

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

фізичний

(назва факультету)

Кафедра теоретичної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹
ТЕРМОДИНАМІКА ТА СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10. Природничі науки, 15. Автоматизація та приладобудування
(шифр і назва)

спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень бакалавр

(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма оптотехніка

(назва освітньої програми)

спеціалізація _____

(за наявності)

(назва спеціалізації)

вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання денна

Навчальний рік 2022/2023

Семестр 6

Кількість кредитів ECTS 5

Мова викладання, навчання
та оцінювання українська

Форма заключного контролю іспит

Викладачі: Андреев В.О.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробники²: Андреев В.О. канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри теоретичної фізики.

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО


Зав. кафедри  Поперенко Л.В.

_____)
(підпис)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 13 від « 19 » травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету _____

Протокол від « 10 » червня 2022 року № 11
Голова науково-методичної комісії  (Оліх О.Я.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

ВСТУП

1. Мета дисципліни – курс термодинаміки та статистичної фізики покликаний поглибити знання, одержані в загальному курсі фізики, засвоїти математичний апарат термодинаміки та статистичної фізики, вивчити методи виміру термодинамічних величин.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- Знати основні закони механіки, електрики, оптики, основи математичного аналізу, звичайні диференціальні рівняння, основи математичної фізики..
- Вміти застосовувати попередні знання з курсів математичного аналізу, математичної фізики, основ векторного та тензорного аналізу та диференціальних рівнянь для розв'язку алгебраїчних та диференціальних рівнянь.
- Вільно володіти навичками обчислення похідних, інтегралів, дій над операції з векторами. Володіти навичками розв'язку диференціальних рівнянь.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

Нормативна дисципліна «Термодинаміка та статистична фізика» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр фізики” та базовою для вивчення всіх фізичних дисциплін. Програма курсу орієнтована на студентів, які вже знайомі з математичним аналізом, основами векторного та тензорного аналізу, загальним курсом механіки, електрики, оптики та квантової механіки. Результати навчання полягають в знанні фундаментальних законів термодинаміки та статистичної фізики. Також, як результат, студенти мають бути здатні розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з термодинаміки та статистичної фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики і характеризується складністю та невизначеністю умов. Методи викладання: лекції, консультації, практичні заняття. Методи оцінювання: опитування в процесі практичних занять, контрольні роботи після основних розділів курсу, захист написаних рефератів, іспит (6 семестр). Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (40%) та іспиту (60%).

4. Завдання (навчальні цілі) – освоєння студентами методів отримання, експериментального дослідження та теоретичного опису задач з курсу термодинаміки та статистичної фізики, зокрема, здатність студентами застосовувати знання у практичних ситуаціях для розрахунку фізичних явищ в макроскопічних системах. Також здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями з курсу термодинаміки та статистичної фізики, здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, в тому числі, електронних ресурсів, та здатність студентів до абстрактного мислення, аналізу та синтезу матеріалу зі всіх фізичних дисциплін.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 2016 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка ОПП "Фізика", дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

загальних:

ЗК6. Навички здійснення безпечної діяльності.

ЗК13. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

фахових:

ФК11. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики, оптики, лазерної фізики, оптоелектроніки та метрології.

5. Результати навчання за дисципліною:

<i>Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)</i>		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1	1.1 Закони рівноважної термодинаміки та їх наслідки.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	10
	1.2 Умови рівноваги термодинамічної системи.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	10
	1.3 Методи виміру термодинамічних величин.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді реферат Модульна контрольна робота	10
	1.4 Ансамблі Гіббса та методи їх використання для дослідження систем, які описуються класичною механікою.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді реферат Модульна контрольна робота	10
	1.5 Ансамблі Гіббса та методи їх використання для дослідження систем, які описуються квантовою механікою.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді реферат Модульна контрольна робота	10
2	2.1 Термодинамічні властивості бозе-газу при низькій температурі	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	10
	2.2 Термодинамічні властивості рівноважного електромагнітного випромінювання	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	10
	2.3 Термодинамічні властивості твердого тіла, обумовлені коливаннями ґратки.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	10
	2.2 Термодинамічні властивості твердого тіла, обумовлені електронами.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	10
	2.2 Магнітні властивості термодинамічної системи.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1	2
Програмні результати навчання		
ПРН03. Розуміти широкий міждисциплінарний контекст спеціальності, її місце в теорії пізнання і оцінювання об'єктів і явищ.	+	+
ПРН05. Вміти використовувати принципи і методи відтворення еталонних величин при побудові еталонних засобів виміральної техніки (стандартних зразків, еталонних перетворювачів, еталонних засобів вимірювання).	+	+
ПРН12. Знати та розуміти сучасні теоретичні та експериментальні методи досліджень з оцінюванням точності отриманих результатів.	+	+
ПРН19. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики, оптики та лазерної фізики.	+	+
ПРН20. Знати і розуміти фізичні основи оптичних явищ та процесів: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати оптичні явища, а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.	+	+

7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів і включає в себе 44 лекції та 30 практичних занять.

8. Схема формування оцінки:

8.1 **Форми оцінювання студентів:** (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням *Min.* – рубіжної та *Max.* кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання 4 семестр:

1. Модульна контрольна робота РН 1.4 (10 балів).
2. Модульна контрольна робота РН 2.2 (10 балів).
3. Реферат РН 1.2,2.1 (5 балів, 5 балів, відповідно).
4. Задачі, усні відповіді (10 балів).

- підсумкове оцінювання у формі іспиту³.

³ Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (якщо дисципліна

	ЗМ1	ЗМ2	іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>36</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>60</u>	<u>100</u>

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше **24 балів**.⁴

Оцінка за іспит не може бути меншою **36 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Отже,

- підсумкове оцінювання у формі іспиту. На іспиті максимально можна отримати 60 балів.**
- умови допуску до заліку:**
 - **обов'язково здати два реферати, написані власноруч з виведенням всіх формул по темі;**
 - **здати розв'язок не менше 30 % обов'язкових задач, що виносяться на самостійну роботу;**
 - **пройти письмову перевірку знань та розумінь основних означень та законів термодинаміки та статистичної фізики у формі диктанту.**

- семестрове оцінювання 6 семестр:

- Модульна контрольна робота РН 1.3 (10 балів).
- Модульна контрольна робота РН 2.10 (10 балів).
- Самостійна робота РН 2.3 (10 балів).
- Задачі, усні відповіді (10 балів).

	ЗМ1	ЗМ2	іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>36</u>	<u>60</u>
<i>Максимум</i>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>60</u>	<u>100</u>

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше **24 бала**.

Оцінка за іспит не може бути меншою **36 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Отже,

- підсумкове оцінювання у формі іспиту. На іспиті максимально можна отримати 60 балів.**
- умови допуску до іспиту:**
 - **здати розв'язок не менше 30 % обов'язкових задач, що виносяться на самостійну роботу;**
 - **пройти письмову перевірку знань та розумінь основних означень та законів термодинаміки та статистичної фізики у формі диктанта.**

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

завершується екзаменом (заліком), то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **40 балів (40%) – семестровий контроль і 60 балів (60%) – екзамен (залік).**

⁴ У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом (заліком) не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 24 балів**, оскільки якщо студент на екзамені (заліку) набрав менше **36 балів** (а це 60% від 60 балів, відведених на екзамен (залік)), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній (заліковій) відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається із 2-х змістових модулів. Система оцінювання знань включає поточний, модульний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Форми поточного контролю: оцінювання домашніх робіт, письмових самостійних завдань, тестів та контрольних робіт, виконаних студентами під час практичних занять. Студент може отримати максимально 40 балів за виконання домашніх робіт, самостійних завдань, усні відповіді, тести, доповнення на практичних заняттях (по 20 балів в кожному змістовому модулі). Модульний контроль: 2 модульні контрольні роботи. Студент може отримати максимально за модульні контрольні роботи 20 балів. Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі іспиту (60 балів). Екзаменаційний білет включає 2 теоретичні питання (по 20 балів) та задачу (20 балів).

Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59
Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тематичний план лекцій, практичних занять та самостійних робіт

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	Самост. робота
<i>Змістовий модуль 1</i>				
1	Термодинамічний та статистичний методи вивчення властивостей макроскопічних властивостей речовини. Начала термодинаміки.	2	2	6
2	Термодинамічне означення ентропії та абсолютної температури. Абсолютна шкала температури (Кельвіна) та інші шкали. Методи вимірювання температури.	2		
3	Основне рівняння термодинаміки рівноважних процесів. Термодинамічні потенціали. Методи вимірювання теплоємності, термічних та адиабатних коефіцієнтів.	2	2	2
4	Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Основні умови термодинамічної рівноваги. Термодинамічні нерівності для теплоємності, термічних та адиабатних коефіцієнтів.	2	2	8

5	Додаткові умови термодинамічної рівноваги. Умови хімічної рівноваги. Закон діючих мас. Фазова рівновага. Умови фазової рівноваги в гетерогенній системі. Правило фаз Гіббса.	4		
6	Методи отримання низьких температур (Процеси Гей Люсака та Джоуля-Томсона. Адіабатичне розмагнічування парамагнетиків)	2	2	2
Модульна контрольна робота 1			2	2
Змістовий модуль 2				
1	Основні положення класичної статистичної фізики. Ергодична гіпотеза. Метод Гіббса. Мікроканонічний розподіл. Принцип Больцмана (статистичне визначення ентропії - зв'язок термодинаміки зі статистичною фізикою).	4	2	8
2	Канонічний та великий канонічний розподіли Гіббса. Одночастинкові функції розподілу. Розподіл Максвелла та розподіл Больцмана.	2		
3	Термодинамічні властивості класичного неідеального газу. Рівняння стану у вигляді вирішального ряду за степенями густини. Рівняння Ван-дер-Ваальса.	2	2	4
4	Теорія флуктуацій. Статистична та термодинамічна теорії флуктуацій.	4	2	6
5	Основні поняття квантової статистики. Матриця густини ймовірності мікростанів, статистичний оператор, статистична сума. Розподіли Гіббса у квантовій статистиці.	2	2	8
6	Квантова статистика ідеального газу. Розподіли Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна	2		
7	Термодинамічні властивості невиродженого одноатомного та двоатомного молекулярного ідеального газу. Умови переходу від квантового до класичного опису. Вплив спінового стану атомних ядер двоатомної молекули. Рівноважні значення чисел молекул орто- та параводню.	4	2	6
8	Термодинамічні властивості виродженого ідеального бозе-газу. Бозе-конденсація. Температура бозе-конденсації T_0 . Число бозе-частинок на основному енергетичному рівні. Енергія, теплоємність та тиск бозе-газу при $T < T_0$.	2	2	4

9	Термодинамічні властивості рівноважного електромагнітного випромінювання. Формула Планка для спектральної густини випромінювання, закон Віна, закон Стефана-Больцмана. Спектральна густина фотонів.	2	2	6
10	Термодинамічні властивості твердого тіла. Внесок акустичних та оптичних коливань в енергію коливань і коливальну теплоємність.	2		
11	Термодинамічні властивості електронного газу у металах. Енергія Фермі. Теплоємність. Контактна різниця потенціалів.	4	2	8
12	Статистика носіїв заряду в напівпровідниках. Концентрація носіїв заряду у власному та домішковому напівпровідниках. Принцип компенсації.	2		
13	Магнітні властивості невиродженого одноатомного ідеального газу.	2		
14	Магнітні властивості виродженого ідеального газу електронів.	2	2	6
Модульна контрольна робота 2			2	3
Всього		44	30	75

Загальний обсяг 150 год⁵, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – **44 год.**

Семінари – **год.**

Практичні заняття - **30 год.**

Лабораторні заняття - **_____ год.**

Тренінги - **_____ год.**

Консультації - **1_ год.**

Самостійна робота – **75 год.**

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна :(Базова)

1. Федорченко А. М. Теоретична фізика. Т. 2. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика / А. М. Федорченко. – К. : Вища шк., 1993.
2. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М. Молекулярна фізика: Підручник. – К.: Знання, 2006, - 567с. – (Класична та сучасна фізика).
3. Дацюк В. В. Термодинаміка і статистична фізика. / В. В. Дацюк, М. Ф. Ледней, І. П. Пінкевич : збір. задач для студ. фіз. ф-ту. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012.

Додаткова

4. Гиббс Дж. В. Термодинамика. Статистическая механика. - М., 1982.
5. Хуанг К. Статистическая механика, - М., 1966.
6. Кубо Р.. Статистическая механика, - М., 1967. Термодинамика, - М., 1970.

⁵ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

7. Кубо Р. Термодинамика. М.: Мир, 1970, 304 с.
8. Зубарев Д. Н., Морозов В. Г., Рёпке Г. Статистическая механика неравновесных процессов. — М.: Физико-математическая литература, 2002. 432 с. - ISBN 5-9221-0211-7 Т. 1).
9. K.V. Klitzing, G. Dorda, M. Pepper New Method for High-Accuracy Determination of the Fine-Structure Constant Based on Quantized Hall Resistance Phys. Rev. Lett. 45, 494 (1980) [doi:10.1103/PhysRevLett.45.494](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.45.494)
10. Фон Клитцинг К. Квантованный эффект Холла (Нобелевская лекция). УФН, 150, вып.1, 1986.