

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
Інститут високих технологій**

Кафедра нанofізики конденсованих середовищ



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник директора  
з навчальної роботи

Грабчук Г.П.

«24» травня 2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
Фізика конденсованого стану**

для студентів

галузь знань **10 Природничі науки**  
спеціальність **102 Хімія**  
освітня програма **Хімія (високі технології)**  
вид дисципліни **Вибіркова**

Форма навчання	<b>денна</b>
Навчальний рік	<b>2022/2023</b>
Семестр	<b>7</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>6</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>
Форма заключного контролю	<b>екзамен</b>

Викладачі: Лозовський Валерій Зіновійович, д.ф.-м.н, професор, каф.теор основ високих технологій, Шкавро Анатолій Григорович, к.ф.-м.н., доцент каф. нанofізики конденсованих середовищ

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

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


**КИЇВ – 2022**

Розробник(и):

Лозовський Валерій Зіновійович, д.ф.-м.н, професор, каф.теор основ високих технологій,  
Шкавро Анатолій Григорович, к.ф.-м.н., доцент каф. нанофізики конденсованих середовищ,

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Зав. кафедри нанофізики конденсованих  
середовищ

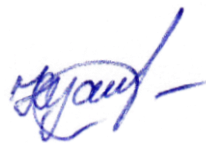
 Валерій Скришевський

Протокол № 5 від «19» квітня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією інституту високих технологій

Протокол від «13» травня 2022 року № 4

Голова науково-методичної комісії



Наталія Русінчук

## **ВСТУП**

**1. Мета дисципліни** – Метою дисципліни «Фізика конденсованого стану» є ознайомлення студентів з основними ідеями та методами фізики твердого тіла що є базою новітніх технологій і лежить в основі сучасного матеріалознавства. Методи фізики твердого тіла лежать в основі багатьох сучасних методів та підходів у нанофізиці, електроніці, сучасних нанотехнологіях та суміжних наук. Тому знання основ фізики твердого тіла є бажаним для майбутніх спеціалістів, що працюють в області нанотехнологій та в пограничних областях сучасних природничих наук.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):**

1. Знати основи квантової та статистичної фізики.
2. Вміти застосовувати знання з загальної фізики, статистичної та квантової фізики до аналізу властивостей фізичних систем і структур
3. Володіти елементарними навичками з математичного аналізу, лінійної алгебри, диференціальних рівнянь та функцій комплексної змінної

### **3. Анотація навчальної дисципліни:**

Фізика твердого тіла є розділом сучасної фізики, що дає уявлення про будову речовини, і є основою знань про характер багатьох процесів та явищ в природничих науках, зокрема – в фізиці, хімії та біології. В курсі розглядаються електронні, фононні та оптичні властивості твердого тіла. Велика увага приділяється електронним властивостям напівпровідників, що є основою сучасної електроніки. Характерною рисою курсу є розгляд особливостей взаємодії біологічних об'єктів з наночастинками та наноструктурованими поверхнями твердих тіл, а також застосування методів фізики твердого тіла у сучасній хімії.

### **4. Завдання (навчальні цілі):**

Навчальні цілі дисципліни спрямовані на досягнення таких загальних та фахових компетентностей:

ЗК01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК02. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК07. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК10. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел

ЗК11. Здатність бути критичним і самокритичним.

ФК01. Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.

ФК17. Здатність розуміти взаємозв'язок «Хімічні властивості речовини» - «Фізичні властивості речовини».

ФК18. Здатність прогнозувати можливості застосування речовин/методів/підходів/рішень у сучасних нанотехнологіях.

ФК19. Здатність провести ідентифікацію будови нових синтезованих нанорозмірних матеріалів.

**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)		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			
1.1	Знати основні поняття кристалографії, такі як ґратка Браве, індекси Міллера, основні поняття та принципи квантової теорії багаточастинкових систем, поняття про зонну структуру твердих тіл, поняття ефективної маси, уявлення про моделі, що описують основні властивості металів, напівпровідників та надпровідників. Розуміти важливість процесів, що відбуваються на поверхні матеріалів.	лекції	Письмова контрольна робота	40%
1.2	Мати уявлення: про цілі і задачі фізики конденсованих середовищ, її роль й місце в природознавчих науках; про сучасні напрямки розвитку фізики конденсованих середовищ	лекція	відповіді на іспиті	20%
2.1	Вміти будувати моделі взаємодії між твердотільними об'єктами та аналізувати особливості таких взаємодій	лабораторна робота	Контрольна та самостійна робота	20%
4.1	Прийняти і обґрунтувати рішення з планування та проведення експериментів використовуючи ідеї та методи фізики конденсованих середовищ.	лабораторна робота	Виконання індивідуальних завдань	20%

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання** (необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни			
	1.1	1.2	2.1	4.1
ПРН.29. Розуміти взаємозв'язок хімічних та фізичних властивостей речовин.	+	+		
ПРН.30. Прогнозувати застосування речовин/методів/ підходів/рішень у сучасних нанотехнологіях.	+	+		+
ПРН.31. Здійснювати ідентифікацію будови нових синтезованих нанорозмірних матеріалів			+	+

## 7. Схема формування оцінки.

**7.1 Форми оцінювання студентів:** (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням результатів навчання які на них мають бути оцінені, а також кількість балів/відсоток у підсумковій оцінці із дисципліни, пороговий рівень позитивної оцінки)

- семестрове оцінювання:

1. Контрольна робота: 2 контрольні роботи кожна по 10 балів

2. Два індивідуальні завдання кожне по 15 балів

- підсумкове оцінювання у формі екзамену вказується:

максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом - 40 балів

“Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за екзамен не може бути меншою 24 балів”

“Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів .

**7.2 Організація оцінювання:** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і практичних занять

№ п/п	Назва теми*	Кількість годин	семінари/ практичні/ лабораторні вибрати необхідне	Самостійна робота
1	<b>Вступ.</b> <b>Тема 1</b> Елементи кристалографії та кристало-хімії. Гратка Браве. Основи вектори, елементарна комірка, трансляційна симетрія. Обернена гратка. Індеси Міллера. Комірка Вігнера-Зейтца. Зони Брилюена.	3	0	5
2	<b>Тема 2</b> Енергетичний спектр електронів у твердому тілі Адіабатичне наближення. Одноелектронне наближення. Енергетичні зони. Ізоенергетичні поверхні. Ефективна маса. Електрони і дірки в напівпровідниках.	5	6	15

	Дефекти в кристалах. Типи дефектів. Домішки заміщення та проникнення. Атоми у міжвузловинах та вакансії. Дислокації. Локальні енергетичні рівні домішків та дефектів. Донори та акцептори.			
3	<b>Тема 3</b> Статистика електронів в твердих тілах. Енергія та рівень Фермі. Щільість станів. Рівноважна концентрація носіїв у напівпро-віднику. Основні та неосновні носії заряду.	4	5	10
4	<b>Тема 4</b> Коливання атомів кристалічної ґратки. Коливання в одновимірному ланцюжку атомів. Акустичні та оптичні коливання. Фонони. Температура Ейнштейна та Дебая. Теплоємність. Теплопровідність. Розсіяння фононів. Електрон-фононна взаємодія	3	2	10
6	<i>Контрольна робота 1</i>		1	
7	<b>Тема 5</b> Явища перенесення в напівпровідниках і металах Кінетичне рівняння Больцмана. Наближення часу релаксації. Електропровідність. Механізми розсіяння електронів та дірок. Внесок різних механізмів розсіяння в провідність носіїв. Ефект Холла та магнітоопір.	8	6	20
8	<b>Тема 6</b> Процеси генерації і рекомбінація носіїв заряду у напівпровідниках. Рівноважна та не-рівноважна концентрація носіїв заряду. Час релаксації концентрації носіїв до рівноважної. Дифузія і дрейф носіїв заряду в напівпровідниках	6	5	15
9	<b>Тема 7</b> Явища на поверхні твердих тіл. Поверхневі стани. Гетерогенний каталіз з точки зору фізики поверхні. Наноматеріали.	4	0	10
10	<b>Тема 9</b> Надпровідність Надпровідність від Камелінг-Оннеса до ВТНП. Ідея Лондонів. Ефект Мейснера. Квантування магнітного потоку. Рівняння Гінзбурга-Ландау. Модель Бардіна-Купера-Шріфера. Надпровідність в наноматеріалах, зокрема, у графенах.	6	2	10
11	<b>Тема 10</b> Методи фізики конденсованого стану в біології і хімії. Наночастинки. Фізичні властивості та технології виготовлення. Взаємодія біооб'єктів з наночастинками металів та напівпровідників. Нанокаталіз. Актуальні тенденції розвитку напівпровідникової галузі.	6	2	10
	<i>Контрольна робота 2</i>		1	

	<b>ВСЬОГО</b>	<b>45</b>	<b>30</b>	<b>105</b>
--	---------------	-----------	-----------	------------

**Загальний обсяг** *180* год., в тому числі:

Лекцій – *45* год.

Лабораторні *30* год

Самостійна робота - *105* год.

## **9. Рекомендовані джерела:**

*Основна: (Базова)*

1. О.В. Третяк, В.З.Лозовський, Основи фізики напівпровідників, Т1, ВПЦ Київський університет, Київ, 2007
2. О.В. Третяк, В.З.Лозовський, Основи фізики напівпровідників, Т2, ВПЦ Київський університет, Київ, 2009
3. В.М.Локтєв, Лекції з фізики надпровідників, ІТФ ім.М.Боголюбова, Київ, 2011
4. Peter Y. Yu , Manuel Cardona, Fundamentals of Semiconductors, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, 778 pp.
5. Marius Grundmann, The Physics of Semiconductors. An Introduction Including Nanophysics and Applications, Springer International Publishing Switzerland 2016, 655 pp.
6. Kevin F. Brennan, The Physics of Semiconductors With Applications to Optoelectronic, Devices, Cambridge University Press, 2012, 569 pp

*Додаткова:*

1. С.П.Репецький, Теорія твердого тіла. Невпорядковані середовища, Наукова думка: Київ, 2008
2. M. Grundmann, The Physics of Semiconductors, Springer, 2016
3. Peter Y. Yu, Manuel Cardona, Fundamentals of Semiconductors Physics and Materials Properties, Fourth Edition, Springer, 2014

## **10. Додаткові ресурси (за наявності):**