

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



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
проректор з навчальної роботи
С.В. Шарин

« »

2021р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вибрані питання фізики твердого тіла

Освітньо-наукова програма 104 «Фізика та астрономія»

Освітній рівень третій (освітньо-науковий)

Спеціальність 104 «Фізика та астрономія»

Галузь знань 10 «Природничі науки»

Робоча програма «**Вибрані питання фізики твердого тіла**»
для аспірантів спеціальності Фізика та астрономія.

Розробник:

Салій Я.П. – професор кафедри фізики і хімії твердого тіла

Робочу програму схвалено на засіданні фізики і хімії твердого тіла

Протокол від 22 червня 2020 року № 11

Завідувач кафедри управління

Фізики і хімії твердого тіла _____ Прокопів В.В.

(підпис)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
	Галузь знань Природничі науки Спеціальність 104 Фізика та астрономія	Нормативна	
Кількість кредитів – 6	Освітня програма Фізика та астрономія	Рік підготовки:	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: –		1-й	
Загальна кількість годин - 180		Семестр	
		1, 2-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 8	Освітній рівень: третій (освітньо-науковий) PhD	Лекції	
		40 год.	
		Практичні, семінарські	
		20 год.	
		Лабораторні	
		год.	год.
		Самостійна робота	
120 год.			
Індивідуальні завдання:			
		__ год.	
		Вид контролю: Залік, екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Зміст курсу передбачає висвітлення вибраних питань фізики твердого тіла та включає її важливі розділи, знання яких необхідні висококваліфікованим фахівцям для успішної підготовки дисертації доктора філософії. Аспірант повинен оволодіти високим рівнем теоретичної та професійної підготовки, знанням певних розділів фізики твердого тіла, а також умінням застосувати свої знання для вирішення наукових завдань, дослідницьких та прикладних задач власного наукового дослідження.

Мета курсу: ознайомлення з сучасними експериментальними та теоретичними методами фізики твердого тіла, формування системи знань та вмінь, необхідних для самостійного виконання якісних та конкурентних наукових досліджень.

Цілі: Застосування законів фізики твердого тіла до розв'язування конкретних завдань.

У результаті вивчення дисципліни аспіранти повинні:

знати: Основні типи кристалічних ґраток, прості кристалічні структури, закон Вульфа - Бреґа, 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, температурну залежність коефіцієнта теплопровідності, закони діелектричної реакції електронного газу, ефект Холла, рівняння Шредінґера, наближений розв'язок хвильового рівняння поблизу границі зони Бріллюена, походження забороненої енергетичної зони, умову хімічної рівноваги, умову рівноваги нейтронної сфери.

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, розраховувати часові кореляції флуктуацій декількох величин.

Компетентності:

- ІК Здатність розв'язувати складні комплексні спеціалізовані задачі та практичні проблеми дослідницько-інноваційної діяльності у галузі фізики, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії, проведення експериментальних і теоретичних досліджень, здійснення інновацій з метою переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та практик.
- ЗК01. Здатність до проведення самостійних досліджень для отримання нових знань і розуміння фізичного всесвіту на сучасному рівні.
- ЗК04. Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК07. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ФК03. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології до аналізу великого обсягу даних, методи комп'ютерного моделювання, спеціалізоване програмне забезпечення та електронні ресурси у науковій та навчальній діяльності.
- ФК07. Здатності до самокритики, оцінювання та інтерпретації результатів експериментів та розрахунків.

Результати навчання:

- ПРН03. Пропонувати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного, фізичного та комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.
- ПРН06. Робити огляд та пошук інформації в спеціалізованій літературі, використовуючи різноманітні ресурси: журнали, бази даних, он-лайн ресурси.
- ПРН08. Розуміти загальні принципи та методи природничих наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних фізичних дослідженнях та у викладацькій практиці.

3. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Тверді тіла. Тверді тіла при низьких температурах. Тверді тіла при високих температурах. Інтерполяційна формула Дебая. Теплове розширення твердих тіл. Сильно анізотропні кристали. Коливання кристалічної ґратки. Густина числа коливань. Фонони. Оператори народження і знищення фононів. Від'ємні температури.

Тема 2. Хімічні реакції. Умова хімічної рівноваги. Закон діючих мас. Теплота реакції. Іонізаційна рівновага. Рівновага по відношенню до утворення пар.

Тема 3. Властивості речовини при дуже великій щільності. Рівняння стану речовини при великій щільності. Рівновага тіл з великою масою. Енергія масивного тіла. Рівновага нейтронної сфери.

Тема 4. Флуктуації. Розподіл Гауса. Розподіл Гауса для декількох величин. Флуктуації основних термодинамічних величин. Флуктуації в ідеальному газі. Формула Пуассона. Флуктуації в розчинах. Просторова кореляція флуктуацій густини. Кореляція флуктуацій щільності у виродженому газі. Кореляція флуктуацій у часі. Часові кореляції флуктуацій декількох величин. Симетрія кінетичних коефіцієнтів. Дисипативна функція. Спектральне

розкладання флуктуацій. Узагальнення сприйнятливості. Флуктуаційна - дисипативна теорема для кількох величин. Флуктуації вигину довгих молекул.

Тема 5. Фазові переходи другого роду і критичні явища. Фазові переходи другого роду. Стрибок теплоємності. Вплив зовнішнього поля на фазовий перехід. Зміна симетрії при фазовому переході другого роду. Флуктуаційний параметр порядку. Ефективний гамільтоніан. Критичні індекси. Масштабна інваріантність. Ізольовані і критичні точки неперервного переходу. Фазовий перехід другого роду в двовимірній решітці. Ван-дер-ваальсова теорія критичної точки. Флуктуаційна теорія критичної точки.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усьо го	у тому числі					усьог о	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7						
Тема 1. Тверді тіла.	36	8	4			24						
Тема 2. Хімічні реакції.	30	6	4			20						
Тема 3. Властивості речовини при дуже великій щільності.	24	6	2			16						
Тема 4. Флуктуації.	48	10	6			32						
Тема 5. Фазові переходи другого роду і критичні явища.	42	10	4			28						
Усього годин	180	40	20			60						

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Теплове розширення твердих тіл.	2
2	Коливання кристалічної ґратки.	2
3	Умова хімічної рівноваги.	2
4	Рівновага по відношенню до утворення пар.	2
5	Рівняння стану речовини при великій щільності.	2
6	Розподіл Гауса для декількох величин.	2
7	Формула Пуассона.	2
8	Спектральне розкладання флуктуацій.	2
9	Стрибок теплоємності.	2
10	Масштабна інваріантність.	2
Разом		20

6. Теми лабораторних занять

Відповідно до робочої програми з дисципліни «Вибрані питання фізики твердого тіла» лабораторні заняття не заплановані

7. Самостійна робота

Самостійна робота аспірантів – невід’ємна складова частина навчально-наукового процесу, яка відіграє важливу роль у процесі формування майбутнього спеціаліста.

Мета самостійної роботи – набуття навичок щодо вирішення конкретних практичних завдань і використання отриманих знань у подальшій практичній діяльності.

Самостійна робота при вивченні курсу складається з різних її видів:

- підготовка до аудиторних занять (лекцій, семінарів, практичних занять);
- завершення розпочатих на практичних заняттях завдань, передбачених робочою програмою курсу;
- самостійне опрацювання окремих тем навчальної дисципліни згідно з навчально-тематичним планом.

Підготовка до лекційного заняття передбачає обов’язкове вивчення матеріалу попередньої лекції і ознайомлення з матеріалами наступної лекції (підручники, посібники).

Підготовка до практичних занять передбачає обов’язкове вивчення отриманого теоретичного матеріалу з метою подальшого застосування знань на практичних заняттях, у наступній практичній діяльності. При підготовці до заняття відповідної теми необхідно детально вивчити конспект лекції, підручник (навчальний посібник) та коротко законспектувати засвоєний матеріал. Практичні заняття передбачають вивчення теоретичного матеріалу та виконання завдань. Аспірант самостійно завершує у позааудиторних умовах розпочаті в аудиторіях завдання і здає у час, який встановлює викладач.

Виконувати завдання необхідно в такій послідовності:

- ознайомитись із завданням і вивчити його умову;
- визначити методи (прийоми) розв'язання кожної конкретної ситуації;
- безпосередньо почати розв'язувати завдання;
- обґрунтувати висновки і пропозиції згідно з отриманими результатами;
- виконане завдання належно оформити;
- захистити завдання (якщо це встановлено робочою програмою дисципліни) відповідно до встановленого графіка самостійної роботи.

Якщо передбачений програмою обсяг завдань аспірант не виконав і не захистив, то до іспиту його не допускають.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тверді тіла при високих температурах. Інтерполяційна формула Дебая.	12
2	Іонізаційна рівновага. Рівновага по відношенню до утворення пар.	12
3	Енергія масивного тіла. Рівновага нейтронної сфери.	12
4	Флуктуаційна - дисипативна теорема для кількох величин. Флуктуації вигину довгих молекул.	12
5	Ізольовані і критичні точки неперервного переходу.	12
Разом		60

8. Індивідуальні завдання

Відповідно до робочої програми з дисципліни «Вибрані питання фізики твердого тіла» індивідуальні завдання не заплановані.

9. Методи навчання

Словесні (навчальна лекція, пояснення, розповідь, бесіда, навчальна дискусія, диспут). Наочні (спостереження, демонстрування). Практичні (експериментальні навички). Проблемно-пошукові (розв'язання проблемних ситуацій і завдань, проблемне викладення). Методи за логікою руху змісту навчального матеріалу (індуктивні, дедуктивні).

За характером пізнавальної діяльності, при вивченні дисципліни «Вибрані питання фізики твердого тіла» використовуються: пояснювально-наочний проблемний виклад; частково-пошуковий та дослідницький методи.

10. Методи контролю

Методами контролю з дисципліни «Вибрані питання фізики твердого тіла» є поточний та підсумковий контроль.

Поточний контроль здійснюється під час проведення практичних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Формами проведення поточного контролю з дисципліни є:

- усні опитування на практичних заняттях;
- захисти підготовлених завдань (на лекційних та практичних заняттях);
- тестування тощо.

Підсумковий контроль проводиться з метою оцінки результатів навчання на освітньому рівні бакалавра. Підсумковий контроль з дисципліни «Вибрані питання фізики твердого тіла» включає семестровий контроль у формі екзамену.

Критерії оцінювання рівня знань на практичних заняттях, при виконанні самостійних та індивідуальних завдань:

5 балів – коли аспірант дає обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді на запитання, рішення завдань правильні, демонструє знання навчально-методичної літератури, наводить узагальнення і висновки, був присутній на лекціях і практичних заняттях;

4 бали – коли аспірант знає викладений матеріал на «відмінно», але ним допущені незначні помилки у формулюванні термінів, категорій, розрахунків, коли за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Присутність на лекціях і практичних заняттях обов'язкова;

3 бали – коли аспірант дає неправильну відповідь на одне запитання або на всі запитання дає малообґрунтовані, невичерпні відповіді, припускається грубих помилок у розрахунках і тільки за допомогою викладача може виправити допущені помилки;

2 бали – коли аспірант дає неправильні відповіді на 2-3 запитання, припускається грубих помилок у розрахунках і не може їх виправити, погано орієнтується в лекційному матеріалі;

1 бал – аспірант отримує за умови, якщо не зміг викласти зміст питання, погано орієнтується в матеріалі; відсутні логічна послідовність висловлювань та зміст відповіді; виконане завдання містить багато помилок, що заважають розумінню загального змісту;

0 балів – відповідь відсутня.

11. Оцінювання

Під час навчання студенти можуть отримати такі бали: Назва контролю	Мак кількість балів	Примітки
Практичні заняття	50	5 практичних занять (робота в групах в аудиторії)
Екзамен	50	Мін оцінка допуску – 25 Мак оцінка допуску – 50
Разом:	100	Відмінно!

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

12. Перелік питань, які виносяться на залік

1. Тверді тіла при низьких температурах.
2. Тверді тіла при високих температурах.
3. Інтерполяційна формула Дебая.
4. Теплове розширення твердих тіл.
5. Сильно анізотропні кристали.
6. Коливання кристалічної ґратки.
7. Густина числа коливань.
8. Фонони.
9. Оператори народження і знищення фононів.
10. Від'ємні температури.
11. Хімічні реакції.
12. Умова хімічної рівноваги.
13. Закон діючих мас.
14. Теплота реакції.
15. Іонізаційна рівновага.
16. Рівновага по відношенню до утворення пар.
17. Властивості речовини при дуже великій щільності.
18. Рівняння стану речовини при великій щільності.
19. Рівновага тіл з великою масою.
20. Енергія масивного тіла.
21. Рівновага нейтронної сфери.

Перелік питань, які виносяться на екзамен

1. Розподіл Гауса. Розподіл Гауса для декількох величин.
2. Флуктуації основних термодинамічних величин.
3. Флуктуації в ідеальному газі. Формула Пуассона.
4. Флуктуації в розчинах.
5. Просторова кореляція флуктуацій густини.
6. Кореляція флуктуацій щільності у виродженому газі.
7. Кореляція флуктуацій у часі.
8. Часові кореляції флуктуацій декількох величин.
9. Симетрія кінетичних коефіцієнтів.
10. Дисипативна функція.
11. Спектральне розкладання флуктуацій.
12. Узагальнення сприйнятливості.
13. Флуктуаційна - дисипативна теорема для кількох величин.
14. Флуктуації вигину довгих молекул.
15. Фазові переходи другого роду. Стрибок теплоємності.
16. Вплив зовнішнього поля на фазовий перехід.
17. Зміна симетрії при фазовому переході другого роду.
18. Флуктуаційний параметр порядку.
19. Масштабна інваріантність.
20. Ізольовані і критичні точки неперервного переходу.
21. Фазовий перехід другого роду в двовимірній решітці.
22. Ван-дер-ваальсова теорія критичної точки.
23. Флуктуаційна теорія критичної точки.

13. Рекомендована література

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц Теоретическая физика Том V. Статистическая физика. Ч. 1. М. 1976. 584. с.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
3. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.