

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

“ _____ ” _____ 20__ р.

Програма навчальної дисципліни

Теорія магнетизму

(назва навчальної дисципліни)

напрямок _____ 6.040203 – «Фізика» _____
(шифр, назва напрямку)

спеціальність _____
(шифр, назва спеціалізації)

спеціалізація _____
(шифр, назва спеціалізації)

факультет _____ фізичний _____

2015 / 2016 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету (інституту, центру)

“ 18 ” вересня 2015 року, протокол № 7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Єзерська Олена Володимирівна, канд. фіз.-мат. наук, доц.

Програму схвалено на засіданні кафедри

теоретичної фізики імені академіка. М. Ліфшиця

Протокол від “ 7 ” вересня 2015 року протокол № 8

Завідувач кафедри теоретичної фізики академіка. М. Ліфшиця

(Рашба Г.І.)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

фізичного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 17 ” вересня 2015 року № 1

Голова методичної комісії _____

Макаровський М.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Теорія магнетизму**” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки першого рівню вищої освіти – бакалавр

напряму підготовки 6.040203 – фізика
спеціальності

Предметом вивчення навчальної дисципліни “Теорія магнетизму” є основи сучасної квантової теорії магнетизму як одного з прикладів теорії сильно корельованих електронних систем, точні та наближені методи побудови енергетичного спектра та термодинаміки ізотропної та анізотропної моделі Гейзенберга для різної розмірності спінової змінної та магнітної комірки.

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

Розділ 1. Одноелектронне наближення в теорії твердих тіл. Класифікація твердих тіл за зонною структурою та типом хімічних зв'язків (Теми 1-7)

Розділ 2. Термодинамічні та кінетичні властивості металів (Теми 8-20)

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Теорія магнетизму» є формування уявлень студентів про основні теоретичні методи дослідження магнітних властивостей речовини.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Теорія магнетизму» є навчити студентів

- сучасним основам квантової теорії магнетизму,
- точним та наближеним методам розрахунків енергетичних спектрів та термодинамічних характеристик магнетиків,
- користуючись навчальною та довідковою літературою, обирати адекватні методи вирішення задач фізики магнетизму.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати: принципи і методи сучасної квантової теорії магнетизму,

вміти: застосовувати методи квантової теорії магнетизму для дослідження енергетичних спектрів та термодинаміки магнетиків.

2. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань (предметна область), напрям, спеціальність, рівень вищої освіти / освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 1,5	Галузь знань (предметна область) 0402 «Фізико-математичні науки»	за вибором студента
		Рік підготовки 4-й
Індивідуальне завдання (назва)	Напрямок: 6.040203 - фізика	Семестр
Загальна кількість годин 54		8-й Лекції 30 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 1,6	Спеціальність: Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр	Практичні, семінарські немає
		Лабораторні немає
		Самостійна робота 24 год.
		Індивідуальні завдання: немає
		Вид контролю: залік

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):
для денної форми навчання – 125%

3. Виклад змісту навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи квантової теорії магнетизму. Обмінна взаємодія.

Тема 1. Класифікація магнетиків.

Тема 2. Магнетизм як квантове явище. Теорема Бора-Ван-Льовен.

Тема 3. Спін електрона. Магнітний момент електрона.

Тема 4. Термодинаміка простого парамагнетика.

Тема 5. Наближення молекулярного поля. Рівняння Вейсса.

Тема 6. Одновимірний модель Ізинга. Термодинаміка одновимірної моделі Ізинга.

Тема 7. Еквівалентність теорії молекулярного поля і моделі з нескінченним радіусом взаємодії.

Тема 8. Молекула водню. Обмінна взаємодія. Векторна модель Дірака.

Розділ 2. Спінкові моделі. Точні та наближені методи в теорії магнетизму.

Тема 9. Гамільтоніан Гейзенберга. Основний стан гейзенберговського ферромагнетика. Спінна хвиля. Спектр найнижчих станів гейзенберговського ферромагнетика.

Тема 10. Метод Бете рішення одновимірної задачі ($s = 1/2$).

Тема 11. Енергія основного стану гейзенберговського антиферромагнетика.

Тема 12. Низькотемпературна термодинаміка гейзенберговського ферромагнетика. Метод Голстейна-Примакова.

Тема 13. Релятивістські взаємодії. Магнітна анізотропія. Спінові хвилі з урахуванням релятивістських взаємодій. Намагніченість ферромагнетика при $T = 0$.

Тема 14. Анізотропний ланцюжок Гейзенберга зі спіном $\frac{1}{2}$ як точно розв'язувана квантова модель. Квантовий метод зворотної задачі розсіювання.

Тема 15. Точно розв'язувана одновимірна ХУ-модель зі спіном $1/2$. Термодинаміка ХУ-моделі. Квантовий фазовий перехід по полю в ХУ-моделі при $T = 0$.

Тема 16. Двовимірна ґратка Ізінга. Матриця переходу. Зведення задачі до одновимірної ХУ-моделі. Точне рішення для двовимірної моделі Ізінга без магнітного поля.

Тема 17. Рівняння руху спина в магнітному полі. Прецесія. Лінеаризація рівнянь руху. Напівкласична теорія спінових хвиль у ферромагнетику.

Тема 18. Напівкласична теорія спінових хвиль в антиферромагнетику. Випадок лінійного ланцюжка.

Тема 19. Модель Хаббарда.

Тема 20. Проблема Кондо.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р	
1	2	3	4	5	6	7
8 семестр						
Розділ 1. ОСНОВИ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ МАГНІТИЗМУ. ОБМІННА ВЗАЄМОДІЯ						
Тема 1	1,5	1				0,5
Тема 2	1,5	1				0,5
Тема 3	2	1				1
Тема 4	2	1				1
Тема 5	3	1				1
Тема 6	3	2				1
Тема 7	3	2				1
Тема 8	3	1				1
Розділ 2. СПІНОВІ МОДЕЛІ. ТОЧНІ ТА НАБЛИЖЕНІ МЕТОДИ В ТЕОРІЇ МАГНІТИЗМУ						
Тема 9	3	2				1
Тема 10	3	2				2
Тема 11	3	2				2
Тема 12	4	2				1
Тема 13	3	2				1
Тема 14	3	2				2
Тема 15	3	2				2
Тема 16	3	2				2
Тема 17	3	1				1
Тема 18	3	1				1
Тема 19	2,5	1				1
Тема 20	1,5	1				1
Усього годин	54	30				24
Залік						

5. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Практичні заняття учбовим планом не передбачені.

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1	2	3	4
1.	Класифікація магнетиків.	0,5	опитування
2.	Магнетизм як квантове явище. Теорема Бора-Ван-Льовен.	0,5	опитування
3.	Спін електрона. Магнітний момент електрона. Показати, що в релятивістському випадку має місце закон збереження повного кутового моменту. Вивести нерелятивістське рівняння Паулі з релятивістського рівняння Дірака.	2	опитування
4.	Термодинаміка простого парамагнетика. Дослідити температурну залежність теплоємності від температури для простого парамагнетика.	1	опитування
5.	Наближення молекулярного поля. Рівняння Вейсса. Графічне вирішення рівняння молекулярного поля Вейсса.	1	опитування
6.	Одновимірний модель Ізинга. Термодинаміка одновимірної моделі Ізинга. Дослідити температурну залежність теплоємності від температури в нульовому магнітному полі. Порівняти з результатом для простого парамагнетика.	1	опитування
7.	Еквівалентність теорії молекулярного поля і моделі з нескінченним радіусом взаємодії.	1	опитування
8.	Молекула водню. Рішення методом теорії збурень. Обмінна взаємодія. Перехід від мікроскопічного гамільтоніану до еквівалентного спінового гамільтоніану. Векторна модель Дірака.	0,5	опитування
9.	Гамільтоніан Гейзенберга. Спектр найнижчих станів гейзенберговського ферромагнетика. Для ланцюжка зі спіном ($s = 1/2$) у разі одновісної анізотропії знайти спектр стаціонарних станів з одним оберненим спіном для циклічних граничних умов та для «відкритого» ланцюжка.	1,5	опитування
10.	Метод Бете рішення одновісної задачі ($s = 1/2$). Методом Бете знайти спектр стаціонарних станів з двома оберненими спінами для нескінченного ланцюжка.	2	опитування
11.	Енергія основного стану гейзенберговського антиферромагнетика. Перехід до термодинамічної границі.	1	опитування
12.	Низькотемпературна термодинаміка гейзенберговського ферромагнетика. Методом Голстейна-Примакова наближено діагоналізувати гамільтоніан Гейзенберга в разі ланцюжка з довільним спіном та одновісною анізотропією. Проаналізувати поведінку теплоємності в сильному магнітному полі при низьких та при високих температурах.	2	опитування

1	2	3	4
13.	Релятивістські взаємодії. Магнітна анізотропія. Спінові хвилі з урахуванням релятивістських взаємодій. Намагніченість феромагнетика при $T = 0$.	1	опитування
14.	Анізотропний ланцюжок Гейзенберга зі спіном $\frac{1}{2}$ як точно розв'язувана квантова модель. Квантовий метод зворотної задачі розсіювання.	2	опитування
15.	Діагоналізація гамільтоніану ХУ-моделі за допомогою u-v-перетворення Боголюбова. Дослідити залежність теплоємності від температури в різних магнітних полях.	2	опитування
16.	Двовимірні гратки Ізінга. Матриця переходу. Зведення задачі до одновимірної ХУ-моделі. Точне рішення для двовимірної моделі Ізінга без магнітного поля.	2	опитування
17.	Рівняння руху спина в магнітному полі. Прецесія. Лінеаризація рівнянь руху. Напівкласична теорія спінових хвиль у феромагнетикі.	1	опитування
18.	Напівкласична теорія спінових хвиль в антиферомагнетикі. Випадок лінійного ланцюжка.	1	опитування
19.	Модель Хаббарда. Проаналізувати види симетрії в моделі Хаббарда.	1	опитування
20.	Проблема Кондо. Точне рішення в рамках $s-d$ -моделі.	1	опитування
	Разом	24	

7. Індивідуальні завдання

8. Методи навчання

Лекції, самостійна робота.

9. Методи контролю

Залік.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для заліку

Поточний контроль та самостійна робота		Сума
Розділ 1	Розділ 2	
T1-T7	T8-T20	100
50	50	

T1, T2 ... T9 – теми розділів.

Для зарахування заліку студент повинен здати 2 розділи, набрати не менше 25 балів за 1, 2 розділи і набрати у підсумку не менше 50 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

11. Рекомендоване методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.
3. Мультимедійні презентації деяких лекцій.

Базова література

1. Маттис Д. Теория магнетизма.
2. Ахиезер А.И., Барьяхтар В.Г., Пелетминский С.В. Спиновые волны.
3. Уайт Р.М. Квантовая теория магнетизма
4. Сمارт Дж. Эффективное поле в теории магнетизма.
5. Изюмов Ю.А., Скрыбин Ю.Н. Статистическая механика магнитоупорядоченных систем.
6. Стенли Г. Фазовые переходы и критические явления.
7. Р.Бэкстер. Точно решаемые модели в статистической механике.

Допоміжна література

1. Каганов М.И., Цукерник В.М. Природа магнетизма.
2. Боголюбов Н.М., Изергин А.Г., Корепин В.Е. Корреляционные функции интегрируемых систем и квантовый метод обратной задачи.
3. Годен М. Волновая функция Бете.
4. Mikeska H.G., Kolezhuk A.K. One-dimensional magnetism. – Lect. Notes. Phys. – -645, P. 1-83. - Springer-Verlag : Berlin-Heidelberg. - 2004
5. Sklyanin E.K. Quantum Inverse Scattering Method. Selected Topics. – arXiv: hep/9211111 24 Nov. 1992

Інформаційні ресурси

Сайт кафедри теоретичної фізики:

http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/presentations/1D%20Ising_2012.pdf

http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/presentations/Introduction_Magn.pdf