

Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

Кафедра фізики і хімії твердого тіла

Проректор _____
" 15 " _____ 09 _____ 20 16 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вступ до фізики твердого тіла

(шифр і назва навчальної дисципліни)

галузь знань _____ 10 природничі науки _____
(шифр і назва напрямку підготовки)
спеціальність _____ 105 прикладна фізика та наноматеріали _____
(шифр і назва спеціальності)
спеціалізація _____
(назва спеціалізації)
факультет _____ фізико-технічний _____
(назва інституту, факультету)

Робоча програма

“ Вступ до фізики твердого тіла ”

(назва навчальної дисципліни)

для студентів спеціальності 105 прикладна фізика та наноматеріали
„ _____ ” _____, 20__ р. – __ с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Салій Ярослав Петрович професор кафедри фізики і хімії твердого тіла, доктор фізико - математичних наук, професор.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Фізики і хімії твердого тіла

Протокол від “ _____ ” _____ 2016 р. № _____

Завідувач кафедри Фізики і хімії твердого тіла

_____ (Прокопів В.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ _____ ” _____ 2016 р.

Схвалено методичною комісією факультету, інституту.

Протокол від “ _____ ” _____ 20__ р. № _____

“ _____ ” _____ 20__ р.

Голова _____ (_____)
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Ó Салій Я.П., 2016 рік
2. Ó ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2016 рік

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів–5,0	Галузь знань: <u>10 Природничі науки</u> (шифр і назва)	Нормативна (за вибором)	
Модулів – 2	Спеціальність: <u>105 прикладна фізика та наноматеріали</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2016-й	2016-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 150		4-й, 5-й	
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних 2 самостійної роботи студента 3	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	34 год.	
		Практичні, семінарські	
		20 год.	__ год.
		Лабораторні	
		16 год.	.
		Самостійна робота	
		80 год.	год.
Індивідуальні завдання: __ год.			
Вид контролю: контрольна робота, залік, залік			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання 0,9

для заочної форми навчання –

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: ознайомити студентів з основними поняттями і законами фізики твердого тіла та їх застосуванням. Навчити застосовувати закони класичної і квантової фізики до впорядкованих атомних систем.

Завдання: навчити студента з множини проблем вибрати найпростіші, розв'язки яких дозволять виробити концепції, що допускають узагальнення

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: Основні типи кристалічних ґраток, прості кристалічні структури, закон Вульфа - Брега, потенціал Кулона і Ленарда - Джонса, властивості металічного і ковалентного зв'язку, закон Гука в тензорному представленні, зв'язок енергії пружних деформацій з напругами, закони збереження енергії і імпульсу при непружному розсіюванні фотонів і нейтронів на фонах, модель теплоємності Ейнштейна, теорію теплоємності ґратки за Дебаєм, закон Дюлонга – Пті, закон T^3 Дебая, температурну залежність коефіцієнта теплопровідності, функцію розподілу Фермі – Дірака, залежність густини електронних станів від енергії, закони діелектричної реакції електронного газу, ефект Холла, рівняння Шредінґера, наближений розв'язок хвильового рівняння поблизу границі зони Бріллюена, походження забороненої енергетичної зони.

вміти: Визначати геометричні характеристики структур, структурний фактор розсіювання, базис оберненої ґратки, енергії зв'язку і модулі всебічного стискування Ван – дер - Ваальсових і іонних кристалів, переходити від компонент жорсткості до компонент податливості і навпаки, розраховувати швидкість звуку в кубічних кристалах, дисперсійні співвідношення для ґраток з одним і двома атомами в примітивній комірці, виводити функцію розподілу Планка, виводити вираз для густини станів в загальному випадку, для коефіцієнта теплопровідності, виводити закон Ома і Відемана – Франца, виводити залежність діелектричної сталої електронної плазми від частоти електромагнітної хвилі, розраховувати компоненти тензора магнето-провідності, хвильове рівняння для електронів в періодичному потенціальному полі.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Фононна підсистема твердого тіла

Тема 1. Вступ. Вихідні положення і означення. Кристалічна структура і просторова ґратка кристалу. Матеріальний базис. Сингонії кристалів. Комірки Браве.

Тема 2. Кристаліграфічні позначення. Вузли, напрямки, площини. Індеси Міллера. Обернена ґратка і її властивості. Фур'є представлення кристалу. Вивчення структури кристалів. Взаємодія хвиль з кристалічною ґраткою. Формула Вульфа - Брега.

Тема 3. Типи кристалічних ґраток. Щільні упаковки. Геометричні характеристики ґратки. Координаційне число.

Тема 4. Міжатомні і міжмолекулярні зв'язки. Диполь-дипольна взаємодія. Ван - дер - ваальсів зв'язок. Потенціал Ленарда - Джонса. Повна енергія. ґраткові безрозмірні суми. Модуль всестороннього стискування. Іон-

іонна кулонівська взаємодія. Стала Маделунга. Модуль всебічного стискування. Розрахунок електростатичної енергії іон-іонного кристалу за методом Ев'єна. Ковалентний зв'язок. Структура типу алмазу. Металічні кристали.

Тема 5. Пружні властивості кристалів. Компоненти напруг. Тензор деформацій. Сталі пружної жорсткості і податливості. Об'ємний модуль пружності для однорідного розширення. Густина пружної енергії для кубічних кристалів.

Тема 6. Фоони. Квантовий характер коливань ґратки. Закон збереження імпульсу фонона для пружного і непружного розсіювання фотонів в твердому тілі. Непружне розсіювання фотонів на фононах. Непружне розсіювання нейтронів на фононах.

Тема 7. Коливання ґратки. Коливання в ґратці з одним атомом у примітивній комірниці. Дисперсійне співвідношення. Континуальне наближення. Перша зона Брілюєна. Коливання у ґратці з двома атомами у примітивній комірниці. Дисперсійне співвідношення. Граничні випадки. Обчислення силових сталих за експериментальними дисперсійними співвідношеннями. Оптичні властивості іонних кристалів в інфрачервоній області спектру.

Тема 8. Теплоємність. Означення і експериментальні факти. Функція розподілу фононів за частотам. Фактор Больцмана. Модель Ейнштейна. Підрахунок числа нормальних коливань в одновимірному випадку для наближення Дебая, Ейнштейна, для ланцюга однакових атомів. Густина станів у тривимірному випадку в наближенні Дебая. Теорія теплоємності ґратки за Дебаєм. Закон T^3 Дебая.

Тема 9. Теплопровідність. Формальний розгляд процесу. Температурна залежність коефіцієнта теплопровідності. Теплопровідність діелектриків і металів. Теплове розширення. Оцінка коефіцієнта теплового розширення.

Змістовий модуль 2. Електронна підсистема твердого тіла

Тема 10. Вільний електронний газ Фермі. Успіхи моделі та проблеми. Енергетичні рівні і густина станів електронів в одновимірному випадку. Енергія Фермі. Вільний електронний газ у тривимірному випадку. Періодичні граничні умови. Густина станів, енергія Фермі. Температурна залежність функції розподілу Фермі-Дірака. Граничні випадки. Хімічний потенціал.

Тема 11. Теплоємність електронного газу. Експериментальні дані з теплоємності металів. Графічне представлення.

Тема 12. Електричні властивості. Експериментальні дані про опір металів. Правило Матіссена. Температурна залежність ґраткового опору. Електропровідність і закон Ома. Швидкість електронів на поверхні Фермі.

Тема 13. Теплопровідність металів. Закон Відемана - Франца.

Тема 14. Діелектрична реакція електронного газу. Залежність від частоти діелектричної функції. Розповсюдження електромагнітних хвиль у плазмі. Дисперсійне співвідношення. Плазмова частота. Електростатичне екранування. Екранований кулонівський потенціал. Довжина екранування.

Тема 15. Рух електронного газу у магнітному полі. Циклотронна частота. Статичний магнетоопір. Компоненти тензора магнетопровідності. Ефект Холла. Стала Холла.

Тема 16. Енергетичні зони. Загальне представлення. Модель майже вільних електронів. Умова Брега. Походження енергетичної щільності. Розв'язок хвильового рівняння для електронів на границі зони Бріллюєна. Хвильове рівняння електрона в періодичному потенціальному полі. Рівняння Шредінгера. Ортогональність Фур'є компонент. Функція Блоха. Імпульс електрона.

Тема 17. Схема приведених зон. Періодична і розширена зонна схема. Число рівнів у енергетичній зоні. Метали і діелектрики.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	ла	ін	с.р		л	п	ла	ін	с.р.
о	б	д	.		о	б	д					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Фононна підсистема твердого тіла												
Тема 1. Вступ.	6	2	2			2						
Тема 2. Кристалографічні позначення	8	2	2			4						
Тема 3. Типи кристалічних ґраток.	10	2	2			6						
Тема 4. Між-атомні і міжмолекулярні зв'язки.	12	2	4			6						
Тема 5. Пружні властивості кристалів.	10	2	2			6						
Тема 6. Фонони.	8	2	2			4						
Тема 7. Коливання ґратки.	14	4	2			8						
Тема 8. Теплоємність.	12	2	2			8						
Тема 9. Теплопровідність	10	2	2			6						
Разом за змістовим модулем 1	90	20	20			50						

Модуль 2.											
Змістовий модуль 2. Електронна підсистема твердого тіла											
Тема 10. Вільний електронний газ Фермі.	6	2		2		2					
Тема 11. Теплоємність електронного газу.	8	2		2		4					
Тема 12. Електричні властивості.	8	2		2		4					
Тема 13. Теплопровідність металів.	8	2		2		4					
Тема 14. Діелектрична реакція електронного газу.	8	2		2		4					
Тема 15. Рух електронного газу у магнітному полі.	6	2		2		2					
Тема 16. Енергетичні зони.	7	1		2		4					
Тема 17. Схема приведених зон.	9	1		2		6					
Разом за змістовим модулем 2	60	14		16		30					
Усього годин	150	34	20	16		80					

5. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Кристаліграфічні позначення	4
2	Міжатомні і міжмолекулярні зв'язки	4
3	Пружні властивості кристалів	4
4	Коливання ґратки	4
5	Теплоємність	4

6. Темі лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення розмірів і типу елементарної комірки	3

	кристалічної ґратки на полікристалічному зразку	
2	Визначення залежності теплоємності твердих тіл від температури	3
3	Визначення залежності коефіцієнта теплопровідності твердих тіл від температури	3
4	Визначення та дослідження температурного ходу концентрації носіїв в напівпровідниках	3
5	Визначення та дослідження температурного ходу рухливості носіїв в напівпровідниках	4

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дифракція в кристалах	16
2	Оптичні явища в неметалічних кристалах	16
3	Надпровідність	16
4	Точкові дефекти в твердих тілах	16
5	Дислокації	16

8. Методи навчання

Лекційні заняття, лабораторні роботи, самостійна робота.

9. Методи контролю

Звіти за лабораторну роботу, залік.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота									Сума (залік)
Змістовий модуль №1									
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	100
9	9	11	18	15	9	11	11	7	

T1, T2 ... T9 – теми змістових модулів.

Поточне тестування та самостійна робота								Підсумковий тест (залік)
Змістовий модуль № 2								
T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	100
8	20	19	14	8	14	8	10	

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	

80 – 89	B	добре	зараховано
70 – 79	C		
60 – 69	D	задовільно	
50 – 59	E		
26 – 49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

11. Методичне забезпечення

1. Салій Я.П., Чобанюк В.М. Фізика твердого тіла. Спеціальний фізичний практикум. Івано-Франківськ, Плай, 2002.
2. Кланічка В.М., Салій Я.П., Фреїк Д.М. Вступ до фізика твердого тіла. Посібник. Івано-Франківськ, Плай, 1996.

12. Рекомендована література

Базова

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.
2. Жданов Г.С., Хунджуа А.Г. Лекции по физике твердого тела. М., МГУ, 1988.
3. Давыдов А.С. Теория твердого тела. М., Наука, 1976.
4. Задачи по физике твердого тела. Под ред. Г. Дж. Голдсмида. М., Наука, 1976.

Допоміжна

1. Харрисон У. Теория твердого тела. М., Наука, 1972.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. М., Наука, 1979.
3. Смит Р. Полупроводники. М., Мир, 1982.

13. Інформаційні ресурси

1. Салій Я.П., Чобанюк В.М. Фізика твердого тіла. Спеціальний фізичний практикум. Івано-Франківськ, Електронний варіант.
2. Салій Я.П. Курс лекцій з фізики твердого тіла. Івано-Франківськ, Електронний варіант.