

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ІЗМАЇЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ, АДМІНІСТРУВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**  
**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ ТА ПРИРОДНИЧИХ НАУК**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Фізика твердого тіла**

*(назва навчальної дисципліни)*

освітній ступінь бакалавр  
*(назва освітнього ступеня)*

галузь знань 01 Освіта / Педагогіка  
*(шифр і назва галузі знань)*

спеціальність 014 Середня освіта  
*(код і назва спеціальності)*


предметна спеціальність 014.15 Природничі науки

освітня програма «Середня освіта: природничі науки»  
*(код і назва спеціальності)*

тип дисципліни обов'язкова  
*(обов'язкова / вибіркова / факультативна)*

**ПОГОДЖЕНО:**

Гарант освітньо-професійної програми

  
О.В. Федорова  
(підпис, ініціали, прізвище)

**РЕКОМЕНДОВАНО:**


кафедрою технологічної освіти та природничих наук

протокол № 1 від 29 серпня 2023 р.

Завідувач кафедри   
О.В. Федорова  
(підпис, ініціали, прізвище)

**ПОГОДЖЕНО:**

Голова ради з якості вищої освіти факультету управління, адміністрування та інформаційної діяльності

  
Л.В. Драгієва  
(підпис, ініціали, прізвище)

**Розробники програми:**

Федорова О.В., кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри кафедру технологічної освіти та природничих наук ІДГУ

**Рецензенти програми:**

Букатова О.М., кандидат педагогічних наук, доцент кафедри кафедру технологічної освіти та природничих наук ІДГУ

Баштовенко Оксана Анатоліївна, кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізичного виховання, спорту та здоров'я людини

## 1. ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна	Заочна
Кількість кредитів: 3	Лекції:	
	20	4
Модуль: 1	Практичні заняття:	
Загальна кількість годин: 90	14	4
Рік вивчення дисципліни за навчальним планом: 3	Лабораторні заняття:	
	-	-
Семестр: 5	Семінарські заняття:	
	-	-
Тижневе навантаження (год.):	Консультації:	
- аудиторне: 2,53	2	-
- самостійна робота: 3,6	Індивідуальні заняття:	
Форма підсумкового контролю: екзамен	-	-
Мова навчання: українська	Самостійна робота:	
	54	82

## 2. МЕТА ДИСЦИПЛІНИ

**Предмет** вивчення навчальної дисципліни – тверді тіла (напівпровідники, метали, діелектрики, та ін.), їхні структури, властивості та галузі застосування.

**Метою** вивчення дисципліни є: досконало ознайомити з експериментальними даними та вивчення фізичних законів формування атомної та електронної структури твердого тіла, та його фізичних властивостей (теплових, електричних, магнітних, механічних, оптичних, тощо).

**Передумови** для вивчення дисципліни: вивчення дисципліни ґрунтується на знаннях, набутих студентами в результаті вивчення ряду базових дисциплін з курсів «Загальна фізика», «Хімія», «Вища математика», «Матеріалознавство».

**Міждисциплінарні зв'язки:** «Теоретична фізика», «Основи електротехніки», «Основи електроніки», «Фізична хімія».

## 3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів вищої освіти компетентностей та програмних результатів навчання відповідно до освітньо-професійної програми «Середня освіта: природничі науки».

### Інформація про компетентності та відповідні їм програмні результати навчання за дисципліною

Шифр компетентності	Компетентності	Шифр програмних результатів	Програмні результати навчання
---------------------	----------------	-----------------------------	-------------------------------

Загальні компетентності (ЗК)			
ЗК 11.	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.	ПРН 24.	Бути здатним вчитися упродовж життя і вдосконалювати з високим рівнем автономності здобуті під час навчання компетентності; усвідомлювати соціальну значущість майбутньої професії, сформованість мотивації до здійснення професійної діяльності.
		ПРН 1.	Знати біологічну та хімічну термінологію та сучасну номенклатуру; демонструвати знання та розуміння основ загальної та теоретичної фізики.
Фахові компетентності (ФК)			
ФК 2.	Володіти математичним апаратом фізики.	ПРН 14.	Користуватися математичним апаратом фізики, математичними та числовими методами, які часто використовуються у фізиці.
		ПРН 4	Знати й розуміти математичні методи фізики та розділів математики, що є основою вивчення курсів загальної та теоретичної фізики.
ФК 3.	Здатність характеризувати досягнення фізичної науки та її роль у житті суспільства.	ПРН 11.	Аналізувати фізичні явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань, а також на основі відповідних математичних методів.
ФК 17.	Забезпечення охорони життя і здоров'я учнів у навчально – виховному процесі та позаурочній діяльності.	ПРН 9.	Знати основи безпеки життєдіяльності, безпечного використання обладнання кабінету фізики.

#### Матриця відповідності компетентностей результатам навчання за дисципліною

Шифр компетентності	Результати навчання			
	Знання	Уміння	Комунікація	Автономність та відповідальність
ЗК 11.	ПРН 1			ПРН 24
ФК 2.	ПРН 4	ПРН 14		
ФК 3.		ПРН 11		
ФК 17.	ПРН 9			

#### 4. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п	Назви модулів / тем	Кількість годин (денна форма навчання)	Кількість годин (заочна форма навчання)

		Аудиторні	Лекції	Практичні	Лабораторні	Консультації	Індивідуальні заняття	Самостійна робота	Аудиторні	Лекції	Семінарські (практичні)	Лабораторні	Консультації	Індивідуальні заняття	Самостійна робота
1.	Атомна та електронна структура твердих тіл.	10	6	4	-	-	-	13	2	2	-	-	-	-	20
2.	Теплові та електричні властивості твердих тіл.	10	6	4	-	-	-	13	2	-	2	-	-	-	20
3.	Дефекти в кристалах.	8	4	4	-	-	-	13	2	2	-	-	-	-	22
4.	Зонна теорія кристалічного тіла.	8	4	2	-	2	-	15	2	-	2	-	-	-	20
<b>Проміжний контроль</b>		+													
<b>Підсумковий контроль (для екзаменів)</b>		+													
<b>Разом:</b>		<b>36</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>82</b>

## 5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 5.1. Зміст навчальної дисципліни за темами

*Тема 1. Атомна та електронна структура твердих тіл.*

Структура твердих тіл. Аморфна та кристалічна структура. Рідкі кристали. Енергетичні критерії та ознаки різних конденсованих структур. Експериментальні методи дослідження структури твердих тіл. Рентгенографія. Закон Вульфа – Брега для кристалічної структури. Електронна мікроскопія. Нейтронографія. Оптичні методи. Типи енергії зв'язку твердих кристалічних структур: молекулярна, іонна, металева, ковалентна. Загальні характеристики. Характерні фізичні властивості, які притаманні для кожного типу зв'язку.

*Тема 2. Теплові та електричні властивості твердих тіл.*

Теплоємність твердого тіла. Теплоємність діелектриків при підвищених температурах. Експериментальні дані. Статистика Максвелла – Больцмана. Закон Дюлонга – Пті. Теплоємність металів. Роль електронів. Статистика Фермі – Дірака. Енергія Фермі. Критична температура, при якій зрівнюються електронна та атомна складові теплоємності в металах. Теплове розширення твердого кристалічного тіла. Анггармонізм коливання атомів. Зв'язок коефіцієнту теплового розширення з іншими константами твердого тіла.

*Тема 3. Дефекти в кристалах.*

Точкові дефекти в кристалах. Вакансії Шотки та пари Френкеля. Рівноважна концентрація точкових дефектів. Методи експериментального визначення енергії формування точкового дефекту та їх концентрації. Механічні властивості кристалічних тіл при високих температурах. Дифузійна повзучість кристалів. Формула Набарро – Херінга для монокристалів. Лінійні дефекти в кристалічних тілах.

*Тема 4. Зонна теорія кристалічного тіла.*

Приближення сильного зв'язку між електронами та атомами в конденсованому середовищі. Переміщення електрона в потенційному полі атомів. Напівпровідники. Фотопровідність напівпровідників. Магнітні властивості твердого тіла. Парамагнетизм електронів в металах за теорією Паулі. Фізика ферромагнетизму.

### 5.2. Тематика практичних занять.

1. Структура твердих тіл.
2. Експериментальні методи дослідження структури твердих тіл.
3. Типи енергії зв'язку твердих кристалічних структур.
4. Теплоємність твердого тіла.
5. Теплоємність металів.
6. Теплове розширення твердого кристалічного тіла.
7. Точкові дефекти в кристалах.
8. Механічні властивості кристалічних тіл при високих температурах.
9. Лінійні дефекти в кристалічних тілах.
10. Напівпровідники.
11. Фізика ферромагнетизму.

### 5.3. Організація самостійної роботи студентів.

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин		Форми звітності
		д.ф.н	з.ф.н	
1.	Опрацювання лекційного матеріалу	4	10	конспекти лекційних тем
2.	Підготовка до семінарських занять	4	10	відповіді на семінарських заняттях
3.	Підготовка до модульного (проміжного) контролю	4	4	модульна контрольна робота
4.	Підготовка до підсумкового (екзаменаційного) контролю	30	30	екзамен
5.	Опрацювання тем, винесених на самостійну	4	12	відповіді на практичних
6.	Робота з інтернет-ресурсами	2	6	індивідуальні завдання, підготовка до мкр, практичних занять
7.	Виконання розрахункових, графічних, розрахунково-графічних робіт.	6	10	індивідуальне навчально-дослідне завдання
	<b>Разом</b>	<b>54</b>	<b>82</b>	

### Тематика індивідуальних (групових) завдань

Для студентів освітнього ступеня «бакалавр» з дисципліни «Фізика твердого тіла» передбачено індивідуальні завдання навчально-дослідного характеру, а саме виконання розрахунково-графічних робіт.

Розрахунково-графічні роботи – це індивідуальні завдання, які передбачають вирішення конкретної практичної навчальної задачі з використанням відомого, а також самостійно вивченого теоретичного матеріалу.

Основну частину розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Загальна фізика» складають розрахунки кінематичних, динамічних та статистичних характеристик матеріальної точки та твердого тіла, параметрів молекулярної

фізики електричних та магнетичних полів, кола поетичного та змінного струму: фотоелектричних величин, складових атома та атомного ядра, а також побудова графіків руху, газових процесів, електричних та магнетичних схем, зображень в дзеркалах та лінзах, схем енергетичних рівнянь, складання рівнянь ядерних реакцій.

### **Теми розрахунково-графічних робіт**

1. Розв'язування задач з теми «Структура твердих тіл».
2. Розв'язування задач з теми «Експериментальні методи дослідження структури твердих тіл».
3. Розв'язування задач з теми «Типи енергії зв'язку твердих кристалічних структур».
4. Розв'язування задач з теми «Теплоємність твердого тіла».
5. Розв'язування задач з теми «Теплоємність металів».
6. Розв'язування задач з теми «Теплове розширення твердого кристалічного тіла».
7. Розв'язування задач з теми «Точкові дефекти в кристалах».
8. Розв'язування задач з теми «Механічні властивості кристалічних тіл при високих температурах».
9. Розв'язування задач з теми «Лінійні дефекти в кристалічних тілах».
10. Розв'язування задач з теми «Напівпровідники».
11. Розв'язування задач з теми «Фізика ферромагнетизму».

## **6. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ**

- 6.1. *Форми поточного контролю.* Усна або письмова перевірка вивчення навчальних матеріалів на практичних заняттях.
- 6.2. *Форми проміжного контролю.* Модульна контрольна робота
- 6.3. *Форми підсумкового контролю.* Екзамен

## **7. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

Засобами діагностики з дисципліни «Фізика твердого тіла» є навчальні матеріали, які використовуються для перевірки рівня навчальних досягнень студентів:

- стандартизовані тести;
- семестровий екзамен.

Під час поточного контролю оцінюється здатність та рівень виконання студентом завдань на практичних заняттях, результати самостійної роботи з навчальною літературою, а також якість виконання студентом індивідуального завдання у вигляді реферату та його презентації.

*Зразок варіанту модульної контрольної роботи:*

1. Які тверді тіла характеризуються майже ідеальною впорядкованістю внутрішньої будови?  
А) композити;  
Б) кристали;  
В) полікристали;  
Г) аморфні речовини.
2. Які системи належать до 1Д наноструктур?

- А) плівки;
- Б) кристали;
- В) лінійні системи;
- Г) квантові точки.

3. Яке походження мають сили, що діють між частинками твердого тіла?

- А) електростатичне;
- Б) електромагнітне;
- В) гравітаційне;
- Г) міжмолекулярне.

Приклад екзаменаційних білетів:

1. Енергетичні критерії та ознаки різних конденсованих структур.
2. Теплоємність діелектриків при підвищених температурах.
3. Практичне завдання.

### 8.1. Шкала та критерії оцінювання знань студентів.

Переведення підсумкового балу за 100-бальною шкалою оцінювання в підсумкову оцінку за традиційною шкалою

Підсумковий бал	Оцінка за традиційною шкалою
	залік
90-100	зараховано
89-70	
51-69	
26-50	не зараховано
1-25	

### 8.2. Критерії оцінювання під час аудиторних занять.

Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів на практичних заняттях

Оцінка	Критерії оцінювання навчальних досягнень
5 балів	Оцінюється робота студента, який у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно й аргументовано його викладає, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних запитань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу, вільно послуговується науковою термінологією, розв'язує задачі стандартним або оригінальним способом, наводить аргументи на підтвердження власних думок, здійснює аналіз та робить висновки.
4 бали	Оцінюється робота студента, який достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, в основному розкриває зміст теоретичних запитань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу, розв'язує задачі стандартним способом, послуговується науковою термінологією. Але при висвітленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі неістотні неточності та незначні помилки.
3 бали	Оцінюється робота студента, який відтворює значну частину навчального матеріалу, висвітлює його основний зміст, виявляє елементарні знання окремих положень, записує основні формули,



	рівняння, закони. Однак не здатний до глибокого, всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, не користується необхідною літературою, допускає істотні неточності та помилки.
<b>2 бали</b>	Оцінюється робота студента, який достатньо не володіє навчальним матеріалом, однак фрагментарно, поверхово (без аргументації й обґрунтування) викладає окремі питання навчальної дисципліни, не розкриває зміст теоретичних питань і практичних завдань.
<b>1 бал</b>	Оцінюється робота студента, який не в змозі викласти зміст більшості питань теми та курсу, володіє навчальним матеріалом на рівні розпізнавання явищ, допускає істотні помилки, відповідає на запитання, що потребують однослівної відповіді.
<b>0 балів</b>	Оцінюється робота студента, який не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його висвітлити, не розуміє змісту теоретичних питань та практичних завдань.

### 8.3. Критерії оцінювання індивідуальних завдань.

Оцінювання розрахунково-графічної роботи проводиться на основі аналізу наступних факторів:

- правильність виконання розрахункової частини роботи;
- правильність виконання графічної частини роботи;
- оформлення роботи.

<b>Оцінка</b>	<b>Критерії оцінювання навчальних досягнень</b>
<b>5 балів</b>	Індивідуальне завдання виконане на високому рівні, представлені повні розв'язки завдань й зроблені обґрунтовані висновки. На всі запитання викладача отримані правильні відповіді
<b>4 бали</b>	Індивідуальне завдання виконане, але мають місце окремі недоліки неprincipiального характеру: допущені незначні помилки при формулюванні термінів, категорій, наявні незначні арифметичні помилки у розрахунках або неточно зроблені висновки. На переважну більшість запитань викладача подано правильні відповіді.
<b>3 бали</b>	Розрахунково-графічна робота виконана більше 50 % правильно, або допущені неточності в 70 % завдань, але обов'язково одне завдання розв'язане правильно. Є зауваження щодо оформлення роботи. Студентом подано правильні відповіді тільки на окремі запитання викладача.
<b>2 бали</b>	Виконано менше 50 % завдань правильно, допущені неточності в усіх завданнях, розрахунки неправильні внаслідок допущення грубих помилок.
<b>1 бал</b>	Виконано менше 20 % завдань правильно, допущені неточності в усіх завданнях, розрахунки неправильні внаслідок допущення грубих помилок.
<b>0 балів</b>	Роботу не виконано.

### 8.4. Критерії оцінювання модульної контрольної роботи.

Оцінювання проміжного контролю, тобто модульної контрольної роботи здійснюється за шкалою від «0» до «10». За кожне правильно вирішене тестове

завдання студент отримує 1 бал. Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу – 10 балів.

**Таблиця переведення балів  
за виконання модульної контрольної роботи**

Кількість балів	Оцінка за національною шкалою	
10	5	відмінно
8-9	4	добре
6-7	3	задовільно
0-5	2	незадовільно

#### *8.5. Критерії оцінювання під час підсумкового контролю.*

Семестровий екзамен з дисципліни проводиться в усній формі за білетами, складеними екзаменатором навчальної дисципліни, які повинні бути затверджені не пізніше, ніж за місяць до початку іспиту на засіданні кафедри та екзаменатором. Семестровий екзамен в усній формі приймається двома особами: викладачем, який читав дисципліну і є екзаменатором, та викладачем, який не проводив у групі академічні заняття з цієї дисципліни.

Результат усного екзаменаційного контролю визначається як середнє арифметичне оцінок (середньозважений бал) студента, що він отримав за кожне з питань екзаменаційного білета. Цей бал переводиться за 100 – бальною шкалою, а визначений показник множиться на ваговий коефіцієнт 0,5 та округлюється до цілого.

Якщо здобувач вищої освіти отримав недостатньо балів за певний вид контролю, зокрема за поточний (менше 20 балів). За проміжний (менше 6 балів), то він не допускається до складання семестрового іспиту, а у відомості обліку успішності виставляється оцінка «незадовільно».

У разі, якщо здобувач вищої освіти за екзамен в усній формі отримав середньозважений бал менше, ніж 2,75, то він вважається таким, що не склав екзамен. У графі «підсумковий контроль» виставляється 0 балів.

Студенти, котрі не з'явилися на екзамен без поважних причин, вважаються такими, що одержали незадовільну оцінку. У випадку відсутності здобувача вищої освіти на екзамені з поважної причини, підтвердженої документально, деканат складає додатковий графік для підсумкового контролю.

## **9. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА**

Інформаційне, навчально-методичне та програмне забезпечення, комп'ютерний клас з доступом до мережі Інтернет, відео проектор.

## **10. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

### *10.1. Основні джерела*

1. Болеста І.М. Фізика твердого тіла : навч. посіб. для студ. фіз. спец. вищ. навч. закл. / І. М. Болеста ; Львівський національний ун-т ім. Івана Франка. - Л. : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2003. - 479 с.

2. Бібик В.В. Фізика твердого тіла : Навчальний посібник за загальною редакцією проф. Проценка І.Ю. / В.В. Бібик, Т.М. Гричановська, Л.В. Однодворець, Н.І. Шумакова. – Суми : Вид-во СумДУ, 2010. - 200 с.
3. Пастушенко С. М. Фізика твердого тіла. Ядерна фізика : навч. посіб. / С. М. Пастушенко. — К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. — 256 с.

#### *10.2. Допоміжні джерела*

1. Строїтелева Н.І., Кісельов Є.М. Фізика твердого тіла. Методичні вказівки до лабораторних робіт та самостійної роботи (для студентів ЗДІА спеціальності «мікро- та наноелектроніка» денної та заочної форм навчання) / Н.І. Строїтелева, Кісельов Є.М. Видавництво ЗДІА, 2013 . - 55с.
2. Поплавко Ю.М. Електрофізика твердих тіл: навчальний посібник. Інтернет - видавництво Національного Технічного університету України, 2012. - 756 с
3. Лучицький, Р. М. Додатковий курс фізики. Фізика твердого тіла : мультимедійний супровід лекцій / Р. М. Лучицький, В. В. Нижникевич. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016. - 180 с.
4. О.В. Федорова Проблемні питання міжпредметної інтеграції фізики з дисциплінами природничого циклу. Науковий вісник Ізмаїльського державного гуманітарного університету: збірник наукових праць. Серія: Педагогічні науки. Ізмаїл: РВВ ІДГУ, 2023. Вип.64 с.247-255
5. О.В. Федорова, О.М. Букатова ОСОБЛИВОСТІ ГАЛЬВАНІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЯК ДЖЕРЕЛ СТРУМУ, ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ. The 13th International scientific and practical conference “Development trends and improvement of old methods” (December 12 - 15, 2023) Warsaw, Poland. International Science Group. 2023. p. 94-98
6. О.В. Федорова Проблеми викладання технічних дисциплін в умовах дистанційної форми навчання. Науковий вісник Ізмаїльського державного гуманітарного університету: збірник наукових праць. Серія: Педагогічні науки. Ізмаїл: РВВ ІДГУ, 2023. Вип. 62, С. 253 261 <http://visnyk.idgu.edu.ua/index.php/nv/issue/view/33>

#### *10.3 Інтернет-ресурси*

1. <https://www.abinit.org/>
2. <https://departments.icmab.es/leem/siesta/>
3. <https://www.quantum-espresso.org/>

### **11. ДОПОВНЕННЯ ТА ЗМІНИ, ВНЕСЕНІ ДО РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ В 20\_\_ / 20\_\_ Н.Р.<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Доповнення та зміни до робочої програми додаються на окремому аркуші, затверджуються на засіданні кафедри до початку навчального року