

Київський національний університет
імені Тараса Шевченка

Затверджено
Вченою радою фізичного факультету
«___»_____200__р.

Протокол №____
Голова вченої ради, декан

Проф. Макарець М.В.

Фізичний факультет
Кафедра молекулярної фізики

Доктор фізико-математичних наук,
Професор Сисоєв Володимир Михайлович

Викладачі, що ведуть лабораторні заняття:

ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

для студентів 4-го курсу фізичного факультету
групи спеціалізації „Медична фізика” та „Молекулярна фізика”
спеціальності 6.070100

Затверджено
кафедрою молекулярної фізики
«___»_____200__р.

Протокол №____
Завідувач кафедри

Проф. Булавін Л.А.

Вступ

Дисципліна «Фазові переходи» для студентів фізичного факультету є вибірковою дисципліною за вибором вищого навчального закладу для спеціалізацій «молекулярна фізика» та «медична фізика», що читається у 7 семестрі в обсязі 3 кредитів (108 годин), в тому числі лекцій 54 години і 54 годин самостійної роботи. Закінчується іспитом у 7 семестрі.

Метою і завданням навчальної дисципліни «Фазові переходи» є оволодіння сучасними методами фізики фазових переходів, теоретичними положеннями та основними застосуваннями цих методів при постановці та інтерпретації експериментів.

Предмет навчальної дисципліни «Фазові переходи» включає основи сучасної теорії фазових переходів, застосування цієї теорії для опису поведінки систем при дії різних зовнішніх факторів: температури, зовнішнього поля та ін.

Вимоги до знань та вмінь.

Студент повинен знати:

1. Основні відомості про фазові переходи
2. Статистичну теорію фазових переходів.
3. Застосування статистичної теорії для інтерпретації експериментів по розсіянню світла та нейтронів.
4. Теорію переходів рідина-пара, парамагнетик-ферромагнетик.
5. Застосування принципів фізики фазових переходів при вивченні медико-біологічних систем.

Студент повинен вміти:

1. Логічно і послідовно формулювати основні принципи і закони фізики фазових переходів.
2. Користуватися програмами розрахунку критичних індексів.
3. Інтерпретувати експерименти по розсіянню світла та нейтронів. Визначати з цих експериментів критичні параметри та індекси.

Місце в структурно-логічній схемі спеціальності.

Нормативно-навчальна дисципліна «Фізика фазових переходів» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр та магістр за спеціалізаціями молекулярна фізика та медична фізика. Вона спирається на знання, отримані студентом, в рамках базових курсів з молекулярної фізики, статистичної фізики та термодинаміки, оптики, атомної та ядерної фізики. У свою чергу, цей предмет є підґрунтям для вивчення таких дисциплін як „Сучасні проблеми фізики”, „Основи молекулярної біофізики”, „Фізика функціональних систем організму людини”, „Додаткові розділи медичної фізики”, „Додаткові розділи молекулярної фізики” а також є основою для виконання магістерських та бакалаврських робіт за тематикою кафедри молекулярної фізики.

Система контролю знань та умови складання іспиту.

Навчальна дисципліна «Фізика фазових переходів» оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Вона складається з 2 модулів. Результати навчальної діяльності студентів оцінюється за 100-бальною шкалою.

Форми поточного контролю: оцінювання результатів виконання домашніх самостійних завдань. Максимальна кількість балів, яку студент може отримати за виконання домашніх завдань в одному модулі дорівнює **5 балам**. Наприкінці кожного змістовного модулю проводиться контроль знань у вигляді **модульної письмової контрольної роботи**. Максимальна кількість балів, яку студент може отримати за модульну контрольну роботу, дорівнює **15 балам**.

Підсумковий модульний контроль знань студента проводиться у формі іспиту, під час якого може бути отримана максимальна кількість балів – **60 балів**.

Підсумкова семестрова рейтингова оцінка складається з семестрової модульної та екзаменаційної оцінок і дорівнює **100 балам**.

Підсумкова оцінка з дисципліни у балах 100-бальної шкали переводиться у **п'ятибальну** (національну шкалу):

За 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	Відмінно
75 – 89	Добре
60 – 74	Задовільно
35 – 59	Незадовільно
1 – 34	

При цьому, кількість балів відповідає оцінці:

1 – 34 – „незадовільно” з обов’язковим повторним вивченням дисципліни;

35 – 59 – „незадовільно” з можливістю повторного складання;

60 – 74 – „задовільно”;

75 – 89 – „добре”;

90 – 100 – „відмінно”.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	семінари/ лаборант., практичні	самост. робота	інші форми контр.
Змістовий модуль 1					
1	Предмет і метод курсу. Огляд фазових переходів в різних системах. Поняття параметра порядку.	2		2	
2	Експериментальні дані про основні властивості однокомпонентних систем, які знаходяться в рівноважних станах.	2		2	
3	Двофазна рівновага. Метастабільні стани. Флуктуації поблизу точок фазових переходів.	2		2	
4	Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Потрійна точка. Правило фаз Гіббса. Класифікація фазових переходів.	2		2	
5	Сингулярності похідних термодинамічних функцій поблизу критичних точок.	2		2	
6	Сингулярності похідних термодинамічних функцій поблизу критичних точок.	2		2	
7	Критичні індекси.	2		2	
8	Моделі фазових переходів. Модель Ізінга.	2		2	
9	Теорія середнього поля. Критичні індекси в теорії середнього поля.	2		2	
10	Теорія Ван-дер-Ваальса критичних явищ.	2		2	
11	Теорія фазових переходів Ландау.	2		2	
12	Критерій Гінзбурга.	2		2	

13	Теорія Орнштейна-Церніке.	2		2	
14	Критичні індекси теорії вільного поля флуктуацій.	2		2	
МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА					
Оцінка за модульну контрольну роботу					
Оцінка за виконання домашніх завдань					
Змістовий модуль 2					
15	Кореляційна функція. Радіус кореляції.	2		2	
16	Метод інтегральних рівнянь теорії рідкого стану та його застосування для опису фазових переходів.	2		2	
17	Масштабна теорія критичних явищ.	2		2	
18	Масштабна теорія критичних явищ.	2		2	
19	Співвідношення між критичними індексами.	2		2	
20	Кореляційні функції в теорії масштабних перетворень. Методи ренорм-групи та ϵ -розкладів.	2		2	
21	Фрактальний характер флуктуацій.	2		2	
22	Масштабне рівняння стану та його експериментальна перевірка. Гравітаційний ефект.	2		2	
23	Експериментальні методи дослідження фазових перетворень.	2		2	
24	Експериментальні методи дослідження фазових перетворень.	2		2	
25	Фазові перетворення в багатокomпонентних системах.	2		2	
26	Теорія Брегга-Вільямса.	2		2	
27	Фазові перетворення в біополімерах.	2		2	
МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА					
Оцінка за модульну контрольну роботу					
Оцінка за виконання домашніх завдань					
ІСПИТ					
Оцінка за іспит					
ВСЬОГО		54		54	

Загальний обсяг 108 год., в тому числі:
лекції – 54 год.
самостійна робота – 54 год.

ТЕМАТИЧНО – ЗМІСТОВНА ЧАСТИНА КУРСУ

Змістовний модуль 1

Лекція 1. Предмет і метод курсу. Огляд фазових переходів в різних системах.

Поняття параметра порядку.

Фазові переходи рідина-пара, феромагнетик- парамагнетик, порядок-безпорядок.

Розмірність параметра порядку.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1,9].

Лекція 2. Експериментальні дані про основні властивості однокомпонентних систем, які знаходяться в рівноважних станах.

Діаграма стану однокомпонентної речовини. Крива фазової рівноваги.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1, 8].

Лекція 3. Двофазна рівновага. Метастабільні стани. Флуктуації поблизу точок фазових переходів.

Можливість існування метастабільних станів. Флуктуаційна нестабільність в лабільній області.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1,3].

Лекція 4. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Потрійна точка. Правило фаз Гіббса. Класифікація фазових переходів.

Неперервні фазові переходи та фазові переходи першого роду

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1,8].

Лекція 5. Сингулярності похідних термодинамічних функцій поблизу критичних точок.

Густині та польові термодинамічні змінні в однокомпонентних системах, поведінка їх похідних

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1,5].

Лекція 6. Сингулярності похідних термодинамічних функцій поблизу критичних точок.

Густині та польові термодинамічні змінні в багатоконпонентних системах, поведінка їх похідних

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1, 4].

Лекція 7. Критичні індекси.

Визначення критичних індексів термодинамічних величин.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [5, 6,9].

Лекція 8. Моделі фазових переходів. Модель Ізінга.

Введення моделі Ізінга. Критичні індекси моделі Ізінга

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1, 2, 6].

Лекція 9. Теорія середнього поля. Критичні індекси в теорії середнього поля.

Обчислення критичних індексів в теорії середнього поля

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1, 2].

Лекція 10. Теорія Ван-дер-Ваальса критичних явищ.

Обчислення критичних індексів в теорії Ван-дер-Ваальса

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [9].

Лекція 11. Теорія фазових переходів Ландау.

Обчислення критичних індексів в теорії фазових переходів Ландау.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [5, 9].

Лекція 12. Критерій Гінзбурга.

Застосування критерію Гінзбурга для опису критичних явищ.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [4, 5, 6].

Лекція 13. Теорія Орнштейна-Церніке.

Розв'язок інтегрального рівняння Орнштейна-Церніке.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1, 5].

Лекція 14. Критичні індекси теорії вільного поля флуктуацій.

Обчислення критичних індексів в теорії Орнштейна-Церніке

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1, 5].

Матеріал, що винесений на самостійне вивчення

1. Параметри порядку фазових переходів в різних системах.
2. Обчислення теплоємності в теорії Ван-дер-Ваальса
3. Обчислення критичних індексів та критичних параметрів рідин за допомогою рівняння Дітерічі
4. Обчислення критичного індексу ізохорної теплоємності в теорії Орнштейна-Церніке.
5. Обчислення критичного індексу ізохорної теплоємності в теорії Ландау.
6. Флуктуації термодинамічних величин в різних ансамблях.
7. Обчислення критичних індексів та параметрів за допомогою рівняння Бертло.

Контрольні запитання та завдання

1. Розмірність параметру порядку.
2. Види діаграм стану.
3. Потрійна точка.
4. Правило фаз Гіббса в багатокомпонентних системах.
5. Сильні та слабкі сингулярності термодинамічних величин .
6. Критичні індекси двовимірної моделі Ізінга.
7. Модель Гайзенберга і розмірність її параметра порядку.
8. Назвати причини кооперативності переходу клубок- глобула.
9. Розрахувати флуктуації термодинамічних величин в різних ансамблях.
10. Описати експеримент, який дозволив би визначити критичні індекси.
11. Розрахувати критичний індекс теплоємності в теорії середнього поля.
12. Обчислити асимптотичну поведінку парної кореляційної функції.
13. Обчислити форму спінодалі в теорії Ван-дер-Ваальса.
14. Обчислити форму бінодалі в теорії Ван-дер-Ваальса.

Змістовний модуль 2

Лекція 15. Кореляційна функція. Радіус кореляції.

Визначення критичних індексів кореляційної функції.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [4, 5, 6].

Лекція 16. Метод інтегральних рівнянь теорії рідкого стану та його застосування для опису фазових переходів.

Обчислення критичних індексів в теорії Перкуса-Йєвіка та гіперланцюговій теорії.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [2].

Лекція 17. Масштабна теорія критичних явищ.

Основи скейлінгу.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.

2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
Література [2, 4, 5, 7].

Лекція 18. Масштабна теорія критичних явищ.

Статистичне обґрунтування скейлінгу.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [5, 9].

Лекція 19. Співвідношення між критичними індексами.

Виведення фундаментальних співвідношень між критичними індексами термодинамічних величин.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [9].

Лекція 20. Кореляційні функції в теорії масштабних перетворень. Методи ренорм-групи та ϵ -розкладів.

Виведення фундаментальних співвідношень між критичними індексами кореляційних функцій. Ознайомлення з методом ренормалізаційної групи.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [2].

Лекція 21. Фрактальний характер флуктуацій.

Поняття про фрактальні об'єкти та їх розмірність. Розмірність критичних флуктуацій.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [5].

Лекція 22. Масштабне рівняння стану та його експериментальна перевірка. Гравітаційний ефект.

Вивчення закону відповідних станів поблизу критичної точки в присутності гравітаційного поля.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [7, 8].

Лекція 23. Експериментальні методи дослідження фазових перетворень.

Методи розсіяння світла в дослідженні критичних явищ.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [7].

Лекція 24. Експериментальні методи дослідження фазових перетворень.

Методи розсіяння нейтронів в дослідженні критичних явищ.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [7].

Лекція 25. Фазові перетворення в багатокомпонентних системах.

Вивчення особливостей фазових перетворень в бінарних системах. Закони Рауля, Вант-Гоффа. Методи ебуліоскопії та криоскопії.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [4].

Лекція 26. Теорія Брегга-Вільямса.

Вивчення статистичної теорії переходу порядок-безпорядок в бінарних сплавах.

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1].

Лекція 27. Фазові перетворення в біополімерах.

Кооперативні переходи спіраль-клубок, клубоу-глобула в полімерних молекулах

Завдання для самостійної роботи (2 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [2].

Матеріал, що винесений на самостійне вивчення

1. Кореляційні функції флуктуацій ентропії.
2. Модель Брегга-Вільямса.
3. Сингулярності кінетичних коефіцієнтів поблизу критичної точки.
4. Фрактальні властивості флуктуацій поблизу спінодалі.
5. Фазовий перехід золь-гель.
6. Параметричне рівняння стану.
7. Фазові діаграми бінарних сумішей.
8. Кооперативний перехід клубок-глобула в полімерах.

Контрольні запитання та завдання

1. Довести флуктуаційну теорему.
2. За допомогою флуктуаційної теореми отримати співвідношення Фішера.

3. Як описувати експеримент поблизу критичної точки за допомогою закону відповідних станів?
4. Чим визначається клас універсальності критичного явища?
5. Як вплине багатократне розсіяння світла на визначення критичних індексів?
6. Порівняти критичні індекси теорії Перкуса-Йєвіка та гіперланцюгової теорії.
7. Розрахувати інтенсивність розсіяння світла рідиною поблизу критичної точки.
8. Розрахувати розмірність деяких фрактальних об'єктів.
9. Перевірити співвідношення між критичними індексами, виходячи з ϵ -розкладів.
10. Обґрунтувати недоліки середнього поля та теорії Орнштейна-Церніке

Питання на іспит і структура білету

Білет складається з 2 теоретичних і одного практичного завдання (задачі). За кожне з теоретичних питань максимальна кількість балів, яку може отримати студент, дорівнює 15 балам. За практичне завдання – 20 балів. Додаткові питання – 10 балів.

Теоретичні питання до іспиту збігаються з назвою лекцій. Практичні – з контрольними питаннями і завданнями до I-го і II-го модулів.

Рекомендована література

1. Р. Браут. Фазовые переходы. М.: Мир, 1967.
2. Ш. Ма. Современная теория критических явлений. М.: Мир, 1980.
3. В.Г. Бойко и др. УФН том 161, №2, 1991, стр. 77-111.
4. М.А. Анисимов. Критические явления в жидкостях и жидких кристаллах. М.: Наука, 1987.
5. А.З. Паташинский, В.Л. Покровский. Флуктуационная теория фазовых переходов. М.: Наука, 1982.
6. І.Р. Юхновський. Фазові перетворення другого роду. Київ: Наукова думка, 1985.
7. Л.А. Булавин. Критичні властивості рідин. Київ, 2002.
8. Ю.І. Шиманський. Термодинамічна теорія критичних явищ рідина-пара. Київ, вид-во КУ, 1998.
9. Г. Стенли. Фазовые переходы и критические явления. М.: Мир, 1980.