

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		<i>денна форма навчання</i>
Кількість кредитів — 3.5	Галузь знань 0402 «Фізико-математичні науки»	Вільного вибору
Модулів — 2		<i>Рік підготовки:</i> 5-й
Змістових модулів — 2		<i>Семестр</i> 9-й
Загальна кількість годин — 105	Спеціальність 8.04020301 «Фізика» спеціалізація «Теоретична фізика»	<i>Лекції</i> 16 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних — 2 самостійної роботи студента — 4.5		<i>Практичні, семінарські</i> —
		<i>Лабораторні</i> 16 год
		<i>Самостійна робота</i> 73 год
		<i>Вид контролю: іспит</i>
	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання — 4:9

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: ознайомлення студентів із фізичними явищами, що відбуваються в квантових рідинах і газах і з методами їх дослідження на математичному рівні.

Завдання: проаналізувати процеси в бозе-системах та ознайомитися з методикою вивчення ідеальних бозонів і сильнорозріджених систем лазерно-охолоджених атомів лужних металів. Відповідні питання є особливо актуальним у зв'язку з останніми експериментальними успіхами у цій області.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати** основні фізичні властивості бозе-систем, теоретичні методи дослідження квантових бозе-систем.

вміти: отримати основні співвідношення для ідеального бозе-газу, сформулювати використовувати методи квантової теорії поля для вивчення систем бозонів зі взаємодією.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Ідеальний бозе-газ

- Тема 1. **Вступ.** Історія досліджень квантових рідин і газів. Загальний огляд теоретичних моделей. Сучасний стан проблеми. Нові квантові рідини і гази, бозе-конденсація.
- Тема 2. **Ідеальні квантові гази.** Виведення розподілів Бозе–Айнштейна і Фермі–Дірака.
- Тема 3. **Ідеальний бозе-газ у зовнішньому полі.** Вплив зовнішнього потенціалу («пастки») на термодинамічні функції ідеального бозе-газу. Квазікласичне трактування зовнішнього потенціалу. Залежність від форми пастки і просторової вимірності.
- Тема 4. **Системи зі скінченною кількістю частинок.** Квазікласичне наближення. Скінченна кількість бозонів у просторі з $D > 2$. Одно- і двовимірні системи осциляторів.

Змістовий модуль 2. Взаємодіючий бозе-газ

- Тема 5. **Рівняння Гросса–Пітаєвського.** Виведення рівняння. Аналіз однорідної тривимірної системи.
- Тема 6. **Метод наближеного вторинного квантування Боголюбова.** Загальне виведення. Однорідна система. Випадок осциляторної пастки.
- Тема 7. **Бозе-системи зі сильною взаємодією.** Колективні змінні. Хвильова функція основного стану. Міжатомні потенціали. Розрахунок термодинамічних функцій. Енергетичний спектр.
- Тема 8. **Фізичні основи сучасних експериментальних методів охолодження й утримання атомів.** Допплерівське охолодження, сізифівське охолодження, випаровувальне охолодження. Оптична меляса. Магнітні й магнітооптичні пастки.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7
МОДУЛЬ 1						
Змістовий модуль 1. Ідеальний бозе-газ						
Тема 1. Вступ	10	2		2		6
Тема 2. Ідеальні квантові гази	10	2		2		6
Тема 3. Ідеальний бозе-газ у зовнішньому полі	12	2		2		8
Тема 4. Системи зі скінченною кількістю частинок	14	2		2		10
<i>Разом – зм. модуль 1</i>	46	8		8		30
МОДУЛЬ 2						
Змістовий модуль 2. Взаємодіючий бозе-газ						
Тема 5. Рівняння Гросса–Пітаєвського	12	2		2		8
Тема 6. Метод наближеного вторинного квантування Боголюбова	12	2		2		8
Тема 7. Бозе-системи зі сильною взаємодією	16	2		2		12
Тема 8. Фізичні основи сучасних експериментальних методів охолодження й утримання атомів	19	2		2		15
<i>Разом – зм. модуль 2</i>	59	8		8		43
Усього годин	105	16		16		73

5. Темі семінарських занять

Семінарські заняття в курсі не передбачені.

6. Темі практичних занять

Практичні заняття в курсі не передбачені.

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розгляд праці Бозе про виведення розподілу Планка.	2
2	Густина станів, енергія, температура фазового переходу у випадку ідеального D -вимірною Бозе-газу. Поведінка похідної $\left(\frac{\partial C_v}{\partial T}\right)_{V,T_c}$ для ідеального D -вимірною Бозе-газу залежно від вимірності простору.	2
3	Ідеальний бозе-газ зі степеневим законом дисперсії у пастках $U = U(\mathbf{r})$. Густина станів ідеального двовимірною газу у квадратичному потенціалі. Ідеальний бозе-газ зі степеневим законом дисперсії у пастках різної форми	2
4	Системи зі скінченною кількістю частинок у просторах вимірністю $D > 2$ та $D = 1$. Задача про розбиття цілих чисел і мікроканонічний підхід до системи осциляторів	2
5	Рівняння Гросса–Пітаєвського: енергія основного стану системи твердих сфер в однорідному випадку; енергетичний спектр слабконеідеального бозе-газу з використанням зображення хвильової функції конденсату з малими поправками до нульового наближення.	2
6	Розрахунок спектру елементарних збуджень слабконеідеального бозе-газу з використанням підходу Боголюбова. Метод наближеного вторинного квантування для систем у гармонічній «пастці»	2
7	Коллективні змінні. Гамільтоніан взаємодіючої бозе-системи. Хвильова функція основного стану. Двочасові температурні функції Гріна. Розрахунок термодинамічних функцій	2
8	Фізичні основи лазерного охолодження, сізифівського охолодження, випарувального охолодження. Фізичні принципи утримання атомів у магнітних і магнітооптичних пастках	2
	Разом	16