



Розробники<sup>2</sup>: 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 № 10 від 7 травня 2019 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

протокол №21 від 10 травня 2019 року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_  
(підпис)

(Оліх О.Я.)  
(прізвище та ініціали)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 року

---

<sup>2</sup> 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 (магістрський) 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 комплексні проблеми в галузі фізики наносистем, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань.

Загальних:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. **(ЗК1)**
- Здатність до пошуку, оброблення на аналізі інформації з різних джерел. **(ЗК4)**
- Здатність використовувати професійно-профільовані знання в галузі фізики. **(ЗК6)**
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання у фізиці **(ЗК8)**

Фахових:

- Володіння методами створення наносистем. **(ФК3).**
- Здатність застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження наносистем та діагностики наносистем **(ФК4).**
- Здатність застосовувати знання з нанофотоніки, оптичних та фотоелектричних явищ в наноструктурах. **(ФК8).**
- Здатність застосовувати знання з фізики наноструктурних металевих систем та тонких плівок **(ФК9).**
- Здатність застосовувати знання з фізики нанорозмірних нанокомпозитних матеріалів та методів їх отримання **(ФК11).**
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання фізичних властивостей наносистем **(ФК14).**

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

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

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

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2
<b>Програмні результати навчання</b>		
ПРН 1.5. Знати методи визначення координат атомів в елементарній комірниці, функцій радіального розподілу електронів та атомів, їх використання для дослідження наносистем;	+	+
ПРН 2.5. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними та нанорозмірними системами.		+

**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).

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

### Шкала відповідності

<b>Відмінно</b> / Excellent	90-100
<b>Добре</b> / Good	75-89
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60-74
<b>Незадовільно</b> з можливістю повторного складання / Fail	35-59
<b>Незадовільно</b> з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
<b>Зараховано</b> / Passed	60-100
<b>Не зараховано</b> / Fail	0-59

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

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

12	<b>Тема 12.</b> Зосередження поверхневих станів на дефектах. Коливальна взаємодія між адатомами. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2	4
13	<b>Тема 13.</b> Електронний транспорт. Провідність в тонких плівках - ефект адсорбатів. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2	4
14	<b>Тема 14.</b> Провідність в тонких плівках – розв’язок рівняння Больцмана. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2	4
15	<b>Тема 15.</b> Провідність в шарі просторового заряду. Від нанопроводів до квантової провідності. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до підсумкової модульної контрольної роботи.	2	4
	<i>Контрольна робота 2</i>		2
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>30</b>	<b>60</b>

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

**Загальний обсяг** 90 год.<sup>3</sup>, 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 ЛІТЕРАТУРА<sup>4</sup>:

**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).
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)

<sup>3</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

<sup>4</sup> В тому числі Інтернет ресурси