 [**знання**] – до 45 %;
- результат навчання 2.1 – 2.3 [**вміння**] – до 45%;
- результат навчання 3.1-3.2 [**комунікація**] – до 5%;
- результат навчання 4.1-4.2 [**автономність та відповідальність**] – до 5%;

Форми оцінювання студентів:

семестрове оцінювання: контроль здійснюється за таким принципом.

1. Контрольна робота з тем 1-5 (письмово): РН 1.1-3, РН 2.1, РН 3.1, РН 4.1 – 20 балів.
2. Контрольна робота з тем 6-10 (письмово): РН 1.4-6, РН 2.2-3, РН 3.2, РН 4.2 – 20 балів.
3. Доповіть студента на семінарі(усно): РН 1.1-6, РН 2.1-3, РН 3.1-2, РН 4.1-2 – 30 балів.

підсумкове оцінювання (у формі заліку): форма заліку – письмово-усна. Всього за залік можна отримати від 0 до 30 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, при цьому, оцінка за залік не може бути меншою **15 балів**.

- **умови допуску до заліку:** умовою допуску до заліку є отримання студентом сумарно не менше, ніж **критично-розрахунковий мінімум** за семестр – **30 балів**.

7.2. Організація оцінювання

Оцінювання за формами контролю:

Семестрова робота	Кількість балів	
	Min. – балів	Max. – балів
Модульна контрольна робота №1	15	20
Доповідь на семінарі	15	30
Модульна контрольна робота №2	15	20

Орієнтований графік оцінювання:

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модульна контрольна робота №1	березень
Доповідь на семінарі	квітень
Модульна контрольна робота №2	квітень
Іспит	травень

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі заліку:

Значення	Семестр	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	45	15	60
Максимум	70	30	100

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Зараховано / Accepted	60-100%
Не зараховано / Not accepted	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	У тому числі - кількість годин		
		Лекції	Семінари	Самостійна робота
1	Вступ та огляд курсу “Сучасні методи діагностики поверхні”.	2	1	6
2	Потоки електронів, іонів та фотонів. Основні параметри та співвідношення.	2	1	6
3	Сканувальна тунельна мікроскопія.	2	1	6
4	Сканувальна тунельна спектроскопія.	2	1	6
5	Атомно-силова мікроскопія. Атомно-силова спектроскопія	2	1	6
6	Дифракція електронів низьких енергій	2	1	6
7	Сканувальна зондова мікроскопія зонду Кельвіна	2	1	6
8	Сканувальна електронна мікроскопія	2	1	6
9	Просвічувальна електронна мікроскопія. Спектроскопія втрат енергій електронів	2	1	6

10	Оже електронна спектроскопія. Фото-електронна спектроскопія	2	1	6
Всього		20	10	60

Загальний обсяг **90** год., в тому числі:
 Лекції **20** год.
 Практичні **10** год.
 Самостійна робота **60** год.

9. Рекомендовані літературні джерела:

Основні джерела:

1. D.P. Woodruff. Modern Techniques of Surface Science. – Cambridge University Press, 2016. – 492 pp.
2. M. Rocca, T.S. Rahman, L. Vattuone. Springer Handbook of Surface Science. – Springer Nature Switzerland AG, 2020. – 1260 pp.
3. J.I. Goldstein et al. Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis. – Springer Science + Business Media LLC, 2018. – 550 pp.

Додаткові джерела:

1. E. Meyer, R. Bennewitz, H.J. Hug. Scanning Probe Microscopy. – The Lab on a Tip. – Springer Nature Switzerland AG, 2021. – 322 pp.
2. U. Celano. Electrical Atomic Force Microscopy for Nanoelectronics. – Springer Nature Switzerland AG, 2019. – 408 pp.
3. P. Hawkes, J.C.H. Spence. Springer Handbook of Microscopy. – Springer Nature Switzerland AG, 2019. – 1543 pp.