

Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
Кафедра фізики і хімії твердого тіла



Проректор

З А Т В Е Р Д Ж У Ю

2016 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика конденсованого стану

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність

104 Фізика та астрономія

(шифр і назва спеціальності)

факультет

фізико-технічний

(назва, факультету)

Івано-Франківськ

2016

Робоча програма курсу «Фізика конденсованого стану»

(назва навчальної дисципліни)

для підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти – доктора філософії спеціальності 104 Фізика та астрономія. „23” „02”, 2016 р. – 15 с.

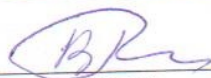
Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Салій Ярослав Петрович, професор кафедри фізики і хімії твердого тіла,
доктор фіз.-мат наук, професор.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики і хімії твердого тіла

Протокол від “23” лютого 2016 р. № 8

Завідувач кафедри фізики і хімії твердого тіла


(підпис)

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

“23” „02” 2016 р.

Схвалено методичною комісією факультету.

Протокол від “13” „03” 2016 р. № 6

“15” „03” 2016 р.

Голова


(підпис)

(Яцура М.М.)
(прізвище та ініціали)

© Салій Я.П., 2016 рік

© 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 – 6	Галузь знань <u>10 Природничі науки</u> (шифр і назва) _____	Нормативна (за вибором)	
Модулів – 2	Спеціальність <u>Фізика та астрономія</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2016-й	-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – 180			
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 3		третій освітньо-науковий рівень – <u>доктор філософії</u>	1-й, 2-й
	Лекції		
	60 год.		год.
	Практичні, семінарські		
	18 год.		год.
	Лабораторні		
	__ год.		__ год.
	Самостійна робота		
102 год.	год.		
Індивідуальні завдання: __ год.			
Вид контролю: екзамен			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: $60/102=0,58$

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу : програма кандидатського екзамену зі спеціальності "Фізика конденсованого стану" відображає сучасний стан даної області фізики та включає її важливі розділи, знання яких необхідні висококваліфікованим фахівцям для успішної підготовки кандидатської дисертації.

Аспірант повинен показати високий рівень теоретичної та професійної підготовки, глибокі знання основних розділів фізики твердого тіла, а також уміння застосовувати свої знання для вирішення народногосподарських завдань, дослідницьких та прикладних задач.

Завдання: у результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен

знати:

способи і методи вирішення експериментальних і теоретичних завдань фізики конденсованого стану;

основні закони кристалографії;

закони і характеристики процесів взаємодії зондуючого випромінювання з твердим тілом;

основні результати зонної теорії твердих тіл;

способи визначення кінетичних характеристик твердих тіл;

закони оптики і магнетизму для твердих тіл;

вміти:

застосовувати закони фізики твердого тіла до пояснення властивостей реальних нанооб'єктів;

представляти і застосовувати отримані результати, виходячи з тенденцій розвитку фізики конденсованого стану;

здійснювати відбір матеріалу, що характеризує область фізики конденсованого стану, з урахуванням конкретної наукової або технічної задачі.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Структура твердих тіл. Енергетичний спектр кристалів.

Тема 1. Кристалічні та аморфні тіла. Будова кристалів. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індeksi Міллера. Точкові і просторові групи.

Тема 2. Особливості поширення хвиль в періодичних структурах. Закон Вульфа-Брега. Обернена ґратка. Зони Бріллюена.

Тема 3. Дефекти в кристалах. Точкові дефекти їх утворення та дифузія. Вакансії. Комбінації атомних дефектів.

Тема 4. Крайові та гвинтові дислокації. Вектор Бюргерса. Енергія дислокацій. Рух дислокацій. Переповзання та сковзання. Механізми утворення дислокацій в кристалах.

Тема 5. Типи хімічного зв'язку в кристалах. Міжатомна взаємодія та сили зв'язку у твердому тілі. Структурні та фізичні особливості іонних, ковалентних,

металічних та молекулярних кристалів. Щільнозапаковані структури.

Тема 6. Аморфні тіла – методи отримання та дифракційного дослідження структури. Рідинні кристали. Близький та далекий порядок. Напівпровідникове скло.

Тема 7. Описання енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Фонони, магнони, ексітони, плазмони та ін. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів.

Тема 8. Статистика газу квазічастинок. Бозони та ферміони. Взаємодія квазічастинок. Коливання кристалічної решітки – фонони. Акустична та оптична вітки коливань. Теплоємність решітки. Дебаївська частота.

Тема 9. Фактор Дебая-Валлера в розсіюванні рентгенівських променів. Анггармонізм та теплове розширення.

Тема 10. Електронні стани в кристалах. Одноелектронна модель. Наближення слабо і сильнозв'язаних електронів. Зонна схема та типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхні Фермі.

Тема 11. Тензор ефективних мас. Електрони та дірки. Циклотронна маса. Положення Фермі-рівня в невинроджених напівпровідниках.

Тема 12. Явища в контактах. Потенціальні бар'єри. Контактна різниця потенціалів. Струми, обмежені просторовим зарядом. Бар'єр Шотткі. Квазідвобірні системи в напівпровідниках: гетероструктури, МДН-структури (метал-діелектрик-напівпровідник). Розмірне квантування електронного спектра.

Тема 13. Електронний спектр та густина станів електронів в квантуючому магнітному полі. Ефект де Гааза-ван Альфена. Спектр квазі-двобірних електронів в поперечному квантуючому магнітному полі.

Модуль2

Змістовний модуль 2. Електронні кінетичні властивості твердих тіл. Оптичні та магнітні явища твердих тіл

Тема 14. Кінетичне рівняння. Електро- та теплопровідність. Тривалість релаксування. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання на домішках і дефектах.

Тема 15. Електронно-фононні зіткнення. Нормальні процеси, процеси перекиду. Іонна провідність кристалів. Суперіонна провідність. Магнітоопір та ефект Холла. Квантовий ефект Холла.

Тема 16. Напівпровідники. Електронна структура типових напівпровідників. Германій та кремній. Домішкові рівні. Донори та акцептори, p-n-переходи.

Тема 17. Фотопровідність. Рекомбінація та релаксація нерівноважних носіїв. Гарячі носії. Ефект Гана.

Тема 18. Теплоємність. Температурна залежність теплоємності. Моделі Ейнштейна та Дебая.

Тема 19. Атомний магнетизм. Магнітні властивості слабо магнітних речовин. Класифікація та основні властивості магнетиків. Діамагнетизм системи слабо-взаємодіючих атомів і молекул. Діамагнетизм та парамагнетизм

Змістовний модуль 1. Структура твердих тіл. Енергетичний спектр кристалів.						
Тема 1. Кристалічні та аморфні тіла. Будова кристалів. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індеси Міллера. Точкові і просторові групи.		2				2
Тема 2. Особливості поширення хвиль в періодичних структурах. Закон Вульфа-Брега. Обернена ґратка. Зони Бріллюена.		2				2
Тема 3. Дефекти в кристалах. Точкові дефекти їх утворення та дифузія. Вакансії. Комбінації атомних дефектів.		2				4
Тема 4. Крайові та гвинтові дислокації. Вектор Бюргерса. Енергія дислокацій. Рух дислокацій. Переповзання та сковлення. Механізми утворення дислокацій в кристалах.		2	2			4
Тема 5. Типи хімічного зв'язку в кристалах. Міжатомна взаємодія та сили зв'язку у твердому тілі. Структурні та фізичні особливості іонних, ковалентних, металічних та молекулярних кристалів. Щільнозапаковані структури.		2				6
Тема 6. Аморфні тіла – методи отримання та дифракційного дослідження структури. Рідинні кристали. Близький та далекий порядок. Напівпровідникове скло.		2				2
Тема 7. Описання енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Фонони, маґнони, ексітони, плазмони та ін. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів.		2	2			6
Тема 8. Статистика газу квазічастинок. Бозони та ферміони. Взаємодія квазічастинок. Коливання кристалічної решітки – фонони. Акустична та оптична вітки коливань. Теплоємність решітки. Дебайвська частота.		2				2
Тема 9. Фактор Дебая-Валлера в розсіюванні рентгенівських променів. Анггармонізм та теплове розширення.		2				2
Тема 10. Електронні стани в кристалах.		2	2			4

Одноелектронна модель. Наближення слабо і сильнозв'язаних електронів. Зонна схема та типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхні Фермі.					
Тема 11. Тензор ефективних мас. Електрони та дірки. Циклотронна маса. Положення Фермі-рівня в невироджених напівпровідниках.	2				4
Тема 12. Явища в контактах. Потенціальні бар'єри. Контактна різниця потенціалів. Струми, обмежені просторовим зарядом. Бар'єр Шотткі. Квазідвовірні системи в напівпровідниках: гетероструктури, МДН-структури (метал-діелектрик-напівпровідник). Розмірне квантування електронного спектра.	2				6
Тема 13. Електронний спектр та густина станів електронів в квантуючому магнітному полі. Ефект де Гааза-ван Альфена. Спектр квазі-двовірних електронів в поперечному квантуючому магнітному полі.	2	2			6
Всього за модулем 1.	26	8			50
Модуль 2.					
Змістовний модуль 2. Електронні кінетичні властивості твердих тіл. Оптичні та магнітні явища твердих тіл					
Тема 14. Кінетичне рівняння. Електро- та теплопровідність. Тривалість релаксування. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання на домішках і дефектах.	2	2			2
Тема 15. Електронно-фононні зіткнення. Нормальні процеси, процеси перекиду. Іонна провідність кристалів. Суперіонна провідність. Магнітоопір та ефект Холла. Квантовий ефект Холла.	2				2
Тема 16. Напівпровідники. Електронна структура типових напівпровідників. Германій та кремній. Домішкові рівні. Донори та акцептори, p-n-переходи.	2				2
Тема 17. Фотопровідність. Рекомбінація та релаксація нерівноважних носіїв. Гарячі носії. Ефект Гана.	2				4

Тема 18. Теплоємність. Температурна залежність теплоємності. Моделі Ейнштейна та Дебая.		2	2			2
Тема 19. Атомний магнетизм. Магнітні властивості слабо магнітних речовин. Класифікація та основні властивості магнетиків. Діамагнетизм системи слабо-взаємодіючих атомів і молекул. Діамагнетизм та парамагнетизм твердих тіл. Природа феромагнетизму. Домени. Антиферомагнетизм і феримагнетизм.		2				4
Тема 20. Механізми поглинання фотонів. Поглинання вільними носіями. Решітчаті поглинання. Багатофононні процеси. Комбінаційне розсіювання світла в кристалах. Поглинання зв'язаними носіями.		2				2
Тема 21. Спонтанне і вимушене випромінювання. Лазери. Різні типи ОКГ та принцип їх дії. Феромагнетизм. Молекулярне поле Вейса. Обмінна взаємодія. Феромагнітні домени. Енергія анізотропії. Доменні стінки. Антиферомагнетики. Ферити.		2	2			4
Тема 22. Ефективне поле. Електрострикція і п'єзоелектрика. Піроелектрики і сегнетоелектрики. Електричний гістерезис. Аномалії фізичних властивостей сегнетоелектриків в області фазових переходів.		2	2			4
Тема 23. Фізична природа твердих сполук. Утворення сполук. Закони Рауля і Генрі. Умови необмеженої та обмеженої розчинності. Класифікація проміжних фаз за Курнаковим та Агєєвим. Електронні сполуки. Фази Лавеса. Фаза проникнення.		2				2
Тема 24. Рівновага фаз. Рушійна сила фазових переходів. Фазові рівноваги у багатокомпонентних системах. Вплив викривлення поверхні на фазову рівновагу. Формула Томсона. Правило фаз. Фазові переходи I і II роду.		2				6
Тема 25. Мартенситні перетворення. Види термічної обробки. Метастабільний стан. Розпад пересичених твердих		2				2

розчинів.						
Тема 26. Діаграми рівноваги. Аналіз діаграм стану з евтектичним, перитектичним, монотектичним, синтектичним та метатектичним перетвореннями, а також діаграм типу "Сигара". Діаграми стану з евтектоїдним, перитектоїдним та монотектоїдним перетвореннями.		2	2			4
Тема 27. Кінетика фазових перетворень. Кристалізація. Гомогенне та гетерогенне утворення центрів кристалізації. Робота утворення критичного зародка. Форма та швидкість утворення центрів кристалізації.		2				6
Тема 28. Механізми та кінетика росту кристалів. Дифузійна задача росту кристалів (задача Стефана про промерзання, задачі росту кулі).		2				2
Тема 29. Дифузія в металах та сплавах. Атомна теорія дифузії. Постулати Онзагера. Дифузія проти градієнта концентрації.		2				2
Тема 30. Переходи метал-діелектрик в системі електронів. Перехід Андерсона. Край рухливості в електронному спектрі. Перехід Мотта. Флуктуації. Тверді розчини та проміжні фази.		2				2
Усього годин за модулем 2.		34	10			52
Усього годин	180	60	18			102

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Крайові та гвинтові дислокації. Вектор Бюргерса. Енергія дислокацій. Рух дислокацій. Переповзання та сковзання. Механізми утворення дислокацій в кристалах.	2
2	Тема 2. Описання енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Фонони, магнони, ексітони, плазмони та ін. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів.	2
3	Тема 3. Електронні стани в кристалах. Одноелектронна модель. Наближення слабо і сильнозв'язаних електронів. Зонна схема та типи твердих тіл.	2

	Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхні Фермі.	
4	Тема 4. Електронний спектр та густина станів електронів в квантуючому магнітному полі. Ефект де Гааза-ван Альфена. Спектр квазі-двомірних електронів в поперечному квантуючому магнітному полі.	2
5	Тема 5. Кінетичне рівняння. Електро- та теплопровідність. Тривалість релаксування. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання на домішках і дефектах.	2
6	Тема 6. Теплоємність. Температурна залежність теплоємності. Моделі Ейнштейна та Дебая.	2
7	Тема 7. Спонтанне і вимушене випромінювання. Лазери. Різні типи ОКГ та принцип їх дії. Феромагнетизм. Молекулярне поле Вейса. Обмінна взаємодія. Феромагнітні домени. Енергія анізотропії. Доменні стінки. Антиферомагнетики. Ферити.	2
8	Тема 8. Ефективне поле. Електрострикція і п'єзоелектрика. Піроелектрики і сегнетоелектрики. Електричний гістерезис. Аномалії фізичних властивостей сегнетоелектриків в області фазових переходів	2
9	Тема 9. Діаграми рівноваги. Аналіз діаграм стану з евтектичним, перитектичним, монотектичним, синтектичним та метатектичним перетвореннями, а також діаграм типу "Сигара". Діаграми стану з евтектоїдним, перитектоїдним та монотектоїдним перетвореннями.	2
	Усього годин	18

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Кристалічні та аморфні тіла. Будова кристалів. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індeksi Міллера. Точкові і просторові групи.	2
2	Тема 2. Особливості поширення хвиль в періодичних структурах. Закон Вульфа-Брега. Обернена ґратка. Зони Бріллюена.	2
3	Тема 3. Дефекти в кристалах. Точкові дефекти їх утворення та дифузія. Вакансії. Комбінації атомних дефектів.	4
4	Тема 4. Крайові та гвинтові дислокації. Вектор Бюргерса. Енергія дислокацій. Рух дислокацій. Переповзання та сковзання. Механізми утворення	4

	дислокацій в кристалах.	
5	Тема 5. Типи хімічного зв'язку в кристалах. Міжатомна взаємодія та сили зв'язку у твердому тілі. Структурні та фізичні особливості іонних, ковалентних, металічних та молекулярних кристалів. Щільнозапаковані структури.	6
6	Тема 6. Аморфні тіла – методи отримання та дифракційного дослідження структури. Рідинні кристали. Близький та далекий порядок. Напівпровідникове скло.	2
7	Тема 7. Описання енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Фонони, магнони, ексітони, плазмони та ін. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів.	6
8	Тема 8. Статистика газу квазічастинок. Бозони та ферміони. Взаємодія квазічастинок. Коливання кристалічної решітки – фонони. Акустична та оптична вітки коливань. Теплоємність решітки. Дебаївська частота.	2
9	Тема 9. Фактор Дебая-Валлера в розсіюванні рентгенівських променів. Ангармонізм та теплове розширення.	2
10	Тема 10. Електронні стани в кристалах. Одноелектронна модель. Наближення слабо і сильнозв'язаних електронів. Зонна схема та типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхні Фермі.	4
11	Тема 11. Тензор ефективних мас. Електрони та дірки. Циклотронна маса. Положення Фермі-рівня в невивроджених напівпровідниках.	4
12	Тема 12. Явища в контактах. Потенціальні бар'єри. Контактна різниця потенціалів. Струми, обмежені просторовим зарядом. Бар'єр Шотткі. Квазідвовірні системи в напівпровідниках: гетероструктури, МДН-структури (метал-діелектрик-напівпровідник). Розмірне квантування електронного спектра.	6
13	Тема 13. Електронний спектр та густина станів електронів в квантуючому магнітному полі. Ефект де Гааза-ван Альфена. Спектр квазі-двовірних електронів в поперечному квантуючому магнітному полі.	6
14	Тема 14. Кінетичне рівняння. Електро- та теплопровідність. Тривалість релаксування. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання на домішках і дефектах.	2
15	Тема 15. Електронно-фононні зіткнення. Нормальні процеси, процеси перекиду. Іонна провідність кристалів.	2

	Суперіонна провідність. Магнітоопір та ефект Холла. Квантовий ефект Холла.	
16	Тема 16. Напівпровідники. Електронна структура типових напівпровідників. Германій та кремній. Домішкові рівні. Донори та акцептори, p-n-переходи.	2
17	Тема 17. Фотопровідність. Рекомбінація та релаксація нерівноважних носіїв. Гарячі носії. Ефект Гана.	4
18	Тема 18. Теплоємність. Температурна залежність теплоємності. Моделі Ейнштейна та Дебая.	2
19	Тема 19. Атомний магнетизм. Магнітні властивості слабо магнітних речовин. Класифікація та основні властивості магнетиків. Діамагнетизм системи слабо-взаємодіючих атомів і молекул. Діамагнетизм та парамагнетизм твердих тіл. Природа феромагнетизму. Домени. Антиферомагнетизм і феримагнетизм.	4
21	Тема 20. Механізми поглинання фотонів. Поглинання вільними носіями. Решітчаті поглинання. Багатофононні процеси. Комбінаційне розсіювання світла в кристалах. Поглинання зв'язаними носіями.	2
22	Тема 21. Спонтанне і вимушене випромінювання. Лазери. Різні типи ОКГ та принцип їх дії. Феромагнетизм. Молекулярне поле Вейса. Обмінна взаємодія. Феромагнітні домени. Енергія анізотропії. Доменні стінки. Антиферомагнетики. Ферити.	4
23	Тема 22. Ефективне поле. Електрострикція і п'єзоелектрика. Піроелектрики і сегнетоелектрики. Електричний гістерезис. Аномалії фізичних властивостей сегнетоелектриків в області фазових переходів.	4
24	Тема 23. Фізична природа твердих сполук. Утворення сполук. Закони Рауля і Генрі. Умови необмеженої та обмеженої розчинності. Класифікація проміжних фаз за Курнаковим та Агесвим. Електронні сполуки. Фази Лавеса. Фаза проникнення.	2
25	Тема 24. Рівновага фаз. Рушійна сила фазових переходів. Фазові рівноваги у багатокомпонентних системах. Вплив викривлення поверхні на фазову рівновагу. Формула Томсона. Правило фаз. Фазові переходи I і II роду.	6
26	Тема 25. Мартенситні перетворення. Види термічної обробки. Метастабільний стан. Розпад пересичених твердих розчинів.	2
27	Тема 26. Діаграми рівноваги. Аналіз діаграм стану з евтектичним, перитектичним, монотектичним, синтектичним та метатектичним перетвореннями, а також діаграм типу "Сигара". Діаграми стану з	4

	евтектоїдним, перитектоїдним та монотектоїдним перетвореннями.	
28	Тема 27. Кінетика фазових перетворень. Кристалізація. Гомогенне та гетерогенне утворення центрів кристалізації. Робота утворення критичного зародка. Форма та швидкість утворення центрів кристалізації.	6
29	Тема 28. Механізми та кінетика росту кристалів. Дифузійна задача росту кристалів (задача Стефана про промерзання, задачі росту кулі).	2
30	Тема 29. Дифузія в металах та сплавах. Атомна теорія дифузії. Постулати Онзагера. Дифузія проти градієнта концентрації.	2

7. Методи контролю

- Перевірка засвоєння теоретичного матеріалу:
 - тестування з кожної теми курсу;
 - доповіді на практичних заняттях;
- Перевірка якості засвоєння вмінь і навичок:
 - оцінювання якості розв'язування задач на практичних заняттях;

8. Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для екзамену

Лабораторні роботи та самостійна робота	Екзамен	Сума
Змістовий модуль №1	T1-T30	100
T1-T30		
50	50	

T1, T2 ... T30 – теми змістових модулів.

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	зараховано
80 – 89	B	добре	
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

9. ЛІТЕРАТУРА

- А.А. Чернов, Е.И. Гиваргизов, Х.С. Багдасаров и др. Современная

- кристаллография. М.: Наука, 1980.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.
 3. Жданов Г.С., Хунджуа А.Г. Лекции по физике твердого тела. М., МГУ, 1988.
 4. Харрисон У. Теория твердого тела. М., Наука, 1972.
 5. Давыдов А.С. Теория твердого тела. М., Наука, 1976.
 6. Задачи по физике твердого тела. Под ред. Г. Дж. Голдсмида. М., Наука, 1976.
 7. Савельев И.В. Курс общей физики. М., Наука, 1979.
 8. Смит Р. Полупроводники. М., Мир, 1982.
 9. Салій Я.П., Чобанюк В.М. Фізика твердого тіла. Спеціальний фізичний практикум. Івано-Франківськ, Плай, 2002.
 10. Дж. Блейкмор. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
 11. Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1979.
 12. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
 13. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Статистическая физика. М.: Наука, 1976.
 14. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Механика сплошных сред. М.: Наука, 1976.
 15. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. М.: Мир, 1979. т.1,2
 16. А. Роуз-Инс, Е. Родерик. Введение в физику сверхпроводимости. М.: Мир, 1972.
 17. Н. Мотт, З. Дзвис. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.; Мир, 1982. т.1, 2.