

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Квантова статистика і кінетика

напряму підготовки 6.040203 – фізика

для спеціальності 8.04020301 – фізика

спеціальний курс
теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця
фізичного факультету

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Розробник: Єрмолаєв Олександр Михайлович, доктор фіз-мат. наук, професор.

Харків – 2012

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів 6	Напрямок підготовки 6.040203 фізика	денна форма навчання
Модулів – Немає	Спеціальність 8.04020301 – фізика	Роки підготовки: IV–й, V–й
Загальна кількість годин – 216		Семестри 8–й, 9–й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 в 8-му семестрі, 4 в 9-му семестрі самостійної роботи студента – 2 в 8-му семестрі, 3 в 9-му семестрі	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр, магістр	Лекції 132 год (60 год. у 8-му семестрі, 72 год. у 9-му семестрі)
		Практичні – не передбачені навчальним планом
		Самостійна робота 84 год.
		Вид контролю: залік, екзамен

Примітка.

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

для денної форми навчання – 1:2

2. Мета навчальної дисципліни

Мета: продемонструвати студентам використання методів квантової теорії поля у квантовій статистиці і кінетиці з метою розрахунків термодинамічних величин та кінетичних коефіцієнтів конденсованих систем. Викласти теорфізичний формалізм, який використовується зараз з метою розрахунків електронної рідини у провідниках.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен знати методи сучасної квантової статистики і кінетики і вміти застосовувати належним чином функції Гріна і функціональні методи, володіти методами теорії нерівноважних систем, вільно користуватись ними при розрахунках кінетичних коефіцієнтів електронів у провідниках.

3. Програма навчальної дисципліни

8-й семестр

1. Основні положення квантової механіки.

- Тема 1. Формалізм Дірака в квантовій механіці.
- Тема 2. Оператор еволюції.
- Тема 3. Представлення Шредінгера, Гейзенберга і Дірака.
- Тема 4. Оператор розсіювання.
- Тема 5. Континуальні інтеграли.

2. Вторинне квантування.

- Тема 6. Хвильова функція бозонів в представленні вторинного квантування.
- Тема 7. Оператори знищення і народження бозонів. Комутаційні співвідношення для операторів знищення і народження.
- Тема 8. Перетворення операторів вторинного квантування при зміні базису.
- Тема 9. Польові оператори.
- Тема 10. Оператори фізичних величин в представленні вторинного квантування.
- Тема 11. Когерентні стани бозонів.
- Тема 12. Вторинне квантування ферміонів.
- Тема 13. Частинки і дірки.
- Тема 14. Когерентні стани ферміонів.
- Тема 15. Алгебра Грассмана.

3. Матриця густини.

- Тема 16. Чисті стани і суміші.
- Тема 17. Статистичний оператор.
- Тема 18. Квантове рівняння Ліувілля.
- Тема 19. Ентропія.
- Тема 20. Канонічний розподіл і великий канонічний розподіл Гіббса.
- Тема 21. Рівняння Блоха.
- Тема 22. Вігнерівська функція розподілу.
- Тема 23. Матриця густини і континуальний інтеграл.

4. Метод функцій Гріна в квантовій статистиці.

- Тема 24. Хронологічний і нормальний добуток операторів. Згортка.
- Тема 25. Функції Гріна при нульовій температурі.
- Тема 26. Часова, захайна і випереджувальна функції Гріна при кінцевих температурах.
- Тема 27. Температурні функції Гріна.
- Тема 28. Спектральні представлення функцій Гріна.
- Тема 29. Співвідношення між функціями Гріна.
- Тема 30. Функції Гріна вільних частинок.
- Тема 31. Термодинамічні функції і функції Гріна.
- Тема 32. Температурний оператор розсіювання.
- Тема 33. Функції Гріна в представленні взаємодії.

- Тема 34. Ряд теорії збурень для функції Гріна.
- Тема 35. Теорема Віка.
- Тема 36. Діаграми Фейнмана (координатне представлення).
- Тема 37. Діаграмна техніка в імпульсному представленні.
- Тема 38. Симетризована діаграмна техніка.
- Тема 39. Власно-енергетична функція.
- Тема 40. Наближення Хартрі-Фока.
- Тема 41. Ефективна взаємодія.
- Тема 42. Поляризаційний оператор.
- Тема 43. Наближення випадкових фаз.
- Тема 44. Плазмони.
- Тема 45. Екранування в електронному газі.
- Тема 46. Рівняння руху для функцій Гріна.
- Тема 47. Двочастинкова функція Гріна.
- Тема 48. Вершинна функція.
- Тема 49. Зв'язок власно-енергетичної функції з вершинною функцією.
- Тема 50. Теорія фермі-рідини.

5. Метод функцій Гріна в квантовій кінетиці.

- Тема 51. Оператор густини струму в представленні вторинного квантування.
- Тема 52. Оператор спінової намагніченості електронів.
- Тема 53. Густина струму і функція Гріна.
- Тема 54. Теорія лінійної реакції. Формула Кубо.
- Тема 55. Зв'язок тензора провідності і спінової сприйнятливості з двочастинковою функцією Гріна електронів.
- Тема 56. Тензор високочастотної провідності електронного газу.
- Тема 57. Високочастотна провідність у магнітному полі.
- Тема 58. Тензор діелектричної проникливості.
- Тема 59. Зв'язок тензора діелектричної проникливості з тензором провідності. Повздовжня і поперечна провідність.
- Тема 60. Узагальнена сприйнятливість.
- Тема 61. Принцип причинності і дисперсійні співвідношення Крамерса-Кроніга.
- Тема 62. Флуктуаційно-дисипативна теорема.
- Тема 63. Мацубарівська сприйнятливість.
- Тема 64. Електронно-домішкова система в магнітному полі.

6. Метод Келдиша в квантовій кінетиці.

- Тема 65. Нерівноважні часові функції Гріна.
- Тема 66. Контур Келдиша-Швінгера.
- Тема 67. Рівняння Дайсона.
- Тема 68. Діаграмна техніка для нерівноважних систем.
- Тема 69. Власно-енергетичні функції нерівноважних систем.
- Тема 70. Рівняння Каданова-Бейма. Кінетичне рівняння. Квантова кінетика з початковими кореляціями. Метод Келдиша і змінні Грассмана.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7
8 семестр						
Тема 1	5	3				2
Тема 2	4	3				1
Тема 3	4	2				2
Тема 4	5	3				2
Тема 5	4	3				1
Тема 6	3	2				1
Тема 7	5	3				2
Тема 8	3	2				1
Тема 9	5	3				2
Тема 10	5	3				2
Тема 11	3	2				1
Тема 12	5	3				2
Тема 13	5	3				2
Тема 14	3	2				1
Тема 15	4	3				1
Тема 16	5	3				2
Тема 17	4	2				2
Тема 18	4	3				1
Тема 19	5	3				2
Тема 20	5	3				2
Тема 21	4	2				2
Тема 22	3	2				1
Тема 23	3	2				1
Залік						
9 семестр						
Тема 24	3	2				1
Тема 25	2	1				1
Тема 26	2	1				1
Тема 27	2	1				1
Тема 28	2	1				1
Тема 29	2	1				1
Тема 30	2	1				1
Тема 31	3	2				1
Тема 32	2	1				1
Тема 33	2	1				1
Тема 34	2	1				1
Тема 35	3	2				1
Тема 36	2	1				1
Тема 37	2	1				1
Тема 38	2	1				1
Тема 39	3	2				1
Тема 40	2	1				1
Тема 41	3	2				1
Тема 42	2	1				1

Тема 43	2	1				1
Тема 44	3	2				1
Тема 45	2	1				1
Тема 46	3	2				1
Тема 47	3	2				1
Тема 48	3	2				1
Тема 49	3	2				1
Тема 50	3	2				1
Тема 51	3	2				1
Тема 52	2	1				1
Тема 53	2	1				1
Тема 54	2	1				1
Тема 55	3	2				1
Тема 56	3	2				1
Тема 57	2	1				1
Тема 58	3	2				1
Тема 59	3	2				1
Тема 60	3	2				1
Тема 61	3	2				1
Тема 62	2	1				1
Тема 63	3	2				1
Тема 64	3	2				1
Тема 65	2	1				1
Тема 66	3	2				1
Тема 67	3	2				1
Тема 68	3	2				1
Тема 69	3	2				1
Тема 70	4	2				2
Екзамен						

5. Теми практичних занять

Не передбачені навчальним планом.

6. Самостійна робота

Назва теми	Кількість годин
Тема 1. Амплітуда переходу осцилятора	3
Тема 2. Заряд у магнітному полі.	3
Тема 3. Квазікласичне наближення.	2
Тема 4. Функція Гріна для одночастинкового рівняння Шредінгера.	3
Тема 5. Неідеальний бозе-газ.	2
Тема 6. Гамільтоніан взаємодіючих електронів.	3
Тема 7. Гауссові інтеграли.	3
Тема 8. Когерентні стани і континуальні інтеграли.	2
Тема 9. Матриця густини і статистичний оператор. Матриця густини складової системи.	3
Тема 10. Система в термостаті.	3
Тема 11. Одночастинкова матриця густини (вільна частинка в термостаті, осцилятор в термостаті, електрон в термостаті в магнітному полі).	2

Тема 12. Спінова матриця густини.	3
Тема 13. Матриця густини ідеального фермі-газа.	3
Тема 14. Матриця густини і когерентні стани.	2
Тема 15. Частинкові матриці густини.	3
Тема 16. Характеристична функція.	3
Тема 17. Матриця густини і вимірювання.	2
Тема 18. Температурні функції Гріна і континуальні інтеграли.	3
Тема 19. Канали частинка-дірка і частинка-частинка.	3
Тема 20. Твірний функціонал для функцій Гріна.	2
Тема 21. Теорія збурень і функціональні методи.	3
Тема 22. Електрон-електронна взаємодія і континуальні інтеграли.	2
Тема 23. Домішкове розсіяння електронів провідності.	3
Тема 24. Аппроксімація Друде-Лоренца.	3
Тема 25. Остаточна резистивність (метод Кубо та метод функцій Гріна)	2
Тема 26. Тотожність Уорда.	3
Тема 27. Функція Гріна густина-густина.	2
Тема 28. Нульовий звук.	3
Тема 29. Тензор динамічної спінової сприйнятливості електронного газу у магнітному полі.	3
Тема 30. Кінетичні коефіцієнти і кореляційні функції.	2
Тема 31. Матрична функція Гріна і континуальний інтеграл.	3
Тема 32. Модель БКШ і функціональні методи.	2

7. Методи навчання

Лекції, самостійна робота.

8. Методи контролю

Залік за результатами поточного контролю, екзамен.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Залік (8 семестр)

Підсумковий семестровий контроль (екзамен)	Сума
100	100

Екзамен (9 семестр)

Підсумковий семестровий контроль (екзамен)	Сума
100	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно
80-89	B	добре
70-79	C	
60-69	D	задовільно
50-59	E	
1-49	FX	незадовільно

10. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Авторські навчальні посібники (див № 20,21,22 у п. 11 нижче)
3. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.
4. Мультимедійні презентації лекцій.

11. Рекомендована література

1. Дирак П. Принципы квантовой механики.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, часть 1.
4. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика, часть 2.
5. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика.
6. Абрикосов А.А., Горьков Л.П., Дзялошинский И.Е. Методы квантовой теории поля в статистической физике.
7. Маттук Р. Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел.
8. Реймс С. Теория многоэлектронных систем.
9. Киржниц Д.А. Полевые методы в теории многих частиц.
10. Барьяхтар В.Г., Криворучко В.Н., Яблонский Д.А. Функции Грина в теории магнетизма.
11. Мигдал А.Б. Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер.
12. Каданов Л., Бейм Г. Квантовая статистическая механика.
13. Ульянов В.В. Методы квантовой кинетики.
14. Таулес Д. Квантовая механика систем многих частиц.
15. Хакен Х. Квантовополевая теория твердого тела.
16. Свідзинський А.В. Математичні методи теоретичної фізики.
17. Зубарев Д.Н., Морозов В.Г., Рёпке Г. Статистическая механика неравновесных процессов, т. 1, 2.
18. Ермолаев О.М. Функції Гріна в теорії твердого тіла.
19. Ж.-П. Блейзо, Ж. Рипка Квантовая теория конечных систем.
20. [Ермолаев А.М. Лекции по квантовой статистике и кинетике. Ч.1. Основные понятия квантовой механики : Учебное пособие / А.М. Ермолаев, Г.И. Рашба. – Харків: вид. Центр ХНУ, 2007. – 68 с.](#)
21. [Ермолаев А.М. Лекции по квантовой статистике и кинетике. Ч.2. Вторичное квантование : Учебное пособие / А.М. Ермолаев, Г.И. Рашба. – Харків: вид. Центр ХНУ, 2008. – 70 с.](#)

22. [Ермолаев А.М. Лекции по квантовой статистике и кинетике. Ч.3. Когерентные состояния бозонов и фермионов : Учебное пособие / А.М. Ермолаев, Г.И. Рашба. – Харків: вид. Центр ХНУ, 2008. – 57 с.](#)
23. [Ермолаев А.М. Лекции по квантовой статистике и кинетике. Ч.4. Матрица плотности: Учебное пособие / А.М. Ермолаев, Г.И. Рашба. – Харків: вид. Центр ХНУ, 2009. – 70 с.](#)
24. [Ермолаев А.М. Лекции по квантовой статистике и кинетике. Ч.5. Функции Грина в квантовой статистике : Учебное пособие / А.М. Ермолаев, Г.И. Рашба. – Харків: вид. Центр ХНУ, 2009. – 144 с.](#)
25. [Ермолаев А.М. Лекции по квантовой статистике и кинетике. Ч.6. Метод функций Грина в квантовой кинетике: Учебное пособие/ А.М. Ермолаев, Г.И. Рашба. – Харків: вид. Центр ХНУ, 2010. – 100 с.](#)
26. [Ермолаев А.М. Лекции по квантовой статистике и кинетике. Ч.7. Метод Келдыша в квантовой кинетике : Учебное пособие/ А.М. Ермолаев, Г.И. Рашба. – Харків: вид. Центр ХНУ, 2012. – 72 с.](#)