

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи

Пантелеймонов А.В.

“ _____ ” _____ 2018 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Статистична фізика та термодинаміка

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ бакалавр _____

галузь знань _____ 10 Природничі науки _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ 104 – Фізика та астрономія _____
(шифр і назва)

освітня програма _____ Освітньо-професійна програма “Фізика” _____
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _____ обов'язкова _____
(обов'язкова / за вибором)

факультет _____ фізичний _____

2018 / 2019 навчальний рік

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

“ 21 ” _____ 06 _____ 2018 року, протокол № 7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

Єрмолаєв Олександр Михайлович, д. фіз.-мат. н., професор-консультант кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця;

Рашба Георгій Ілліч, к. фіз.-мат. н., доцент кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця.

Програму схвалено на засіданні кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

Протокол від “ 15 ” _____ 06 _____ 2018 року № 7

Завідувач кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

_____ (підпис)

Рашба Г.І.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

фізичного факультету

_____ назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 19 ” _____ 06 _____ 2018 року № 6

Голова методичної комісії фізичного факультету

_____ (підпис)

Макаровський М.О.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Статистична фізика та термодинаміка**» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

перший (бакалаврський) рівень
(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напряму): 104 – фізика та астрономія

спеціалізації: фізика

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. **Метою** вивчення навчальної дисципліни «Статистична фізика та термодинаміка» є надання студентам статистичних уявлень про фізичні властивості макросистем, розгляд зі студентами основних положень статистичної механіки та принципів їх застосування до опису макросистем.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

- основним поняттям статистичної фізики та термодинаміки,
- володіти методами феноменологічної термодинаміки,
- розраховувати термодинамічні величини системи у термостаті,
- застосовувати розподіл Максвелла-Больцмана,
- володіти розрахунковими методами квантової статистики ідеальних систем,
- враховувати взаємодію мікрочастинок у макроскопічних системах,
- розраховувати кореляційні функції і дисперсії термодинамічних величин,
- володіти термодинамічними і статистичними методами теорії фазових перетворень,
- розраховувати термодинамічні величини слабких розчинів, бути знайомими з діаграмами станів,
- вміти враховувати поверхневий натяг у термодинаміці.

1.3. Кількість кредитів – 8 кредитів ЄКТС.

1.4. Загальна кількість годин – 240.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова	
Денна форма навчання	
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	
7-й	8-й
Лекції	
32 год.	39 год.
Практичні заняття	
32 год.	26 год.
Лабораторні заняття	
<i>Немає</i>	<i>Немає</i>
Самостійна робота	
56 год.	55 год.
<i>Немає</i>	1 індивідуальне завдання
	Під час самостійної роботи

1.6. Заплановані результати навчання

Знати, розуміти та бути здатним застосовувати на базовому рівні статистичну фізику та термодинаміку для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення і класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів, які відбуваються у макроскопічних системах, з метою розв'язування типових фізичних задач.

Бути здатним застосовувати базові математичні знання з теорії ймовірностей та математичної статистики з метою отримання фізичних характеристик макросистем таким чином, щоб на основі відомих властивостей окремих частинок та їх взаємодії вміти розраховувати термодинамічні величини.

2. Тематичний план навчальної дисципліни 7-й семестр

Розділ 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. Термодинамічні нерівності.
 Тема 19. Теорема Нернста.
 Тема 20. Залежність термодинамічних величин від числа частинок.
 Тема 21. Хімічний потенціал.
 Тема 22. Великий потенціал.
 Тема 23. Рівновага тіла в зовнішньому полі.
 Тема 24. Термодинаміка діелектриків і магнетиків.

Розділ 2. Розподіл Гіббса. Ідеальні макроскопічні системи. Ідеальні фермі- і бозе-гази.

- Тема 25. Канонічний розподіл. Канонічний розподіл Гіббса і термодинаміка.
 Тема 26. Великий канонічний розподіл. Великий канонічний розподіл і термодинаміка.
 Тема 27. Ізобарично-ізотермічний ансамбль.
 Тема 28. Розподіл Максвелла – Больцмана.
 Тема 29. Термодинамічні функції ідеального газу.
 Тема 30. Двохатомний газ.
 Тема 31. Магнетизм газів.
 Тема 32. Дворівнева система.
 Тема 33. Розподіл Фермі – Дірака. Вироджений електронний газ.
 Тема 34. Елементарні збудження в ідеальному електронному газі.
 Тема 35. Теплоємність виродженого електронного газу.
 Тема 36. Рівняння стану ідеального електронного газу.
 Тема 37. Електронний газ у магнітному полі.
 Тема 38. Розподіл Бозе – Ейнштейна. Бозе-ейнштейнівська конденсація.
 Тема 39. Термодинамічні функції виродженого бозе-газу.
 Тема 40. Чорне випромінювання. Модель Дебая.

8-й семестр

Розділ 3. Неідеальний газ. Флуктуації.

- Тема 41. Частинкові функції розподілу.
 Тема 42. Зв'язок термодинамічних величин з одночастинковою і двочастинковою функціями розподілу.
 Тема 43. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
 Тема 44. Термодинамічні функції класичної плазми.
 Тема 45. Флуктуації енергії і числа частинок.
 Тема 46. Розподіл Гаусса.
 Тема 47. Флуктуації в неізольованих системах.
 Тема 48. Флуктуації основних термодинамічних величин.
 Тема 49. Розподіл Пуассона.
 Тема 50. Кореляційні функції.
 Тема 51. Броунівський рух.
 Тема 52. Просторова кореляція флуктуацій густини.
 Тема 53. Узагальнена сприйнятливність.
 Тема 54. Формула Кубо.
 Тема 55. Флуктуаційно-дисипативна теорема.

Розділ 4. Фазові перетворення.

- Тема 56. Умови рівноваги фаз.
 Тема 57. Рівняння Клапейрона – Клаузіуса.
 Тема 58. Переходи газ–рідина.
 Тема 59. Критична точка.
 Тема 60. Властивості речовини поблизу критичної точки.
 Тема 61. Флуктуації густини поблизу критичної точки.
 Тема 62. Критичні індекси.
 Тема 63. Фазові переходи другого роду.
 Тема 64. Поле Вейсса.
 Тема 65. Критичні індекси в теорії молекулярного поля.
 Тема 66. Теорія Ландау.
 Тема 67. Вплив зовнішнього поля на фазовий перехід.
 Тема 68. Флуктуації параметра порядку.
 Тема 69. Модель Ізінга.
 Тема 70. Гіпотеза подібності.

Розділ 5. Розчини. Поверхні.

- Тема 71. Ентропія змішування.
 Тема 72. Слабкі розчини. Осмотичний тиск.
 Тема 73. Правило фаз.
 Тема 74. Вплив розчиненої речовини на фазову рівновагу.
 Тема 75. Рівновага відносно розчиненої речовини.
 Тема 76. Розчин у полі тяжіння.
 Тема 77. Термодинамічні нерівності в розчинах.
 Тема 78. Поверхневий натяг. Формула Лапласа. Крайовий кут.
 Тема 79. Утворення зародків при фазових переходах.
 Тема 80. Поверхневий натяг розчинів. Адсорбція.

3. 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
7 семестр						
Розділ 1. Основні принципи статистики. Термодинамічні величини.						
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
Разом за розділом 1	72	24	24			24
Розділ 2. Розподіл Гіббса. Ідеальні макроскопічні системи. Ідеальні фермі- і бозе-гази.						
Тема 25.	3	0.5	0.5			2
Тема 26.	3	0.5	0.5			2
Тема 27.	3	0.5	0.5			2
Тема 28.	3	0.5	0.5			2
Тема 29.	3	0.5	0.5			2
Тема 30.	3	0.5	0.5			2
Тема 31.	3	0.5	0.5			2
Тема 32.	3	0.5	0.5			2
Тема 33.	3	0.5	0.5			2
Тема 34.	3	0.5	0.5			2
Тема 35.	3	0.5	0.5			2
Тема 36.	3	0.5	0.5			2
Тема 37.	3	0.5	0.5			2
Тема 38.	3	0.5	0.5			2
Тема 39.	3	0.5	0.5			2
Тема 40.	3	0.5	0.5			2
Разом за розділом 2	48	8	8			32
Разом за 7-й семестр	120	32	32			56
Залік						
8 семестр						
Розділ 3. Неідеальний газ. Флуктуації.						
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
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
Разом за розділом 3	45	15	15			15
Розділ 4. Фазові перетворення.						
Тема 56.	3	1	0.5			1
Тема 57.	3	1	0.5			1
Тема 58.	3	1	0.5			1
Тема 59.	3	1	0.5			1
Тема 60.	3	1	0.5			1
Тема 61.	3	1	0.5			1
Тема 62.	3	1	0.5			1
Тема 63.	3	1	0.5			1
Тема 64.	3	1	0.5			1
Тема 65.	3	1	0.5			1
Тема 66.	3	1	0.5			1
Тема 67.	3	1	0.5			1
Тема 68.	3	1	0.5			1
Тема 69.	3	1	0.5			1
Тема 70.	3	1	0.5			1
Разом за розділом 4	45	15	7.5			15
Розділ 5. Розчини. Поверхні.						
Тема 71.	3	1	0.5			2
Тема 72.	3	1	0.5			3
Тема 73.	3	1	0.5			2
Тема 74.	3	1	0.5			3
Тема 75.	3	1	0.5			3
Тема 76.	3	1	0.5			2
Тема 77.	3	1	0.5			3
Тема 78.	3	1				2
Тема 79.	3	0.5				3
Тема 80.	3	0.5				2
Разом за розділом 5	30	9	3.5			25
Разом за семестр	120	39	26			55
Екзамен						
Усього годин	240	71	58			111

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Основні принципи статистики	6
2.	Термодинамічні величини	6
3.	Розподіл Гіббса	6
4.	Ідеальні макроскопічні системи	6
5.	Ідеальні фермі- і бозе-гази	6
6.	Неідеальний газ	6
7.	Флуктуації.	6
8.	Фазові перетворення	6
9.	Розчини	6
10.	Поверхні.	4
	Разом	58

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1.	Двовимірний електронний газ у магнітному полі.	2
2.	Квантові точки у магнітному полі. Випадок $\omega_0 = 0$.	2
3.	Термодинамічні функції класичної плазми. Вироджена плазма.	2
4.	Флуктуаційно-дисипативна теорема.	2
5.	Формула Найквіста.	2
6.	Гіпотеза подібності.	2
7.	Метод ренормалізаційної групи.	2
8.	Матриця густини і статистичний оператор. Матриця густини составної системи.	2
9.	Квантове рівняння Ліувілля.	2
10.	Одночастинкова матриця густини (вільна частинка в термостаті, осцилятор в термостаті, електрон в термостаті в магнітному полі).	2
11.	Спінова матриця густини.	2
12.	Матриця густини ідеального фермі-газа.	2
13.	Вігнерівська функція розподілу.	2
14.	Рівняння Блоха.	2
15.	Матриця густини і континуальні інтеграли.	2
16.	Матриця густини і когерентні стани.	2
17.	Частинкові матриці густини.	2
18.	Характеристична функція.	2
19.	Діаграми стану бінарних розчинів.	2
20.	Пружність пари над кривою поверхнею.	2
21.	Виділення тепла і зміна об'єму при розчиненні.	2
22.	Вплив розчиненої речовини на фазову рівновагу.	2
23.	Поверхневий натяг розчинів. Адсорбція.	2
24.	Адіабатичний процес.	2
25.	Процес Джоуля-Томсона.	2
26.	Принцип Ле-Шательє.	2

27.	Тіла, які обертаються.	2
28.	Релятивістська термодинаміка.	2
29.	Статистичний оператор.	2
30.	Термодинамічна теорія збурень.	2
31.	Релятивістський фермі-газ.	2
32.	Двовимірний електронний газ.	2
33.	Теплове розширення твердих тіл.	2
34.	Віріальний розклад.	2
35.	Дебаєвське екранування.	2
36.	Квантова плазма.	2
37.	Кореляція флуктуацій.	2
38.	Модель Ізінга.	2
39.	Ренормалізаційна група.	2
40.	Термодинаміка надпровідного переходу.	2
41.	Хімічна рівновага. Іонізаційна рівновага.	2
42.	Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів.	2
43.	Співвідношення Ейнштейна.	2
44.	Рівняння балансу маси, імпульсу, енергії, ентропії.	2
45.	Рівняння Фоккера-Планка.	2
46.	Кінетичне рівняння Больцмана. H-теорема.	2
47.	Електропровідність і теплопровідність металів і напівпровідників.	2
48.	Ланцюжок рівнянь Боголюбова.	2
49.	Стадії еволюції нерівноважної системи.	2
50.	Вивід рівняння Больцмана методом Боголюбова.	2
51.	Сильно нерівноважні системи.	2
52.	Самоорганізація у відкритих дисипативних системах.	2
53.	Представлення Мелліна і гармонічний осцилятор.	2
54.	Густина станів електрона на поверхні нанотрубки.	2
55.	Хімічний потенціал електронного газу нанотрубки.	3
	Разом	111

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальне розрахунково-графічне завдання у 8-му семестрі.

7. Методи контролю

Рішення задач на практичних заняттях, опитування, по дві контрольні роботи за основними розділами курсу у 7-му та 8-му семестрах, перевірка домашніх завдань, залік за результатами поточного контролю та залікової роботи у 7-му семестрі, екзамен у 8-му семестрі.

8. Схема нарахування балів

Залік (7-й семестр)

Поточний контроль, самостійна робота, контрольна робота					Залікова робота	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		
T1-T24	T25-T40	2 контрольні роботи	Не передбачено планом			100
20	20	40		80	20	100

Для зарахування навчальної роботи у 7-му семестрі студенту необхідно виконати дві контрольні роботи, домашні завдання, залікову роботу і набрати у підсумку не менше 50 балів.

Екзамен (8-й семестр)

Поточний контроль, самостійна робота, контрольна робота, індивідуальне завдання						Екзамен	Сума
Розділ 3	Розділ 4	Розділ 5	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		
T41-T55	T56-T70	T71-T80	2 контрольні роботи				100
10	10	10	10	20	60	40	100

Для зарахування навчальної роботи у 7-му семестрі студенту необхідно виконати дві контрольні роботи, домашні завдання, виконати та успішно захистити індивідуальне розрахункове завдання, успішно здати іспит і набрати у підсумку не менше 50 балів.

Шкала оцінювання

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

9. Рекомендована література

Авторський навчальний посібник з грифом МОН України (див. № 2 основної літератури).

Основна література

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. – М.: Наука, 1995.
2. Єрмолаєв О.М., Раїмба Г.І. Вступ до статистичної фізики та термодинаміки. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2004.
3. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики. – М.: Наука, 1973.
4. Кубо Р. Статистическая механика. – М.: Мир, 1967.
5. Кубо Р. Термодинамика. – М.: Мир, 1970.

Допоміжна література

1. Ахиезер А. И., Пелетминский С. В. Методы статистической физики. – М.: Наука, 1977.
2. Базаров И. П. Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1991.
3. Базаров И. П., Геворкян Э. В., Николаев П. Н. Термодинамика и статистическая физика. – М.: МГУ, 1986.
4. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. – М.: Мир, 1978. – Т. 1, 2.
5. Беккер Р. Теория теплоты. – М.: Энергия, 1974.
6. Блум К. Теория матрицы плотности и ее приложения. – М.: Мир, 1983.
7. Боголюбов М. М. Лекції з квантової статистики. – К.: Радянська школа, 1949.
8. Боголюбов Н. Н., Боголюбов Н. Н. (мл.). Введение в квантовую статистическую механику. – М.: Наука, 1984.
9. Вакарчук І. О., Кнігініцький О. В., Попель О. М., Кулій Т. В. Збірник задач з термодинаміки і статистичної фізики. – Л.: ЛДУ, 1998.
10. Гречко Л. Г., Сугаков В. И., Томасевич О. Ф., Федорченко А. М. Сборник задач по теоретической физике. – М.: Высшая школа, 1972.
11. Зубарев Д. Н. Неравновесная статистическая термодинамика. – М.: Наука, 1971.
12. Исихара А. Статистическая физика. – М.: Мир, 1973.
13. Каданов Л., Бейм Г. Квантовая статистическая механика. – М.: Мир, 1964.
14. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. – М.: МГУ, 1991. – Т. 1; 1987. – Т. 2.
15. Киттель Ч. Элементарная статистическая физика. – М.: ИИЛ, 1960.
16. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. – М.: Наука, 1977.
17. Климонтович Ю. Л. Статистическая физика. – М.: Наука, 1982.
18. Кобилянський В. Б. Статистична фізика. – К.: Вища школа, 1972.
19. Кондратьев А. С., Романов В. П. Задачи по статистической физике. – М.: Наука, 1992.
20. Косевич А. М., Хохлов В. И. Методические указания по курсу «Термодинамика и статистическая физика». – Х.: ХГУ, 1978–1988.
21. Куни Ф. М. Статистическая физика и термодинамика. – М.: Наука, 1981.
22. Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е. М. Курс общей физики. – М.: Наука, 1965.
23. Ландсберг П. Задачи по термодинамике и статистической физике. – М.: Мир, 1974.
24. Левич В. Г. Введение в статистическую физику. – М.: ГИТТЛ, 1954.
25. Леонтович М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. – М.: Наука, 1983.
26. Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П. Статистическая физика. – М.: ФМЛ, 2000.
27. Майер Дж., Гепперт–Майер М. Статистическая механика. – М.: Мир, 1980.
28. Паташинский А. З., Покровский В. Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. – М.: Наука, 1982.
29. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. – М.: Наука, 1977.
30. Самойлович А. Г. Термодинамика и статистическая физика. – М.: ГИТТЛ, 1953.
31. Свідзинський А. В. Лекції з термодинаміки. – Луцьк: Вежа, 1999.

32. *Стенли Г.* Фазовые переходы и критические явления. – М.: Мир, 1973.
33. *Терлецкий Я. П.* Статистическая физика. – М.: Высшая школа, 1973.
34. *Уленбек Дж., Форд Дж.* Лекции по статистической механике. – М.: Мир, 1965.
35. *Ульянов В. В.* Задачи по квантовой механике и квантовой статистике. – Х.: Вища школа, 1980.
36. *Федорченко А. М.* Теоретична фізика. – Київ: Вища школа, 1993. – Т. 2.
37. *Фейнман Р.* Статистическая механика. – М.: Мир, 1975.
38. *Хилл Т.* Статистическая механика. – М.: ИИЛ, 1960.
39. *Хуанг К.* Статистическая механика. – М.: Мир, 1966.
40. *Юхновский И. Р., Головкин М. Ф.* Статистическая теория классических равновесных систем. – К.: Наукова думка, 1980.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Учбові матеріали на власному сайті кафедри теоретичної фізики

http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students_study_ukr.html

http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students_ref_ukr.html

2. Відеолекції та відкриті освітні матеріали МФТІ

<http://lectoriy.mipt.ru/course/viewall/>