

Львівський національний університет імені Івана Франка

Кафедра теоретичної фізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан
фізичного факультету

_____ Якібчук П. М.

“ _____ ” _____ 20__ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ТЕРМОДИНАМІКА
І СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА**

галузь знань — **10 Природничі науки**
спеціальність — **014.08 Середня освіта (фізика)**
фізичний факультет

2020–2021 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни «**Термодинаміка і статистична фізика**» для студентів за галуззю знань **10 Природничі науки** спеціальності **014.08 Середня освіта (фізика)** фізичного факультету, 2021 року. — 8 с.

Розробник:

Пастухов Володимир Степанович, канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри теоретичної фізики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної фізики

Протокол № _____ від “___” _____ 20__ р.

Завідувач кафедри теоретичної фізики

_____ (Ткачук В. М.)

“___” _____ 20__ р

Схвалено Вченою радою фізичного факультету

Протокол № _____ від “___” _____ 20__ р.

“___” _____ 20__ р. Голова _____ (Якібчук П. М.)

© Львівський національний
університет імені Івана Франка,
2021

© Пастухов В. С., 2021

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		<i>денна форма навчання</i>
Кількість кредитів — 3	Галузь знань 10 Природничі науки	Нормативна
Модулів — 1	Спеціальність 014.08 Середня освіта (фізика)	<i>Рік підготовки:</i> 4-й
Змістових модулів — 2		<i>Семестр</i> 8-й
Загальна кількість годин — 90		<i>Лекції</i> 24 год.
Тижневих годин для денної форми навчання:	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	<i>Практичні</i> 36 год
<i>Аудиторних – 3.75</i>		<i>Лабораторні</i> —
<i>Самостійної роботи студента – 1.875</i>		<i>Самостійна робота</i> 30 год
		<i>Вид контролю: іспит</i>

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання — 11:10

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Курс термодинаміка і статистична фізика є фундаментальним розділом основного курсу теоретичної фізики.

Мета: формування в майбутнього фізика-педагога цілісної картини фізичних явищ, пов'язаних із тепловою формою руху матерії.

Завдання: навчити студентів самостійно виконувати розрахунки, необхідні для розв'язування задач термодинаміки і статистичної фізики.

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати основні поняття та рівняння предмету викладені у програмі курсу

вміти: застосовувати рівняння і співвідношення термодинаміки і статистичної фізики для розв'язування задач, що стосуються теплової форми руху матерії, використовувати начала термодинаміки та основні принципи статистичної механіки у самостійній науковій роботі.

Для вивчення дисципліни необхідні знання з таких розділів математичний аналіз, класична та квантова механіки, електродинаміка.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Основи термодинаміки

Тема 1. Основні положення та методи термодинаміки

1. Основні етапи розвитку термодинаміки і статистичної фізики. Термодинамічні системи. Стан термодинамічної рівноваги. Рівноважні та нерівноважні процеси. Внутрішня енергія термодинамічної системи, робота, теплота. Термічне і калоричне рівняння стану. Перше начало термодинаміки. Теплоємності. *Основні термодинамічні процеси та їх рівняння.*
2. Вихідне формулювання другого начала термодинаміки. Оборотні та необоротні процеси. Ентропія і термодинамічна температура. Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів. Зв'язок між термічним і калоричним рівнянням стану. Парадокс Гіббса. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів.
3. Закон зростання ентропії. Нерівність Клаузіуса. *Цикл Карно і теореми Карно.* Третє начало термодинаміки. Недосяжність абсолютного нуля температури. Метод термодинамічних потенціалів. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали систем зі змінною кількістю частинок. *Термодинаміка діелектриків і магнетиків.*

Тема 2. Фазові переходи

1. Умови рівноваги термодинамічних систем. Фази і компоненти. Умови рівноваги у багатофазній багатокомпонентній системі, правило фаз Гіббса. Термодинамічні нерівності. *Принцип Ле Шательє.*
2. Класифікація Еренфеста фазових переходів. Фазові переходи першого роду, рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Правило Максвелла для фазових переходів першого роду. Фазові переходи другого роду, рівняння Еренфеста. Фазовий перехід у надпровідний стан у відсутності та при наявності магнітного поля. *Напівфеноменологічна теорія Ландау фазових переходів другого роду. Поверхневі явища. Критичні явища.*

Змістовий модуль 2. Статистична фізика рівноважних систем та необоротні процеси

Тема 3. Основні поняття та принципи статистичної механіки

1. Опис стану системи багатьох частинок в класичній і квантовій механіці, поняття мікростану системи багатьох частинок. Статистичні ансамблі. Усереднення за часом і за статистичним ансамблем. Ентропія в статистичній фізиці.
2. Мікроканонічний ансамбль, термодинамічні функції мікроканонічного ансамблю. Канонічний ансамбль, термодинамічні функції канонічного ансамблю. Великий канонічний ансамбль, термодинамічні функції великого канонічного ансамблю. *Розподіли Бозе–Айнштайна, Фермі–Дірака, Максвелла–Больцмана для ідеального газу.*
3. Термодинамічна еквівалентність ансамблів. Статистичний оператор. Умова класичності системи багатьох частинок, температура виродження. Типи систем і взаємодій. *Вільна енергія класичного ідеального газу. Слабо неідеальний класичний газ з нейтральних частинок, віріальний розклад та рівняння Ван дер Ваальса.*

Тема 4. Квантові гази

1. Ідеальний фермі–газ: властивості розподілу Фермі–Дірака, хімічний потенціал повністю виродженого фермі–газу, термодинамічні функції сильно виродженого фермі–газу. *Електронний газ в металах.*
2. Ідеальний бозе–газ: властивості розподілу Бозе–Айнштайна, температура бозе–конденсації. Термодинамічні функції сильно виродженого бозе–газу нижче температури конденсації. Рівноважне випромінювання: формула Планка, закон зміщення Віна, закон Стефана–Больцмана. *Термодинамічні функції рівноважного випромінювання.*

Тема 5. Теорія флюктуацій

1. Напівтермодинамічна теорія флюктуацій: флюктуації в мікроканонічному ансамблі, флюктуації в канонічному ансамблі. Розподіл Гауса для малих флюктуацій. Флюктуації основних термодинамічних величин. *Розсіяння світла на флюктуаціях густини.*

Тема 6. Термодинамічний опис необоротних процесів

1. Необоротні процеси: основні поняття, процес теплопровідності у твердому тілі, потоки, термодинамічні сили, кінетичні коефіцієнти. Рівняння балансу ентропії. Виробництво ентропії. Властивості кінетичних коефіцієнтів. Співвідношення Онсагера для кінетичних коефіцієнтів. *Кінетичні коефіцієнти для дифузії, теплопровідності, дифузійного перносу тепла та термодифузії.*

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. Основи термодинаміки						
Тема 1. Основні положення та методи термодинаміки	24	6	10			8
Тема 2. Фазові переходи	10	4	2			4
Змістовий модуль 2. Статистична фізика рівноважних систем та необоротні процеси						
Тема 3. Основні поняття та принципи статистичної механіки	22	6	8			8
Тема 4. Квантові гази	18	4	10			4
Тема 5. Теорія флюктуацій	8	2	4			2
Тема 6. Термодинамічний опис необоротних процесів	8	2	2			4
Усього годин	90	24	36			30

6. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	К-сть годин
1	Розподіл Максвелла-Больцмана. Обчислення середніх	4
2	Поняття про характеристичні функції. Співвідношення Максвелла. Метод визначників	2
3	Теплоємність у різних процесах	2
4	Доведення термодинамічних співвідношень	2
5	Фазові переходи	2
10	Рівноважна статистика класичних систем. Класичний ідеальний газ	4
11	Релятивістський ідеальний газ. Система класичних гармонічних осциляторів	4
12	Квантова статистика. Фермі-системи	5
13	Квантова статистика. Бозе-системи	5
14	Теорія флюктуацій	4
15	Елементи теорії необоротних процесів	2
	Разом	36

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	К-сть годин
1	Основні термодинамічні процеси та їх рівняння.	2
2	Цикл Карно і теореми Карно	2
3	Термодинаміка діелектриків і магнетиків	2
4	Принцип Ле Шательє	2
5	Напівфеноменологічна теорія Ландау фазових переходів другого роду	2
6	Поверхневі явища. Критичні явища	2

7	Розподіли Бозе–Айнштейна, Фермі–Дірака, Максвелла–Больцмана для ідеального газу	4
8	Вільна енергія класичного ідеального газу	4
9	Електронний газ в металах.	2
10	Термодинамічні функції рівноважного випромінювання	2
11	Розсіяння світла на флюктуаціях густини	2
12	Кінетичні коефіцієнти для дифузії, теплопровідності, дифузійного переносу тепла та термодифузії.	4
	Разом	30

10. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка і статистична фізика» застосовують такі методи навчання:

- *Наочні*: виведення на дошці основних співвідношень на лекціях і практичних заняттях;
- *Практичні*: задачі для практичних занять.

11. Методи контролю

Контроль засвоєння матеріалу включає поточний контроль (контрольні роботи за двома змістовими модулями — $2 \times 15 = 30$ балів), оцінку відповідей та роботи на практичних заняттях (20 балів за семестр) — разом за семестр 50. Іспит складається з тестової частини (30 балів) і перевірки теоретичних та практичних знань за допомогою завдань більшого обсягу ($2 \times 10 = 20$ балів) — разом 50 балів. Сумарна оцінка, таким чином, виставляється за 100-бальною шкалою у кожному семестрі.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота		Робота на практичних	Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2			
T1-2	T3-6			
15	15	20	50	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою (для екзамену)
90–100	A	відмінно
81–89	B	добре
71–80	C	
61–70	D	задовільно
51–60	E	
25–50	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0–24	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. *Кобилянський В.Б.* Статистична фізика. – К.: Вища школа, 1972.
2. *Вакарчук І. О., Книгініцький О. В., Попель О.М., Кулій Т. В.* Збірник задач з термодинаміки і статистичної фізики. – Львів: ЛНУ, 1998.
3. *Кобилянський В. Б.* Методичні вказівки до розв'язування задач з термодинаміки (метод характеристичних функцій). – Львів: ЛДУ, 1985.

14. Рекомендована література

Базова

1. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Статистическая физика. Ч.1. – М.: “Наука”, 1995.
2. *Терлецкий Я. П.* Статистическая физика. – М.: “Высшая школа”, 1966.
3. *Квасников И. К.* Термодинамика и статистическая физика. – М.: МГУ, 1991. –Т.1; 1987. – Т.2.
4. *Базаров И. П.* Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1991.
5. *Базаров И. П., Геворкян Э. П., Николаев П. Н.* Термодинамика и статическая физика. Теория равновесных систем. М.: МГУ, 1986.
6. *Базаров И. П., Геворкян Э. П., Николаев П. Н.* Неравновесная термодинамика и физиическая кинетика. М.: МГУ, 1989.
7. *Ансельм А. И.* Основы статистической физики и термодинамики. – М.: “Наука”, 1973.
8. *Єрмолаєв О.М., Раба Г.І.* Вступ до статистичної фізики і термодинаміки. – Харків: ХНУ, 2004.

Допоміжна

1. *Киттель Ч.* Статистическая термодинаміка. – М.: Наука, 1977.
2. *Кубо Р.* Статистическая механіка. – М.: Мир, 1967.
3. *Кубо Р.* Термодинамика. – М.: Мир, 1970.
4. *Леонтович М.А.* Введение в термодинаміку. Статистическая физика. – М.: Наука, 1983.
5. *Самойлович А.Г.* Термодинамика и статическая физика. – М.: ГИТТЛ, 1953.
6. *Фейнман Р.* Статистическая механіка. – М.: Мир, 1975.

15. Інформаційні ресурси

1. Eric Weisstein's World of Physics <http://scienceworld.wolfram.com/physics/>
2. Wikipedia. <http://www.wikipedia.org>