

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Кафедра фізики твердого тіла

"ЗАТВЕРДЖУЮ"  
Перший проректор

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2016 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Спецкурс «Фізика твердого тіла»

(шифр і назва навчальної дисципліни)

напряму підготовки 6.040203 -- фізика

(шифр і назва напряму підготовки)

для спеціальності 6.04020302– фізика конденсованого

(шифр і назва спеціальності (тей))

спеціалізації \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

Факультету фізичного

(назва факультету)

Спецкурс «Фізика твердого тіла»  
Робоча програма навчальної дисципліни для студентів  
за напрямом підготовки 6.040203 – фізика,  
спеціальністю 6.04020302– «фізика конденсованого стану»  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ , 2016 р. – \_\_ с.

Розробник – канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент Тонкопряд А.Г.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики твердого тіла

---

Протокол № 7 від “16” 06. 2016 р.

Завідувач кафедри кафедри фізики твердого  
тіла \_\_\_\_\_ (Зиман З.З.)  
**(підпис) (прізвище та ініціали)**  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2016 р.

Схвалено методичною комісією фізичного  
факультету Протокол № 7 від “29” 08. 2016 р.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2016 р.  
Голова \_\_\_\_\_ (Макаровський М.О.)  
**(підпис) (прізвище та ініціали)**

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	
Кількість кредитів - 2	Галузь знань 0402 – фіз.-мат. науки. Напрямок підготовки 040203 – фізика (шифр і назва)	<i>За вибором</i>	
Модулів – 4	Спеціальність (професійне спрямування): фізика конденсованого стану	<b>Рік підготовки:</b>	
Загальна кількість годин – 108		5- й	5- й
	<b>Семестр</b>		
		9-й	10-й
		<b>Лекції</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2, самостійної роботи студента – 1	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр	36 год.	36 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		18 год.	<b>18 год.</b>
		Вид контролю:	
		екзамен	залік

### Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить для денної форми навчання 2:1.

### Мета та завдання навчальної дисципліни

*Мета:* оволодіти основними знаннями з структурної кристалографії та умовами дифракції хвиль в кристалах, теорією міжатомного зв'язку та властивостями кристалів з різним типом зв'язку, природою та механізмами теплових властивостей твердих тіл, електронною теорією металів та впливом дефектів кристалічної будови на деякі фізичні властивості твердих тіл.

*Завдання:* вивчити матеріал в рамках робочої програми даного курсу та додаткового матеріалу, який рекомендовано вивчити самостійно.

*У результаті вивчення даного курсу студент повинен:*

*знати:* закономірності будови кристалічних матеріалів, способи визначення їх структури, природу утворення міжатомного зв'язку в твердих тілах, механізми теплових властивостей твердих тіл та електронну теорію металів; вплив дефектів на певні фізичні властивості в твердих тілах.

*вміти:* експериментально визначати структуру кристалів; використовувати закони міжатомної взаємодії; застосовувати фізичні теорії для опису зв'язку між дефектною, електронною і кристалічною структурою кристалів; застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення наукових результатів з широкого спектру питань в дослідницькій роботі в області фізики твердого тіла.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### Модуль 1. Структура кристалів і способи її вивчення

- Тема 1. Кристалічний і аморфний стан твердих тіл. Основні поняття геометричної кристалографії. Елементарна комірка и просторова ґратка.
- Тема 2. Кристалографічні системи координат. Ґратки Браве. Комірка Вігнера-Зейтца.
- Тема 3. Обернена ґратка і її властивості. Дифракція хвиль в кристалі і обернена ґратка (побудова Евальда в оберненій ґратці).
- Тема 4. Умови і формула Вульфа-Брегга. Рівняння Лауе. Інтерференційне рівняння і його використання в рентгеноструктурному аналізі.
- Тема 5. Особливості взаємодії рентгенівського, електронного і нейтронного випромінювання з речовиною.
- Тема 6. Дифракційні методи дослідження структури кристалів. Представлення дифракційної картини від моно- і полікристалів за допомогою оберненої ґратки.

#### Міжатомна взаємодія. Типи зв'язку в твердих тілах

- Тема 7. Класифікація твердих тіл за типом зв'язку. Природа сил міжатомної взаємодії. Енергія зв'язку в кристалах .
- Тема 8. Молекулярний зв'язок: Походження и універсальність сил Ван-дер-Ваальса. Енергія молекулярного зв'язку і її залежність від міжатомної відстані в класичному наближенні. Поняття про потенціал Леннарда-Джонса. Молекулярні кристали.
- Тема 9. Іонний зв'язок. Енергія зв'язку іонного кристалу. Енергія Маделунга, постійна Маделунга і методи її визначення.
- Тема 10. Ковалентний зв'язок. Фізична природа ковалентного зв'язку. Направленість і насиченість ковалентного зв'язку. Ковалентні кристали.
- Тема 11. Металічний зв'язок. Фізична природа сил відштовхування та притягіння. Енергія металічного зв'язку (з використанням іонної моделі і метода комірок Вігнера-Зейтца)

#### Модуль 2. Теплові властивості твердих тіл

- Тема 12. Коливання атомів кристалічної решітки. Лінійний гармонічний осцилятор. Коливання і хвилі в одномірному ланцюжку із однакових атомів. Дисперсійне співвідношення. Акустичні та оптичні вілки.
- Тема 13. Коливання атомів трьохвимірної ґратки. Повне число мод в кристалі. Дисперсійні криві. Частотний спектр коливань решітки. Спектральна функція розподілу частот.
- Тема 14. Фонони. Класична теорія теплоємності твердих тіл. Закон Дюлонга та Пті.
- Тема 15. Теорія теплоємності Ейнштейна.

- Тема 16. Теорія Дебая. Теплоємність електронів провідності.
- Тема 17. Теплове розширення твердих тіл
- Тема 18. Теплопровідність діелектриків. Нормальні процеси та процеси переобро-су. Залежність коефіцієнта теплопровідності для діелектриків від темпе-ратури.
- Тема 19. Механізм теплопровідності металів. Роль дефектів кристалічної будови в теплопровідності металів. Залежність коефіцієнта теплопровідності ме-талів від температури.

### *Модуль 3. Електронна теорія металів*

- Тема 20. Елементи фізичної статистики. Статистичні закономірності. Повна статистична функція розподілення. Число станів для мікрочастинок.
- Тема 21. Електронна теорія металів. Класична електронна теорія металів (КЕТМ). Модель вільних електронів (МВЕ). Успіхи та недоліки КЕТМ.
- Тема 22. Квантова теорія вільних електронів. Хвильові функції вільних електро-нів. Закон дисперсії для вільних електронів.
- Тема 23. Квантова статистика Фермі-Дірака для електронного газу. Рішення рівняння Шредінгера з циклічними граничними умовами. Щільність ста-нів.
- Тема 24. Функція розподілення Фермі-Дірака та її температурна залежність. Теплоємність електронного газу.
- Тема 25. Основи зонної теорії металів. Енергетичні рівні електрона в ізольованому атомі. Узагальнювання електронів в кристалі.
- Тема 26. Енергетичний спектр електронів в кристалі. Фізична природа розривів в енергетичному спектрі електронів.
- Тема 27. Наближення сильного та слабого зв'язку. Дисперсійне співвідношення для електрона, який рухається в потенційному полі кристала. Зонний енергетичний спектр.
- Тема 28. Рішення рівняння Шредінгера для твердого тіла. Адиабатичне та валентне наближення. Одноелектронне наближення. Функція Блоха.
- Тема 29. Властивості хвильового вектора в кристалі. Зони Бриллюена. Розширена, приведена і періодична зонні схеми.
- Тема 30. Поверхня Фермі. Поверхня Фермі для вільних електронів і для електронів в кристалі. Будова поверхні Фермі.
- Тема 31. Провідники, діелектрики та напівпровідники з точки зору зонної теорії.

### *Модуль 4. Вплив дефектів кристалічної будови на фізичні властивості реальних кристалів*

- Тема 32. Вплив точкових дефектів на фізичні властивості твердих тіл (дифузійне масоперенесення, дифузійна повзучість твердих тіл, електроопір).
- Тема 33. Дислокації Вольтерри. Основні типи дислокацій в кристалі та способи їх руху в кристалі. Дислокації і трансляційна мода пластичної деформації.
- Тема 34. Дисклінації в безперервному пружньому середовищі. Дисклінації в кристалічній ґратці (повні та часткові), вектор Франка.
- Тема 35. Ротаційна мода пластичної деформації та її механізми. Диспиррації.
- Тема 36. Класифікація меж зерен в полікристалах. Структура та властивості. рівноважних і нерівноважних меж зерен. Зерномежові дислокації та ва-

кансії. Межі зерен в полікристалах і їх вплив на механічні властивості твердих тіл.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин		
	Денна форма		
	Усього	у тому числі	
		лекції	С.р.
1	2	3	4
Модуль 1			
Тема 1	3	2	1
Тема 2	3	2	1
Тема 3	3	2	1
Тема 4	3	2	1
Тема 5	3	2	1
Тема 6	3	2	1
Тема 7	3	2	1
Тема 8	3	2	1
Тема 9	3	2	1
Тема 10	3	2	1
Тема 11	3	2	1
Разом за модулем 1	33	22	12
Модуль 2			
Тема 12	3	2	1
Тема 13	3	2	1
Тема 14	1.5	1	0.5
Тема 15	3	2	1
Тема 16	3	2	1
Тема 17	1.5	1	0.5
Тема 18	3	2	1
Тема 19	3	2	1
Разом за модулем 2	21	14	7
Модуль 3			
Тема 20	3	2	1
Тема 21	3	2	1
Тема 22	3	2	1
Тема 23	3	2	1
Тема 24	3	2	1
Тема 25	3	2	1
Тема 26	3	2	1
Тема 27	3	2	1
Тема 28	3	2	1
Тема 29	3	2	1
Тема 30	3	2	1
Разом за модулем 3	33	22	11

Модуль 4			
Тема 31	3	2	1
Тема 32	3	2	1
Тема 33	6	4	2
Тема 34	3	2	1
Тема 35	3	2	1
Тема 36	3	2	1
Разом за модулем 4	21	14	7
Усього годин	108	72	36

**12. Розподіл балів, які отримують студенти**  
*з екзамену*

Поточне тестування та самостійна робота											Підсум- ковий семест- ровий контр. (екзамен)	Сума	
Модуль 1											40	100	
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11			
40													
Модуль 2											20		
T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19						
20													

*З заліку*

Поточне тестування та самостійна робота										Сума
Модуль 3										100
T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	
70										
Модуль 4										30
T31	T32	T33	T34	T35	T36					
30										

**14. Рекомендована література**

*Базова*

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000.-494 с..
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.-790 с.
3. Блейкмор Дж. Физика твердого состояния. М.: Мир, 1988.-608 с..
4. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. М.:Высш. шк., 1977.-276 с.
5. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твёрдотельная электроника. М.: высш. шк., 1986.– 304 с.
6. Ермаков С.С. Физика металлов и дефекты кристаллического строения. Л.: изд-во ЛГУ, 1989.-272 с.
7. Шаскольская М.П. Кристаллография. М.: Высшая шк., 1984.-376 с.
8. Пинес Б.Я. Лекции по структурному анализу. Харьков: изд-во ХГУ, 1967.-476 с.
- 9 Белоус М.В., Браун М.П. Физика металлов. Киев: Высш. шк., 1986.– 343 с.

*Допоміжна*

10. Кацнельсон А.А. Введение в физику твердого тела. М.: изд-во МГУ, 1984.
- 11.Неклюдов И.М., Камышанченко Н.В. Физические основы прочности и пластичности металлов. Учебное пособие. Ч. 2. Дефекты в кристаллах. Белгород: "Педагогика-Пресс" и БГУ, 1999.
- 12.Киттель Ч. Элементарная физика твердого тела. – М.: наука, 1963-367с.
- 13.Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела, .пер. с англ., под ред. М.И.Каганова.-М:Мир. 1979.( в двух томах)
14. Неклюдов И.М., Камышанченко Н.В. Основы физики прочности и пластичности металлов. Учебное пособие Белгород:изд-во БелГУ, 2003.-488 с.

Лектор

Тонкопряд А.Г.