

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Інститут високих технологій

Кафедра теоретичних основ високих технологій



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Основи фізики твердого тіла**

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 природничі науки \_\_\_\_\_  
(цифр і назва)

спеціальність **105 прикладна фізика та наноматеріали**  
(цифр і назва спеціальності)

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

освітня програма **НАНОФІЗИКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ**  
(назва освітньої програми)

спеціалізація **Нанофізика та нанотехнології** \_\_\_\_\_  
(за наявності) (назва спеціалізації)

вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання \_\_\_\_\_ денна \_\_\_\_\_

Навчальний рік 2022/2023

Семестр **6**

Кількість кредитів ECTS **4**

Мова викладання, навчання та оцінювання українська

Форма заключного контролю **екзамен**

Викладачі: Лозовський Валерій Зіновійович, д.ф.-м.н, професор, каф.теор основ високих технологій, Васильєв Тарас Анатолійович, к.ф.-м.н, ас. каф.теор основ високих технологій

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

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

**КИЇВ – 2021**

Розробник(и)<sup>1</sup>: Лозовський Валерій Зіновійович, д.ф.-м.н, професор, зав. каф.теор основ високих технологій, Вишивана Ірина Григорівна, канд. фіз.-мат. н., ас. каф.теор основ високих технологій (вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри теоретичних основ високих технологій

 Лозовський В.З.

Протокол № 11 від «3» березня 2021 р.

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол від «05» березня 2021 року №3

Голова науково-методичної комісії  Русінчук Н.М.

---

<sup>1</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** – Метою дисципліни «*Основи фізики твердого тіла*» 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 нанofізичній, електроніці, сучасних нанотехнологіях та суміжних наук. Тому знання основ фізики твердого тіла є бажаним для майбутніх спеціалістів, що працюють в області нанотехнологій технологій 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:*

*ЗК1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.*

*ЗК2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.*

*ЗК3 Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.*

*ЗК5 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.*

*ЗК6 Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.*

*ЗК7 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.*

*ЗК8 Навички міжособистісної взаємодії.*

*ЗК9 Здатність працювати автономно.*

*ЗК13 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями, уміннями, у тому числі в сфері, відмінній від професійної.*

ФК1 Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів.

ФК2 Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.

ФК3 Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.

ФК4 Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок.

ФК5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК6 Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.

ФК9 Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів і речовин, зокрема, наноматеріалів чи удосконалення існуючих.

ФК12 Вибірковий блок 1 Здатність розробляти, діагностувати та використовувати пристрої електроніки в сучасній науці.

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

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація <sup>2*</sup> ; 4. автономність та відповідальність <sup>3*</sup> )		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	практична робота	Контрольна та самостійна робота	20%
4.1	Прийняти і обґрунтувати рішення з планування та проведення експериментів використовуючи ідеї та методи фізики конденсованих середовищ.	Практична робота	Виконання індивідуальних завдань	20%

<sup>2\*</sup> заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

<sup>3\*</sup>

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

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Результати навчання дисципліни</b>			
	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>2.1</b>	<b>4.1</b>
1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.	+	+		
3. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.	+	+	+	
4. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.	+	+		+
5. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.			+	+
7. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики	+	+	+	
16. Оцінювати важливість матеріалів для досягнення цілей наукового дослідження в галузі прикладної фізики зі спеціалізацією в сфері нанофізики.	+		+	+
19. На основі отриманих знань проектувати електронні прилади та програмне забезпечення для потреб нанотехнологій.			+	+

## 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”<sup>4</sup>**

Слід також чітко прописати умови, які висуваються викладачами даної дисципліни як необхідна умова допуску до екзамену: **“Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 30 балів<sup>5</sup>. Якщо серед результатів навчання дисципліни є такі які не можуть бути перевірені на екзамені формулюються додаткові вимоги, наприклад: “Студент допускається до екзамену за умови виконання всіх (або %) передбачених планом лабораторних робіт”**

**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

<sup>4</sup> У випадку коли студент на екзамені набрав менше вказаної кількості балів вони не додаються до семестрової оцінки (незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру), в екзаменаційній відомості у колонці “бали за екзамен” ставиться “0”, а в колонку «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

<sup>5</sup> Мінімальна кількість балів не може бути меншою ніж різниця рівня порогової оцінки (60 балів) і кількості балів в винесених на екзамен (зазвичай 40) — якщо у студента менше 20 балів, він фізично не в змозі отримати позитивну оцінку. Викладач, якщо це аргументовано результатами навчання які не виносяться на екзамен, може визначити і вищий рівень мінімальної оцінки (як правило до 36 балів).

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

№ п/п	Назва теми*	Кількість годин		
		лекції	семінари/ практичні/ лабораторні <i>вибрати необхідне</i>	Самостій на робота
1	<b>Вступ.</b> <b>Тема 1</b> Елементи кристалографії та кристало-хімії. Гратка Браве. Основи вектори, елементарна комірка, трансляційна симетрія. Обернена гратка. Індeksi Міллера. Комірка Вігнера-Зейтца. Зони Брилюена.	2	0	4
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. Дефекти в кристалах. Типи дефектів. Домішки заміщення та проникнення. Атоми у міжвузловинах та вакансії. Дислокації. Локальні енергетичні рівні домішків та дефектів. Донори та акцептори.	4	6	10
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 гратки. Коливання в одновимірному ланцюжку атомів. Акустичні та оптичні коливання. Фонони. Температура Ейнштейна та Дебая. Теплоємність. Теплопровідність. Розсіяння фононів. Електрон-фононна взаємодія	2	0	6
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.	6	6	7
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	4	5	7

9	<b>Тема 7</b> Явища на поверхні твердих тіл. Поверх-неві стани. Гетерогенний каталіз з точки зору фізики поверхні.	2	0	6
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	4	2	8
11	<b>Тема 10</b> Методи фізики конденсованого стану в біології і хімії Взаємодія біооб'єктів з наночастинками металів ті напівпровідників. Нанокаталіз.	2	2	2
	<i>Контрольна робота 2</i>		1	
	<b>ВСЬОГО<sup>6</sup></b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>60</b>

\*Примітка: слід зазначити також теми, винесені на самостійне вивчення

**Загальний обсяг** 120 год.<sup>7</sup>, в тому числі:

Лекцій – 30 год.

Практичні заняття - 20 год.

Тренінги -      год.

Лабораторні 10 год

Консультації -      год.

Самостійна робота - 60 год.

### 9. Рекомендовані джерела<sup>8</sup>:

*Основна: (Базова)*

1. О.В. Третьяк, В.З.Лозовський, Основи фізики напівпровідників, Т1, ВПЦ Київський університет, Київ, 2007
2. О.В. Третьяк, В.З.Лозовський, Основи фізики напівпровідників, Т2, ВПЦ Київський університет, Київ, 2009
3. Шмідт, Фізика надпровідників, М., Наука, 1978
4. В.М.Локтев, Лекції з фізики надпровідників, ІТФ ім.М.Боголюбова, Київ, 2011

### *Додаткова:*

1. С.П.Репецький, Теорія твердого тіла. Невпорядковані середовища, Наукова думка: Київ, 2008

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

*Посилання на електронні ресурси (не тільки відкриті) на яких розміщено додаткову інформацію щодо дисципліни — приклади контрольних і екзаменаційних завдань, тематика рефератів, методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт, тощо)*

<sup>6</sup> У робочій програмі навчальної дисципліни для лекційних, семінарських, практичних і лабораторних занять зазначається *реальна* кількість годин (*кратне 2 год. – час тривалості пари*).

<sup>7</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

<sup>8</sup> В тому числі Інтернет ресурси