

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра фізики металів



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ<sup>1</sup>**

Фізика контактних і поверхневих явищ

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
освітній ступінь Бакалавр  
освітня програма Фізика  
спеціалізований  
вибірковий блок Фізика металів  
вид дисципліни Вибіркова **ВК13**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	восьмий
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: завідувач кафедри фізики металів Курилюк Василь Васильович

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

Пролонговано: на 2022/2023 н.р.  Момот О.В. 2022 р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

<sup>1</sup> 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.

Розробник: Курилюк Василь Васильович, к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедри фізики металів.

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри фізики металів

  
(підпис)

(Курилюк В.В.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 11 від «10» червня 2021 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис)

(Оліх О.Я.)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – вивчення студентами основних фізичних закономірностей, що мають місце в тонкоплівкових системах, а також методів формування та дослідження шаруватих систем. В спецкурсі розглядаються синтетично створені різними методами двошарові та багатошарові шаруваті системи. Крім цього, метою даного курсу є ознайомлення студентів з методами дослідження будови та властивостей багатошарових композицій.

### 2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні положення про типи атомарно чистої поверхні кристалів та причини реконструкції поверхні; основні відомості про реальну поверхню твердого тіла та зміну її характеристик в залежності від контакту реальної поверхні з газовим, рідким та твердим середовищем; основні закономірності фізичної та хімічної адсорбції, основні відомості про теорію адсорбційних ефектів: рівняння Ленгмюра та інш.; основні методи нанесення тонких плівок та покриттів на реальну поверхню твердого тіла; основні відомості про епітаксійне нарощування плівок та фізичні закономірності виникнення дефектів кристалічної структури в епітаксійних плівках; основні закономірності іонної імплантації та теорія Лід'ярда-Шарфа-Шіотта (так звана ЛШШ-теорія); основні закономірності іонного дефектоутворення в поверхневому шарі твердого тіла в процесі іонної імплантації.
2. Вміти логічно і послідовно формулювати основні принципи, що лежать в основі формування тонкоплівкових шаруватих систем; здійснювати аналіз фізичних причин, які призводять до реконструкції атомарно чистої поверхні твердих тіл; вибрати метод нанесення тонких плівок в залежності від задачі дослідження; проводити аналіз напружено-деформованого стану та дефектної структури шаруватих систем; визначати оптимальні умови проведення іонної імплантації; володіти уявленнями про лабораторну техніку вимірювання механічних властивостей матеріалів.

**3. Анотація навчальної дисципліни / референс:** В рамках курсу «Фізика контактних і поверхневих явищ» розглядаються структури та властивості тонкоплівкових композицій. Тонкоплівкові матеріали мають фізичні властивості, які суттєво відрізняються від аналогічних у масивних зразках. В них значно сильніше проявляються розмірні ефекти, що і визначає доцільність вивчення шаруватих систем. Методи викладання: лекції, лабораторні роботи. Методи оцінювання: опитування під час лекцій; модульні контрольні роботи; захист лабораторних робіт, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

**4. Завдання (навчальні цілі)** – Дисципліна “ Фізика контактних і поверхневих явищ” для студентів фізичного факультету є однією з вибірових дисциплін підготовки бакалаврів за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» в області знань, яка вивчає структуру та властивості тонкоплівкових композицій. Підкреслимо, що тонкоплівкові матеріали мають фізичні властивості, які суттєво відрізняються від аналогічних у масивних зразках. В них значно сильніше проявляються розмірні ефекти, що і визначає доцільність вивчення шаруватих систем.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізика", спеціалізований вибіровий блок «Фізика металів»), дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

*інтегральної:*

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає

застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

*загальних:*

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

*фахових:*

ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

ФК9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

ФК10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

**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	Оволодіння методами отримання та властивостями поверхневих наноструктур.	<i>Лекції, лабораторні роботи</i>	<i>Опитування під час лекцій; модульна контрольна робота; захист лабораторних робіт</i>	30
2.1	Оволодіння сучасними методами формування та ознайомлення з основними структурними характеристиками поруватого кремнію.	<i>Лекції, лабораторні роботи</i>	<i>Опитування під час лекцій; модульна контрольна робота; захист лабораторних робіт</i>	30

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

<b>Результати навчання дисципліни</b>	1.1	2.1
	<b>Програмні результати навчання</b>	
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних 8 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.	+	+
ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та		+

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

астрономії.		
ПРН8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.		+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання: (max/min)

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-7: РН 1.1 – 20 балів / 12 балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темами 8-14: РН 1.2 – 20 балів / 12 балів
3. Захист лабораторних робіт: РН 1.1, 1.2 – 15 балів / 9 балів
4. Опитування під час лекцій: РН 1.1, 1.2 – 5 балів / 3 бали

#### - підсумкове оцінювання у формі заліку.

Залік проводиться в письмовій формі. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом за складання заліку дорівнює 60. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за залік не може бути меншою 36 балів. Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 24 бали. Студент допускається до заліку за умови виконання всіх передбачених планом завдань для самостійної роботи та написання відповідної якості рефератів.

### 7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 - 2 проводяться по завершенні тематичних лекцій з Розділів 1-2 відповідно. Захист лабораторних робіт, опитування в процесі лекцій проводиться упродовж семестру.

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
<i>Частина 1. Поверхня кристалу.</i>				
1	<b>Тема 1*</b> . Особливості кристалічної будови та хімічного зв'язку. Вступ до дисципліни. Мета і завдання курсу.	2		5
2	<b>Тема 2*</b> . Поверхнева структура чистих граней кристалів.	2		5
3	<b>Тема 3*</b> . Реальна поверхня твердого тіла. Обмінні сили.	2		5
4	<b>Тема 4*</b> . Електронні процеси на поверхні. Енергетичний спектр АЧП напівпровідників.	2		5
5	<b>Тема 5*</b> . Основні закономірності адсорбції. Теорія Ленгмюра.	2		5
6	<b>Тема 6.</b> Фізична і хімічна адсорбція. Різниця між фізичною та хімічною адсорбцією. Активована адсорбція. Фізична адсорбція (ФА).	2		5
	<b>Контрольна робота 1</b>			2
<i>Частина 2. Методи одержання та структурні особливості тонких плівок. Іонна імплантація та закономірності радіаційних дефектів.</i>				
7	<b>Тема 7.</b> Нові методи нанесення тонких плівок та їх порівняння. Систематика методів.	1		5
8	<b>Тема 8.</b> Вакуумні методи наплення. Огляд фізичних методів осадження плівок. Термічне випаровування. Електронно-променеве випаровування. Імпульсне лазерне осадження.	2	2	5
9	<b>Тема 9.</b> Катодне розпилення, магнетронне наплення, іонно-плазмове наплення.	2		5
10	<b>Тема 10.</b> Епітаксійне нарощування плівок. Хімічне парове наплення, газотранспортні реакції, молекулярно-променева епітаксія.	2	2	4
11	<b>Тема 11.</b> Дефектоутворення в процесі епітаксійного нарощування плівок. Виникнення напруг. Утворення дислокацій. Власні точкові структурні дефекти.	2	3	5
12	<b>Тема 12.</b> Іонна імплантація. Теорія іонної імплантації (ЛШШ-теорія). Метод та устаткування для іонної імплантації. Властивості приповерхневих шарів. Пробіги іонів. Теорія іонного гальмування. Каналювання іонів.	2		4
13	<b>Тема 13.</b> Основні закони іонної імплантації. Теорія іонного гальмування.	1		4
14	<b>Тема 14.</b> Дефектоутворення в процесі іонної імплантації. Утворення радіаційних дефектів. Відпал радіаційних дефектів.	2		4
15	<b>Тема 15.</b> Напівпровідникові низькорозмірні гетероструктури. Ефект розмірного квантування. Напівпровідникові гетеропереходи. Квантові ями, нитки, точки. Методи одержання низькорозмірних напівпровідникових гетероструктур	2	3	5
16	<b>Тема 16.</b> Властивості і застосування напівпровідникових гетероструктур. Оптичні властивості гетероструктур. Екситони в квантових ямах. Гетеролазери. Тунельовання та тунельний діод. Фотоелектричні перетворювачі та оптичні модулятори на базі гетероструктур.	2		5
	<b>Контрольна робота 2</b>			2
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>80</b>

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 120 год.<sup>2</sup>, в тому числі:

<sup>2</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

Лекцій – **30** год.  
Семінари – **0** год.  
Практичні заняття – **0** год.  
Лабораторні заняття – **10** год.  
Тренінги – **0** год.  
Консультації – **0** год.  
Самостійна робота – **80** год.

#### ***ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ***

1. Дослідження епітаксійних монокристалічних областей в гомоепітаксійних структурах на основі кремнію.
2. Принципи дії скануючої зондової мікроскопії та робота на віртуальному скануючому тунельному мікроскопі.
3. Використання методів світлової мікроскопії при вивченні шаруватих напівпровідникових структур.
4. Розрахунок пружної деформації в напівпровідникових гетеро структурах.
5. Ознайомлення з методами вакуумного осадження тонких плівок.

## 9.РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА<sup>3</sup>:

### *Основна: (Базова)*

1. Нестеренко Б.А., Снитко О.В. Физические свойства атомарно-чистой поверхности полупроводников. - Киев: Наукова думка, 1983, - 264 с.
2. Литовченко В.Г. Основы физики полупроводниковых слоистых систем. - Киев: Наукова думка, 1980, - 284 с.
3. Проценко І.Ю., Саєнко В.А. Тонкі металеві плівки (технологія та властивості). Суми: видавництво Сум. ДУ, 2002. - 186с.
4. Иевлев В.М., Бугаков А.В., Трофимов В.И. Рост и субструктура конденсированных пленок. Воронеж: ВГТУ, 2000.- 386с.

### *Додаткова:*

1. Киселев В.Ф., Крылов О.В. Адсорбционные явления на поверхности полупроводников и диэлектриков. М.: Наука, 1979. - 256с.
2. Примаченко В.Е., Снитко О.В. Физика легированной металлами поверхности полупроводников. Киев: Наукова думка, 1988, - 232 с.
3. Технология СБИС. (Под ред. С. Зи) - М.: Мир, 1986. - 186с.

---

<sup>3</sup> В тому числі Інтернет ресурси