

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра загальної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи

« _____ » _____ 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹

Фізика поверхні і тонких плівок

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань **10 Природничі науки**
(шифр і назва)

спеціальність **104 Фізика та астрономія**
(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень **магістр**
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма **Фізика наносистем**
(назва освітньої програми)

спеціалізація **Фізика наносистем**
(за наявності) (назва спеціалізації)

вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання	<u>очна</u>
Навчальний рік	<u>2019/2020</u>
Семестр	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: доцент Козаченко Віктор Васильович

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2020

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробники²: Козаченко Віктор Васильович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри загальної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

(підпис)

(Боровий М.О.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 12 від 21 травня 2020 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол №33 від 11 червня 2020 року

Голова науково-методичної комісії _____
(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2020 року

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (радї навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання глибоких та систематизованих знань з фізики поверхні і тонких плівок, що включає коло питань, що становлять основу сучасних фізичних моделей, які можна застосувати для опису поверхні твердих тіл та тонкоплівкових систем. Дати опис основних фізичних ефектів і явищ, характерних для систем зі зниженою розмірністю.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. знання, отримані в рамках загального курсу фізики, курсів теоретичної механіки, електродинаміки, квантової механіки, фізики твердого тіла і фізики напівпровідників.
2. знання математичних дисциплін – математичного аналізу, лінійної алгебри, теорії функцій комплексної змінної.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Фізика поверхні і тонких плівок» викладено коло питань, що становлять основу сучасних фізичних моделей, які можна застосувати для опису поверхні твердих тіл та тонкоплівкових систем, методів їх створення та дослідження. В ньому даний опис основних фізичних ефектів і явищ, характерних для систем зі зниженою розмірністю. Методи викладання: лекції, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення студентів з основними фізичними ефектами і явищами, характерними для систем зі зниженою розмірністю, а також сучасними методами створення та дослідження тонкоплівкових систем та поверхні твердих тіл.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика наносистем») дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей:**

Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

Загальних:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК05. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК07. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахових:

СК05. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

СК10. Здатність застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження та діагностики наносистем.

СК12. Здатність застосовувати теорії опису фізичних властивостей наносистем різних типів.

СК13. Здатність використовувати знання й уміння в галузі практичного використання комп'ютерних технологій для дослідження наносистем.

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1.1	Отримання знань з основ фізики поверхні твердих тіл	<i>лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота</i>	30
1.2	Отримання знань з основ фізики тонких плівок	<i>лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота</i>	30

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2
Програмні результати навчання		
РН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики для розв'язання складних задач і практичних проблем.	+	+
РН02. Проводити експериментальні та теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.		+
РН03. Застосовувати сучасні теорії наукового менеджменту та ділового адміністрування для організації наукових і прикладних досліджень в області фізики.	+	+
РН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних досліджень і оцінювання їх достовірності.		+
РН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних явищ, об'єктів і процесів.		+
РН06. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та інновацій в області фізики.	+	
РН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.		+
РН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.		+
РН18. Знати методи отримання, особливості структури та властивостей аморфно-нанокристалічних сплавів.	+	+

* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

PH20. Знати механізми формування електротранспортних та магнітних властивостей нанокарбонових систем різної мірності та структурної досконалості.		+
PH22. Вміти будувати енергетичні діаграми вільної поверхні, поверхні розділу фаз, квантово-розмірних систем.	+	+
PH23. Вміти розраховувати перерозподіл заряду, потенціалу і поля на поверхні і границях розділу фаз, оцінювати ступінь локалізації електронів і визначати роботу виходу електронів.	+	
PH24. Вміти експериментально визначати структуру та фазовий склад нанокарбонових систем.		+
PH25. Знати методи отримання та особливості структури наносистем, а також вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між особливостями їхнього складу та властивостей.	+	
PH26. Вміти створювати віртуальні прилади для інтегрування та узгодження роботи реальних приладів з відповідними інтерфейсами під час виконання фізичного експерименту.	+	+
PH27. Вміти визначати метод розрахунку, необхідний для розв'язку конкретної наукової проблеми в області фізики наносистем.	+	

7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Основи фізики поверхні твердих тіл», який включає в себе 8 лекцій та «Основи фізики тонких плівок», який складається з 7 лекцій.

8. Схема формування оцінки:

8.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (15 балів-30 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (15 балів-30 балів).

- підсумкове оцінювання у формі заліку

Підсумкове оцінювання у формі заліку

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>15</u>	<u>15</u>	<u>30</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74

Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		лекції	Самостійна робота
Частина 1. Основи фізики поверхні твердих тіл			
1	Тема 1. Вступ. Структура поверхонь. Поверхнева кристалографія. Поверхні з адсорбатами. Дефекти на поверхнях с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
2	Тема 2. Статистична термодинаміка поверхонь. Нові концепції. Внутрішня енергія та вільна енергія. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
3	Тема 3. Адсорбція. Фідорбція та хемосорбція. Десорбція. Хімічний зв'язок адсорбатів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. (повторення матеріалу).	2	4
4	Тема 4. Коливальні збудження на поверхнях. Поверхневі фонони. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
5	Тема 5. Адсорбційні режими. Непружне розсіювання атома гелію. Непружне розсіювання електрона. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
6	Тема 6. Електронні властивості. Поверхневі плазмони. Електронні стани на поверхнях. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
7	Тема 7. Дифузія на поверхнях. Стохастичний рух. Континуальна теорія дифузії. Бар'єр Ерліха-Швебеля. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
8	Тема 8. Процеси розтоплення в чітко визначених геометріях. Часова залежність коливань сходинок. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до підсумкової модульної контрольної роботи.	2	4
	<i>Контрольна робота 1</i>		2
Частина 2. Основи фізики тонких плівок			
9	Тема 9. Тонкі плівки. Стадії росту тонких плівок. Механізми росту тонких плівок. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
10	Тема 10. Носії заряду в тонких плівках. Принцип розмірного квантування. Квантові ями с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
11	Тема 11. Квантово розмірні ефекти. Коливання у повній енергії тонких плівок. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
12	Тема 12. Зосередження поверхневих станів на дефектах. Коливальна взаємодія між адатомами. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
13	Тема 13. Електронний транспорт. Провідність в тонких плівках - ефект адсорбатів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4

14	Тема 14. Провідність в тонких плівках – розв’язок рівняння Больцмана. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	4
15	Тема 15. Провідність в шарі просторового заряду. Від нанопроводів до квантової провідності. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до підсумкової модульної контрольної роботи.	2	4
	<i>Контрольна робота 2</i>		2
	ВСЬОГО	30	60

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год.³, в тому числі:

Лекцій – 30 год.

Семінари – 0 год.

Практичні заняття - 0 год.

Лабораторні заняття - 0 год.

Тренінги - 0 год.

Консультації - 0 год.

Самостійна робота - 60 год.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁴:

Основна: (Базова)

1. Charles P. Poole, Frank J. Owens. Introduction to Nanotechnology. (John Wiley & Sons 2003).
2. Harald Ibach. Physics of Surfaces and Interfaces. (Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006).
3. А.Я. Шик, Л.Г. Бакуева, С.Ф. Мусихин, С.А. Рыков. Физика низкоразмерных систем. Наука. СПб. 2001.
4. Nanotechnology and Nanoelectronics. Edd. By W. R. Fahrner. (Springer, NY, 2005).
5. А.И. Гусев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. Физматлит. Москва. 2005.
6. Bunshah, Roitan F (editor). «Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings», second edition (1994)

Додаткова:

1. Springer Handbook of Nanotechnology. Edd. by Bharat Bhushan. (Springer-Verlag, Berlin, 2007).

³ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

⁴ В тому числі Інтернет ресурси

2. Nanotechnology for photovoltaics. Edd. By Loucas Tsakalacos. (CRC Press Taylor and Francis Group, LLC 2010).
3. Nanophotonic Materials: Photonic Crystals, Plasmonics, and Metamaterials. Edited by R. B. Wehrspohn, H.-S. Kitzerow, and K. Busch (WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2008).
4. Trends in Nanophysics: Theory, Experiment and Technology. Edd. By Alexandru Aldea, Victor Bârsan. (Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010)