

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра загальної фізики

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник декана  
з навчальної роботи

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 року

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

Фізичні властивості тонких плівок

*(повна назва навчальної дисципліни)*

**для студентів**

галузь знань	<u>10 Природничі науки</u> <i>(шифр і назва)</i>
спеціальність	<u>104 Фізика та астрономія</u> <i>(шифр і назва спеціальності)</i>
освітній рівень	<u>магістр</u> <i>(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)</i>
освітня програма	<u>Фізика наноструктур в металах та кераміках</u> <i>(назва освітньої програми)</i>
спеціалізація <i>(за наявності)</i>	<u>Фізика наноструктур в металах та кераміках</u> <i>(назва спеціалізації)</i>
вид дисципліни	<u>обов'язкова</u>

Форма навчання	<u>очна</u>
Навчальний рік	<u>2019/2020</u>
Семестр	<u>3</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 – 2019**

<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.

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 «Фізичні властивості 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 наноструктур в металах та кераміках\_» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та комплексні проблеми у процесі навчання із застосуванням сучасних теорій та процесів дослідження наноструктур із використанням комплексу методів.

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 наноструктур. **(ФК2).**
- Здатність застосовувати знання теорій опису фізичних властивостей наноструктур **(ФК4).**
- Здатність застосовувати знання основ напівпровідникової наноелектроніки **(ФК5).**
- Здатність застосовувати знання оптичних та фотоелектричних явищ в наноструктурах. **(ФК6).**
- Здатність застосовувати знання з фізики наноструктурних металевих систем та тонких плівок **(ФК7).**
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання фізичних властивостей наноструктур **(ФК12).**

**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 1.7. Знати електронні процеси в наноструктурах;	+	+
ПРН 2.3. Вміти встановлювати зв'язки між характеристиками конденсованих середовищ, їх будовою та фізичними процесами в них;		+

**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
----------------------	--------

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

<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail</b>	35-59
<b>Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail</b>	0-34
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	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. Особливості тонкоплівкового стану речовини <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> <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	2	4

	рівняння Больцмана. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.		
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 Tsakalagos. (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