

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Кафедра експериментальної фізики



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи

О.В.Запорожченко

2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ФІЗИКА ТВЕРДОГО ТІЛА»

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти перший (освітньо-професійний) рівень –бакалавр

Галузь знань 10 – природничі науки

(шифр і назва)

Спеціальність 104 - фізика та астрономія,

(шифр і назва)

Освітня програма фізика та астрономія,

Вид дисципліни вибіркова

Факультет математики, фізики, та інформаційних технологій

(назва факультету)

Програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробник програми:

кандидат фізико-математичних наук, доцент Маслєєва Н.В.

Навчальна програма затверджена на засіданні кафедри експериментальної фізики Протокол № 1 від “31” серпня 2020 року

Завідувач кафедри

(підпис)

Сминтина В.А.

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:

Протокол № 1 від “ 3 ” вересня _____ 2020 року

Голова НМК

(підпис)

Ніцук Ю.А.

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Фізика твердого тіла» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 104 – «Фізика та астрономія». Освітньо-професійна програма: «Фізика та астрономія».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є:

- підготовка фахівців, які здатні розв'язувати спеціалізовані складні задачі і практичні проблеми, що пов'язані зі створенням та дослідженнями твердотільних матеріалів, вивченням фізичних процесів і явищ у них та їх технічними застосуваннями;
- підготовка фахівців, здатних розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики твердого тіла у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов та передбачають застосування певних теорій і методів фізики твердого тіла.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

формування у студентів матеріалістичного світогляду, вміння використовувати фізичні закони для пояснення явищ природи та формування наступних компетентностей.

Інтегральна компетентність - Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії й характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

ЗК 5. Здатність приймати обґрунтовані рішення;

ЗК 6. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні;

ЗК 7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії;

СК18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів;

СК19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень;

СК22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту;

СК24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації;

СК25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей;

СК26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю;

СК27. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень;

СК29. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

1.3. Кількість кредитів 5.

1.4. Загальна кількість годин 150.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Обов'язкова/за вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
3-й, 6 семестр
Лекції
46 год.
Лабораторні
20 год.
Самостійна робота
84 год.
У тому числі індивідуальні завдання
7 год.

1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-професійною програмою «Фізика та астрономія» спеціальність 104 – «Фізика та астрономія» студенти можуть досягти наступних результатів навчання:

- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.
- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.
- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.
- Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

3 рік, 6 семестр

Розділ 1. Структура кристалів та методи її дослідження.

Тема 1. Структурна кристалографія. Кристалічні та аморфні тверді тіла. Макросиметрія. Класи симетрії. Мікросиметрія. Гратка Браве. Просторові групи. Рівняння Лауе. Дифракція рентгенівських промінів на кристалах з примітивною та складною елементарними комірками. Рентгеноструктурні методи дослідження кристалів. Обернена гратка. Загальне інтерференційне рівняння. Сфера Евальда. Зони Брілюєна. Комірки Вігнера – Зейтца.

Тема 2. Основні типи зв'язків у твердих тілах. Молекулярні кристали. Сили Ван – дер - Ваальса. Розрахунок енергії зв'язку для молекулярного кристалу. Іонні кристали. Стала Маделунга. Розрахунок енергії зв'язку для іонного кристалу. Ковалентні кристали. Метод молекулярних орбіт. Гібридизація s- і p-електронів у структурі алмаза. Метали та їх властивості.

Тема 3. Дефекти в твердих тілах. Загальна класифікація дефектів у твердих тілах. Точкові дефекти. Дефекти Шотки. Дефекти Френкеля. Розрахунки рівноважної концентрації дефектів Шотки та дефектів Френкеля. Види дислокацій. Контур та вектор Бюргерса. Механізми руху дислокацій в кристалах. Розмноження дислокацій. Джерело Франка – Ріда. Вплив дислокацій на механічні та електричні властивості твердих тіл. Двовимірні дефекти. Об'ємні дефекти.

Розділ 2. Основи зонної теорії та динаміка кристалічної ґратки

Тема 4. Основи зонної теорії твердих тіл. Класифікація твердих тіл за величиною електропровідності. Діелектрики, провідники, напівпровідники. Рівняння Шредингера для

твердого тіла. Хвильові функції електрона в кристалі. Зони Брилюена. Енергетичний спектр електронів у кристалі. Рух електронів у кристалі. Ефективна маса електрону. Зонна структура твердих тіл. Класифікація напівпровідників.

Тема 5. Коливання атомів кристалічної ґратки. Гармонічне наближення. Коливання атомів в одновірному ланцюжку. Спектр коливань. Коливання двоатомного лінійного ланцюжка. Спектр коливання атомів тривимірного кристалу. Акустичні та оптичні фонони. Термодинаміка кристалічної ґратки. Теплове розширення твердих тіл. Теплопровідність твердих тіл.

3. Структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин				
	Усього	Лекції	Лабораторні роботи	Індивідуальні завдання	Самостійна робота
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Структура кристалів та методи її дослідження.					
<i>Тема 1. Структурна кристалографія.</i>	46	14	20		12
<i>Тема 2. Основні типи зв'язків у твердих тілах.</i>	10	6			4
<i>Тема 3. Дефекти в твердих тілах.</i>	30	8			22
Розділ 2. Основи зонної теорії та динаміка кристалічної ґратки					
<i>Тема 4. Основи зонної теорії твердих тіл.</i>	46	10			36
<i>Тема 5. Коливання атомів кристалічної ґратки.</i>	18	8			10
Усього годин	150	46	20		84

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Робота 1. Елементи структурної кристалографії. Розрахунок рентгенограми Дебая – Шеррера кубічного кристала	4
2	Робота 2. Отримання і аналіз дифрактограми полікристала. Визначення природи однофазної кубічної речовини методом Дебая-Шеррера	4
3	Робота 3. Вивчення макросиметрії кристалів. Визначення точкової групи моделі кристала	4

4	Робота 4. Вивчення макросиметрії кристала. Визначення дифракційного класу методом Лауе	4
5	Робота 5. Визначення орієнтації і ступеню досконалості окисленої монокристалічної пластини	4

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Кінцеві групи симетрії.	6
2	Симетрія та фізичні властивості кристалів.	6
3	Гібридизація s- і p-електронів у структурі алмаза.	4
4	Теплові дефекти в бінарних кристалах	4
5	Радіаційні дефекти.	2
6	Напруження, необхідні для утворення дислокацій в ідеальному кристалі.	4
7	Взаємодія дислокацій з точковими дефектами.	4
8	Джерела розмноження дислокацій.	4
9	Теплопровідність твердих тіл.	4
10	Дифузія в твердих тілах.	6
11	Дисклинації у кристалах.	4
12	Рівняння Шредингера для твердого тіла.	6
13	Властивості хвильового вектора у кристалі. Зони Брилюена.	4
14	Ефективна маса електрона.	4
15	Зонна структура металів, діелектриків, напівпровідників.	4
16	Енергетичні рівні домішкових атомів у кристалі.	2
17	Ефект Холла.	4
18	Класифікація магнітних речовин.	4
19	Доменна структура феромагнетиків.	4
20	Циліндричні магнітні домени.	4
21	Спінові хвилі.	4

6. Індивідуальні завдання

1. Хімічний зв'язок і зонна структура кристалів.
2. Реконструкція поверхні у напівпровідниках.
3. Мікроскопічна теорія надпровідності.
4. Високотемпературна надпровідність.

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання та наочні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час практичних занять використовуються частково-пошуковий, або евристичний метод, та дискусійний метод.

Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод навчання.

8. Методи контролю

Для кожної теми формами контролю навчальних здобутків студентів можуть бути поточний контроль: конспект з лекцій; оцінка активності роботи на лекціях; аудиторне поточне опитування; домашні завдання. Підсумковий семестровий контроль (залік). Підсумкові бали для оцінки знань студентів за розділ розраховуються таким чином:

№	Вид роботи	Форма контролю	Число балів
1.	Відвідування лекцій	Конспект	1
2.	Сумма		1

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Залік	Сума
Розділ 1			Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальні завдання	Лабораторні роботи	Разом	
T1	T2	T3					
1	1	1		4	40	47	53
Розділ 2							
T1	T2						
1	1			3		5	95
							100

10. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Підсумковий семестровий контроль (залік) проводиться у письмовій формі. Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 30 бальною шкалою

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна розгорнута відповідь – 30 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 25 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 20 балів, за кожен наступний незначний помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 15 балів, за кожен наступний незначний помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, які студент отримав на заліку, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка		
	За шкалою ЄКТС	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

11. Рекомендована література Перелік навчально-методичної літератури

1. Основна література

1. Болеста І.М. Фізика твердого тіла. – Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка. 2003. – 480 с.
2. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. – М.: Ленанд. 2015. – 496 с.
3. Шаскольская М.П. Кристаллография. – М.: Высшая школа. 1984. – 376 с.
4. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – СПб.: Лань. 2010. – 400 с.
5. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. – М.: Мир. Т.1,2. 1979.
6. Маслєєва Н.В. Фізика твердого тіла. Частина 1. Структурна кристаллографія. Навчальний посібник. – Одеса: Фенікс, 2016. – 118 с.

2. Додаткова література

1. Жданов Г.С., Хунджуа А.Г. Лекции по физике твердого тела. – М.: Изд-во МГУ. 1988. – 231 с.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука. 1978. – 791 с.
3. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. – М.: Металлургия. 1988. – 574 с.
4. Голдсמיד Г.Дж. Задачи по физике твердого тела. – М.: Наука. 1996. – 432 с.
5. Третьяк О.В., Лозовський В.З. Основи фізики напівпровідників. Т.1, 2. – К.: Видавничо – поліграфічний центр «Київський університет» 2007.
6. Фізика і хімія поверхні. Т.1, 2, 3. / Під ред. Картеля Н.Т. і Лобанова В.В. – К.: Інститут хімії поверхні НАН України; ТОВ «НПП «Інтерсервіс». 2018.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. www.ph4s.ru/book_ph_tvtelo.html
2. window.edu.ru/resource/613/69613/files/itmo452.pdf
3. mirknig.su/knigi/estesstv_nauki/108382-osnovy-fiziki-tverdogo-tela.html
4. <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/nanoelektronika-dostizheniya-perspektivy>

