

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

Статистична фізика і термодинаміка

напряму підготовки 6.040203 фізика

загальний курс

фізичного факультету

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

**Розробники: Єрмолаєв Олександр Михайлович, доктор фіз.-мат. наук, професор,
Рашба Георгій Ілліч, кандидат фіз.-мат. наук, доцент.**

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 – 2 в 7-му семестрі, 3 в 8-му семестрі		Роки підготовки: IV–й
Загальна кількість годин – 216		Семестри 7–й, 8–й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 в 7-му семестрі, 5 в 8-му семестрі самостійної роботи студента – 4 в 7-му семестрі, 5 в 8-му семестрі		Лекції 81 год (36 год. у 6-му семестрі, 45 год. у 7-му семестрі)
		Практичні 66 год. (36 год. у 7-му семестрі, 30 год. у 8-му семестрі)
	Самостійна робота – 69 год.	
	Вид контролю: модульні роботи, залік, екзамен.	

Примітка.

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

для денної форми навчання – 1:2

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: сформувати статистичні уявлення студентів про властивості макросистем, викласти основні положення статистичної механіки та принципи її застосування до опису макросистем.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати методи статистичної фізики рівноважних макросистем і

вміти застосовувати належним чином статистичні розподіли, володіти методами феноменологічної термодинаміки, вільно користуватись ними при розрахунках характеристик макросистем.

3. Програма навчальної дисципліни

7-й семестр

Модуль 1. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ СТАТИСТИКИ. ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЕЛИЧИНИ.

- Тема 1. Мікроскопічний і макроскопічний стани системи.
- Тема 2. Число станів і густина станів.
- Тема 3. Функція розподілу.
- Тема 4. Середні значення фізичних величин.
- Тема 5. Матриця густини.
- Тема 6. Статистична незалежність.
- Тема 7. Теорема Ліувілля.
- Тема 8. Мікроканонічний розподіл.
- Тема 9. Ентропія.
- Тема 10. Ентропія ідеального газу.
- Тема 11. Закон зростання ентропії.
- Тема 12. Температура і тиск.
- Тема 13. Робота і кількість тепла.
- Тема 14. Термодинамічні потенціали.
- Тема 15. Перетворення похідних від термодинамічних величин.
- Тема 16. Максимальна робота. Цикл Карно.
- Тема 17. Максимальна робота в середовищі. Нерівність Клаузіуса.
- Тема 18. Умови рівноваги.
- Тема 19. Термодинамічні нерівності.
- Тема 20. Теорема Нернста.
- Тема 21. Залежність термодинамічних величин від числа частинок.
- Тема 22. Хімічний потенціал.
- Тема 23. Великий потенціал.
- Тема 24. Рівновага тіла в зовнішньому полі.
- Тема 25. Термодинаміка діелектриків і магнетиків.

Модуль 2. РОЗПОДІЛ ГІББСА. ІДЕАЛЬНІ МАКРОСКОПІЧНІ СИСТЕМИ. . ІДЕАЛЬНІ ФЕРМІ- І БОЗЕ-ГАЗИ.

- Тема 26. Канонічний розподіл.
- Тема 27. Канонічний розподіл Гіббса і термодинаміка.
- Тема 28. Великий канонічний розподіл.
- Тема 29. Великий канонічний розподіл і термодинаміка.
- Тема 30. Ізобарично-ізотермічний ансамбль.
- Тема 31. Розподіл Максвелла – Больцмана.
- Тема 32. Термодинамічні функції ідеального газу.
- Тема 33. Двохатомний газ.
- Тема 34. Магнетизм газів.
- Тема 35. Дворівнева система.
- Тема 36. Розподіл Фермі – Дірака.
- Тема 37. Вироджений електронний газ.
- Тема 38. Елементарні збудження в ідеальному електронному газі.
- Тема 39. Теплоємність виродженого електронного газу.
- Тема 40. Рівняння стану ідеального електронного газу.
- Тема 41. Електронний газ у магнітному полі.

- Тема 42. Розподіл Бозе – Ейнштейна.
- Тема 43. Бозе-ейнштейнівська конденсація.
- Тема 44. Термодинамічні функції виродженого бозе-газу.
- Тема 45. Чорне випромінювання.
- Тема 46. Модель Дебая.

Модуль 3. НЕІДЕАЛЬНИЙ ГАЗ. ФЛУКТУАЦІЇ.

- Тема 47. Часткові функції розподілу.
- Тема 48. Зв'язок термодинамічних величин з одночастковою і двочастковою функціями розподілу.
- Тема 49. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
- Тема 50. Флуктуації енергії і числа частинок.
- Тема 51. Розподіл Гаусса.
- Тема 52. Флуктуації в неізольованих системах.
- Тема 53. Флуктуації основних термодинамічних величин.
- Тема 54. Розподіл Пуассона.
- Тема 55. Кореляційні функції.
- Тема 56. Броунівський рух.
- Тема 57. Просторова кореляція флуктуацій густини.
- Тема 58. Узагальнена сприйнятливність.
- Тема 59. Формула Кубо.

Модуль 4. ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ.

- Тема 60. Умови рівноваги фаз.
- Тема 61. Рівняння Клапейрона – Клаузіуса.
- Тема 62. Переходи газ–рідина.
- Тема 63. Критична точка.
- Тема 64. Властивості речовини поблизу критичної точки.
- Тема 65. Флуктуації густини поблизу критичної точки.
- Тема 66. Критичні індекси.
- Тема 67. Фазові переходи другого роду.
- Тема 68. Поле Вейсса.
- Тема 69. Критичні індекси в теорії молекулярного поля.
- Тема 70. Теорія Ландау.
- Тема 71. Вплив зовнішнього поля на фазовий перехід.
- Тема 72. Флуктуації параметра порядку.
- Тема 73. Модель Ізінга.

Модуль 5. РОЗЧИНИ. ПОВЕРХНІ.

- Тема 74. Ентропія змішування.
- Тема 75. Слабкі розчини. Осмотичний тиск.
- Тема 76. Правило фаз.
- Тема 77. Рівновага відносно розчиненої речовини.
- Тема 78. Розчин у полі тяжіння.
- Тема 79. Термодинамічні нерівності в розчинах.
- Тема 80. Поверхневий натяг. Формула Лапласа. Крайовий кут.
- Тема 81. Утворення зародків при фазових переходах.

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
7 семестр						
Модуль 1						
Тема 1.	3	1	1			1
Тема 2.	3	1	1			1
Тема 3.	3	1	1			1
Тема 4.	3	1	1			1
Тема 5.	3	1	1			1
Тема 6.	3	1	1			1
Тема 7.	3	1	1			1
Тема 8.	3	1	1			1
Тема 9.	3	1	1			1
Тема 10.	3	1	1			1
Тема 11.	3	1	1			1
Тема 12.	3	1	1			1
Тема 13.	3	1	1			1
Тема 14.	3	1	1			1
Тема 15.	3	1	1			1
Тема 16.	3	1	1			1
Тема 17.	3	1	1			1
Тема 18.	3	1	1			1
Тема 19.	3	1	1			1
Тема 20.	3	1	1			1
Тема 21.	3	1	1			1
Тема 22.	3	1	1			1
Тема 23.	3	1	1			1
Тема 24.	3	1	1			1
Тема 25.	3	1	1			1
Разом за модулем 1	75	25	25			25
Модуль 2						
Тема 26.	3	1	1			1
Тема 27.	3	1	1			1
Тема 28.	3	1	1			1
Тема 29.	3	1	1			1
Тема 30.	3	1	1			1
Тема 31.	3	1	1			1
Тема 32.	3	1	1			1
Тема 33.	3	1	1			1
Тема 34.	3	1	1			1
Тема 35.	3	1	1			1
Тема 36.	3	1	1			1
Тема 37.	3	1	1			1

Тема 38.	3	1	1			1
Тема 39.	3	1	1			1
Тема 40.	3	1	1			1
Тема 41.	3	1	1			1
Тема 42.	3	1	1			1
Тема 43.	3	1	1			1
Тема 44.	3	1	1			1
Тема 45.	3	1	1			1
Тема 46.	3	1	1			1
Разом за модулем 2	63	21	21			21
Залік						
8 семестр						
Модуль 3						
Тема 47.	3	1	1			1
Тема 48.	3	1	1			1
Тема 49.	3	1	1			1
Тема 50.	3	1	1			1
Тема 51.	3	1	1			1
Тема 52.	3	1	1			1
Тема 53.	3	1	1			1
Тема 54.	3	1	1			1
Тема 55.	3	1	1			1
Тема 56.	3	1	1			1
Тема 57.	3	1	1			1
Тема 58.	3	1	1			1
Тема 59.	3	1	1			1
Разом за модулем 3	39	13	13			13
Модуль 4						
Тема 60.	3	1	1			1
Тема 61.	3	1	1			1
Тема 62.	3	1	1			1
Тема 63.	3	1	1			1
Тема 64.	3	1	1			1
Тема 65.	3	1	1			1
Тема 66.	3	1	1			1
Тема 67.	2	1				1
Тема 68.	2	1				1
Тема 69.	2	1				1
Тема 70.	1	1				
Тема 71.	1	1				
Тема 72.	1	1				
Тема 73.	1	1				
Разом за модулем 4	31	14	7			10
Модуль 5						
Тема 74.	1	1				
Тема 75.	1	1				
Тема 76.	1	1				

Тема 77.	1	1				
Тема 78.	1	1				
Тема 79.	1	1				
Тема 80.	1	1				
Тема 81.	1	1				
Разом за модулем 5	8	8				
Екзамен						
Усього годин	216	81	66			69

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні принципи статистики	8
2	Термодинамічні величини	8
3	Розподіл Гіббса	8
4	Ідеальні макроскопічні системи	12
5	Ідеальні фермі- і бозе-гази	6
6	Неідеальний газ	3
7	Флуктуації.	5
8	Фазові перетворення	6
9	Розчини	5
10	Поверхні.	5

6. Самостійна робота

Назва теми	Кількість годин
1	1
Тема 1. Двовимірний електронний газ у магнітному полі.	1
Тема 2. Квантові точки у магнітному полі. Випадок $\omega_0 = 0$.	1
Тема 3. Термодинамічні функції класичної плазми. Вироджена плазма.	1
Тема 4. Флуктуаційно-дисипативна теорема.	1
Тема 5. Формула Найквіста.	1
Тема 6. Гіпотеза подібності.	1
Тема 7. Метод ренормалізаційної групи.	1
Тема 8. Матриця густини і статистичний оператор. Матриця густини складової системи.	1
Тема 9. Квантове рівняння Ліувілля	1
Тема 10. Одночастинкова матриця густини (вільна частинка в термостаті, осцилятор в термостаті, електрон в термостаті в магнітному полі).	1
Тема 11. Спінова матриця густини.	1
Тема 12. Матриця густини ідеального фермі-газа.	1
Тема 13. Вігнерівська функція розподілу.	1
Тема 14. Рівняння Блоха.	1
Тема 15. Матриця густини і континуальні інтеграли	1
Тема 16. Матриця густини і когерентні стани	1
Тема 17. Частинкові матриці густини	1

Тема 18. Характеристична функція	1
Тема 19. Діаграми стану бінарних розчинів.	1
Тема 20. Пружність пари над кривою поверхнею.	1
Тема 21. Виділення тепла і зміна об'єму при розчиненні.	1
Тема 22. Вплив розчиненої речовини на фазову рівновагу.	1
Тема 23. Поверхневий натяг розчинів. Адсорбція.	1
Тема 24. Адіабатичний процес.	1
Тема 25. Процес Джоуля-Томсона.	1
Тема 26. Принцип Ле-Шательє.	1
Тема 27. Тіла, які обертаються.	1
Тема 28. Релятивістська термодинаміка.	1
Тема 29. Статистичний оператор.	1
Тема 30. Термодинамічна теорія збурень.	1
Тема 31. Релятивістський фермі-газ.	1
Тема 32. Двовимірний електронний газ.	2
Тема 33. Теплове розширення твердих тіл.	1
Тема 34. Віріальний розклад.	1
Тема 35. Дебаєвське екранування.	2
Тема 36. Квантова плазма.	1
Тема 37. Кореляція флуктуацій.	2
Тема 38. Модель Ізінга.	1
Тема 39. Ренормалізаційна група.	1
Тема 40. Термодинаміка надпровідного переходу.	2
Тема 41. Хімічна рівновага. Іонізаційна рівновага.	1
Тема 42. Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів.	1
Тема 43. Співвідношення Ейнштейна.	2
Тема 44. Рівняння балансу маси, імпульсу, енергії, ентропії.	1
Тема 45. Рівняння Фоккера-Планка.	1
Тема 46. Кінетичне рівняння Больцмана. Н-теорема.	1
Тема 47. Електропровідність і теплопровідність металів і напівпровідників.	2
Тема 48. Ланцюжок рівнянь Боголюбова.	1
Тема 49. Стадії еволюції нерівноважної системи.	1
Тема 50. Вивід рівняння Больцмана методом Боголюбова.	1
Тема 51. Сильно нерівноважні системи.	2
Тема 52. Самоорганізація у відкритих дисипативних системах.	1
Тема 53. Представлення Мелліна і гармонічний осцилятор.	1
Тема 54. Густина станів електрона на поверхні нанотрубки.	1
Тема 55. Хімічний потенціал електронного газу нанотрубки.	1
Тема 56. Внутрішня енергія електронів напівпровідникової нанотрубки.	1
Тема 57. Теплоємність виродженого електронного газу на поверхні напівпровідникової нанотрубки.	2
Тема 58. Великий термодинамічний потенціал та ентропія виродженого електронного газу на поверхні напівпровідникової нанотрубки.	1
Тема 59. Спінова намагніченість виродженого електронного газу на поверхні напівпровідникової нанотрубки.	2
Тема 60. Внутрішня енергія невиродженого електронного газу на поверхні напівпровідникової нанотрубки.	1

7. Методи навчання

Лекції, виконання практичних робіт, самостійна робота.

8. Методи контролю

Рішення задач на практичних заняттях, контрольні роботи за модулями, домашні завдання, індивідуальне розрахункове завдання, залік за результатами поточного контролю, екзамен.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Залік (7 семестр)

Поточне тестування та самостійна робота		Сума
Модуль 1	Модуль 2	
Теми 1-7	Теми 8-20	100
Контрольна робота - 30 Домашні завдання – 20	Контрольна робота - 30 Домашні завдання – 20	

Для зарахування модуля треба виконати контрольну роботу та домашні завдання і набрати у підсумку не менше 25 балів

Екзамен (8 семестр)

Поточне тестування та самостійна робота			Підсумковий семестровий контроль (екзамен)	Сума
Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	40	100
Теми 21-25	Теми 26-41	Теми 42-52		
Контр. робота - 10 Дом. завд. – 10 Разом за модуль- 20	Контр. робота - 10 Дом. завд. – 10 Разом за модуль- 20	Інд.завдання - 15 Дом. завд. – 5 Разом за модуль- 20		

Для зарахування модулів 1-2 треба виконати контрольну роботу та домашні завдання і набрати у підсумку не менше 10 балів. Для зарахування модуля 3 треба виконати та захистити індивідуальне розрахункове завдання, виконати домашні завдання і набрати у підсумку не менше 10 балів.

Для допуску до підсумкового семестрового контролю студент повинен здати 3 модулі і набрати у підсумку не менше 30 балів.

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. Авторський навчальний посібник з грифом МОН України (див. № 13 п. 11 нижче).
3. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.

11. Рекомендована література

1. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики. – М.: Наука, 1973.
2. Ахиезер А. И., Пелетминский С. В. Методы статистической физики. – М.: Наука, 1977.
3. Базаров И. П. Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1991.
4. Базаров И. П., Геворкян Э. В., Николаев П. Н. Термодинамика и статистическая физика. – М.: МГУ, 1986.
5. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. – М.: Мир, 1978. – Т. 1, 2.
7. Беккер Р. Теория теплоты. – М.: Энергия, 1974.
8. Блум К. Теория матрицы плотности и ее приложения. – М.: Мир, 1983.
9. Боголюбов М. М. Лекції з квантової статистики. – К.: Радянська школа, 1949.
10. Боголюбов Н. Н., Боголюбов Н. Н. (мл.). Введение в квантовую статистическую механику. – М.: Наука, 1984.
11. Вакарчук І. О., Кнігінський О. В., Попель О. М., Кулій Т. В. Збірник задач з термодинаміки і статистичної фізики. – Л.: ЛДУ, 1998.
12. Гречко Л. Г., Сугаков В. И., Томасевич О. Ф., Федорченко А. М. Сборник задач по теоретической физике. – М.: Высшая школа, 1972.
13. Єрмолаєв О. М., Раїмба Г. І. Вступ до статистичної фізики та термодинаміки. – Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2004.
14. Зубарев Д. Н. Неравновесная статистическая термодинамика. – М.: Наука, 1971.
15. Исихара А. Статистическая физика. – М.: Мир, 1973.
16. Каданов Л., Бейм Г. Квантовая статистическая механика. – М.: Мир, 1964.
17. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. – М.: МГУ, 1991. – Т. 1; 1987. – Т. 2.
18. Киттель Ч. Элементарная статистическая физика. – М.: ИИЛ, 1960.
19. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. – М.: Наука, 1977.
20. Климонтович Ю. Л. Статистическая физика. – М.: Наука, 1982.
21. Кобилянський В. Б. Статистична фізика. – К.: Вища школа, 1972.
22. Кондратьев А. С., Романов В. П. Задачи по статистической физике. – М.: Наука, 1992.
23. Косевич А. М., Хохлов В. И. Методические указания по курсу «Термодинамика и статистическая физика». – Х.: ХГУ, 1978–1988.
24. Кубо Р. Статистическая механика. – М.: Мир, 1967.
25. Кубо Р. Термодинамика. – М.: Мир, 1970.
26. Куни Ф. М. Статистическая физика и термодинамика. – М.: Наука, 1981.
27. Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е. М. Курс общей физики. – М.: Наука, 1965.
28. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. – М.: Наука, 1995.
29. Ландсберг П. Задачи по термодинамике и статистической физике. – М.: Мир, 1974.
30. Левич В. Г. Введение в статистическую физику. – М.: ГИТТЛ, 1954.
31. Леонтович М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. – М.: Наука, 1983.
32. Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П. Статистическая физика. – М.: ФМЛ, 2000.
33. Майер Дж., Гепперт–Майер М. Статистическая механика. – М.: Мир, 1980.
34. Паташинский А. З., Покровский В. Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. – М.: Наука, 1982.
35. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. – М.: Наука, 1977.

36. *Самойлович А. Г.* Термодинамика и статистическая физика. – М.: ГИТТЛ, 1953.
37. *Свідзинський А. В.* Лекції з термодинаміки. – Луцьк: Вежа, 1999.
38. *Стенли Г.* Фазовые переходы и критические явления. – М.: Мир, 1973.
39. *Терлецкий Я. П.* Статистическая физика. – М.: Высшая школа, 1973.
40. *Уленбек Дж., Форд Дж.* Лекции по статистической механике. – М.: Мир, 1965.
41. *Ульянов В. В.* Задачи по квантовой механике и квантовой статистике. – Х.: Вища школа, 1980.
42. *Федорченко А. М.* Теоретична фізика. – Київ: Вища школа, 1993. – Т. 2.
43. *Фейнман Р.* Статистическая механика. – М.: Мир, 1975.
44. *Хилл Т.* Статистическая механика. – М.: ИИЛ, 1960.
45. *Хуанг К.* Статистическая механика. – М.: Мир, 1966.
46. *Юхновский И. Р., Головкин М. Ф.* Статистическая теория классических равновесных систем. – К.: Наукова думка, 1980.