

Сумський державний педагогічний університет
імені А.С.Макаренка

Фізико-математичний факультет

Кафедра математики, фізики та методик їх навчання



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан фізико-математичного факультету

Каленик М.В.

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« 31 » серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Термодинаміка і статистична фізика

(назва навчальної дисципліни)

галузь знань 01 Освіта/ Педагогіка
(шифр і назва галузі знань)

спеціальність 014 Середня освіта (Фізика)
(шифр і назва)

освітня-програма/програми Середня освіта (Фізика. Математика) першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти
(назва)

мова навчання українська

Погоджено науково-методичною комісією
фізико-математичного факультету

« 31 » серпня 2023 р.

Голова О.О. Одінцова О.О.,
канд. фіз.-мат. наук, доцент

(ПІБ, науковий ступінь, вч. звання)


Суми - 2023

Розробник:

Салтикова А.І., канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри математики,
фізики та методик їх навчання

Робоча програма розглянута і схвалена на засіданні кафедри математики, фізики
та методик їх навчання

Протокол № 1 від «31» серпня 2023 р.

Завідувач кафедри,
доктор педагогічних наук, професор  Чашечникова О.С.

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Бакалавр	Обов'язкова	
		Рік підготовки:	
4-й		-й	
Семестр			
8-й		-й	
Лекції			
24 год.		год.	
Практичні, семінарські			
36 год.		год.	
Лабораторні			
-		год.	
Самостійна робота			
60 год.		год.	
Консультації:			
-		год.	
Загальна кількість годин - 120			Вид контролю: залік

1. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є вивчення основних законів термодинаміки рівноважних процесів, термодинамічних властивостей макроскопічних систем, основних експериментальних закономірностей, що лежать в основі законів термодинаміки, статистичних методів опису класичних і квантових макроскопічних систем, зв'язку законів термодинаміки і статистичних методів опису, а також формування у студентів знань і умінь, що дозволяють моделювати термодинамічні явища та проводити чисельні розрахунки відповідних фізичних величин, формування наукового світогляду.

Основними завданнями вивчення дисципліни є

– розкриття ролі статистичних закономірностей в природі, формулювання основних законів і методів термодинаміки та статистичної фізики.

– розглянути основні експериментальні закономірності термодинамічних явищ, статистичні методи опису властивостей речовини, структуру та математичну форму основних рівнянь статистичної механіки і термодинаміки, особливості їх використання при описі різних явищ;

– розглянути основні методи експериментального і теоретичного дослідження термодинамічних явищ, використання термодинамічних явищ в сучасних технологіях;

– проаналізувати основні принципи моделювання термодинамічних явищ, встановити область застосування цих моделей, розглянути способи обчислення фізичних величин, що характеризують явища.

- формувати науковий світогляд майбутніх вчителів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати :

- поняття термодинамічних систем, їх основні властивості і засоби описування, визначення рівноважних і нерівноважних процесів, перший та другий закони термодинаміки, термодинамічні потенціали, фазові переходи першого та другого роду, загальні умови рівноваги та стійкості термодинамічних систем, умови рівноваги двох фаз, основні уявлення статистичної механіки,

поняття про мікроскопічний опис стану системи, квантове і класичне рівняння Ліувілля, мікроканонічний розподіл, канонічний розподіл), основи квантової статистики, статистичну теорію ідеальних систем (розподіл Бозе-Ейнштейна і Фермі-Дірака), теорію Ейнштейна і Дебая для теплоємності твердих тіл, ланцюжок рівнянь Боголюбова, рівняння Больцмана, поняття про флуктуації фізичних величин, співвідношення Онзагера, принцип Ле-Шательє.

- межі застосування законів термодинаміки і рівноважної статистичної механіки;

- принципи, що лежать в основі математичних методів теоретичної фізики;

- принципи використання термодинамічних явищ у сучасних технологіях.

- базову термінологію, що відноситься до термодинамічних явищ, основні поняття, закони термодинаміки і статистичної механіки та їх математичне вираження;

- фундаментальні дослідження, що лежать в основі законів термодинаміки;

- логіку побудови термодинаміки на основі фундаментальних дослідів;

- основні статистичні методи опису макроскопічних систем.

вміти :

- обчислювати термодинамічні характеристики системи у стані рівноваги, виводити співвідношення між похідними термодинамічних величин, розраховувати роботу ідеального газу при політропних процесах, застосовувати метод термодинамічних потенціалів і метод циклів для розв'язування прикладних задач;

- знаходити ККД циклів;

- використовувати розподіл Гіббса і розв'язувати задачі із застосуванням розподілів Фермі-Дірака і Бозе-Ейнштейна, визначати теплоємність твердих тіл при низьких температурах, виводити рівняння Больцмана із рівняння Ліувілля;

- визначати флуктуації термодинамічних величин для квантового і класичного ідеального газу;

- продемонструвати зв'язок фундаментальних дослідів із законами термодинаміки з допомогою відомих математичних методів;

- розв’язувати задачі з даної дисципліни;
- моделювати термодинамічні явища і проводити чисельні розрахунки відповідних фізичних величин у загальноприйнятих системах одиниць;
- проводити експерименти по вимірюванню термодинамічних величин з використанням простих методів обробки результатів вимірювання.

2. Передумови для вивчення дисципліни

Вивчення курсу ґрунтується на знаннях студентів, набутих ними в процесі навчання математичних дисциплін, курсів загальної фізики, фізики твердого тіла та попередніх розділів теоретичної фізики (класична механіка, електродинаміка, квантова механіка). Курс термодинаміки і статистичної фізики є базою для навчання багатьох прикладних розділів фізичних та технічних дисциплін і ряду спецкурсів.

3. Результати навчання за дисципліною

Знання	ПРЗ 1	Демонструє знання та розуміння основ загальної та теоретичної фізики та математики.
Уміння	ПРУ 3	Розв’язує задачі різних рівнів складності шкільного курсу фізики та математики.
	ПРУ 4	Користується математичним апаратом фізики, використовує математичні та числові методи, які часто застосовуються у фізиці.
	ПРУ 8	Самостійно вивчає нові питання фізики, математики та методики їх навчання за різноманітними інформаційними джерелами та вміє критично їх оцінювати.
Комунікація	-	

4. Критерії оцінювання результатів навчання

Шкала ЄКТС	Критерії оцінювання навчальних досягнень студента
A	Повно та ґрунтовно засвоїв всі теми навчальної програми, вміє вільно та самостійно викласти зміст всіх питань програми навчальної дисципліни, розуміє її значення для своєї професійної підготовки, повністю виконав усі завдання

	кожної теми та поточного і підсумкового контролю в цілому.
B	Недостатньо повно та ґрунтовно засвоїв окремі питання робочої програми. Вміє самостійно викласти зміст основних питань програми навчальної дисципліни, виконав усі завдання кожної теми та поточного і підсумкового контролю в цілому.
C	Недостатньо повно та ґрунтовно засвоїв деякі теми робочої програми, не вміє самостійно викласти зміст деяких питань програми навчальної дисципліни. Окремі завдання кожної теми та поточного і підсумкового контролю в цілому виконав не повністю.
D	Засвоїв лише окремі теми робочої програми. Не вміє вільно самостійно викласти зміст основних питань навчальної дисципліни. Окремі завдання кожної теми та поточного і підсумкового контролю не виконав.
E	Засвоїв лише окремі питання навчальної програми. Не вміє достатньо самостійно викласти зміст більшості питань програми навчальної дисципліни. Виконав лише окремі завдання кожної теми та поточного і підсумкового контролю в цілому.
F	Не засвоїв більшості тем навчальної програми не вміє викласти зміст більшості основних питань навчальної дисципліни. Не виконав більшості завдань кожної теми та поточного і підсумкового контролю в цілому.
FX	Не засвоїв навчальної програми, не вміє викласти зміст кожної теми навчальної дисципліни, не виконав завдань поточного і підсумкового контролю.

Розподіл балів

Поточний контроль													Сам. робота	Загальна сума
РОЗДІЛ 1							РОЗДІЛ 2							
Т 1.1	Т 1.2	Т 1.3	Т 1.4	Т 1.5	Т 1.6	Т 1.7	Т 2.1	Т 2.2	Т 2.3	Т 2.4	Т 2.5	Т 2.6	25	100
Поточний контроль														
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5		
Контроль самостійної роботи														
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1		

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		для екзамену, заліку, курсового проекту (роботи), практики
90 – 100	A	відмінно
82 - 89	B	добре
74 - 81	C	
64 - 73	D	задовільно
60 - 63	E	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
1 - 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

5. Засоби діагностики результатів навчання

Курс побудовано на лекційних заняттях, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом, та з практичних занять, що складаються з трьох частин: 1) усне опитування теоретичного матеріалу; 2) перевірка домашнього завдання; 3) розв'язання типових задач за темою, що вивчається. Питання для теоретичного опитування, приклади розв'язання типових завдань, завдання для самостійної роботи студентів та роботи на практичних заняттях наведені в методичному посібнику з даного курсу. На самостійну роботу виведено низку

питань (перелік наведено нижче), що стосуються змісту курсу, а також розв'язання задач за матеріалом, що вивчається (домашні завдання).

Поточний контроль включає роботу на практичних заняттях і 2-і контрольні роботи, виконання домашніх та індивідуальних завдань та усне опитування теоретичного матеріалу, екзамен.

6. Програма навчальної дисципліни

6.1. Інформаційний зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ ТА СТАТИСТИЧНОЇ ФІЗИКИ

Тема 1.1. Вступ. Термодинаміка і статистична фізика як макроскопічна та мікроскопічна теорії теплової форми руху матерії відповідно.

Тема 1.2. Термодинамічна система та деякі вихідні поняття й означення.

Тема 1.3. Приклади статистичного дослідження термодинамічних систем.

Тема 1.4. Основні положення методу Гіббса.

Тема 1.5. Статистичне обґрунтування законів термодинаміки.

Тема 1.6. Методи статистичної термодинаміки.

Тема 1.7. Методи отримання низьких температур.

Розділ 2. ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ГАЗІВ ТА КОНДЕНСОВАНИХ СИТЕМ

Тема 2.1. Застосування статистичної термодинаміки для вивчення класичних газів.

Тема 2.2. Основи класичної та квантової теорії теплоємності ідеальних газів та кристалів.

Тема 2.3. Квантовий ідеальний газ.

Тема 2.4. Рівновага фаз та фазові перетворення.

Тема 2.5. Флуктуації.

Тема 2.6. Елементи теорії необоротних процесів.

6.2. Структура та обсяг навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		Лекції	Практ.	Лабор.	Конс.	Самост. р.		Лекції	Практ.	Лабор.	Конс.	Самост. р.
РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ ТА СТАТИСТИЧНОЇ ФІЗИКИ												
Тема 1.1. Вступ. Термодинаміка і статистична фізика як макроскопічна та мікроскопічна теорії теплової форми руху матерії відповідно.	12	2				10						
Тема 1.2. Термодинамічна система та деякі вихідні поняття й означення.	26	2	8			12						
Тема 1.3. Приклади статистичного дослідження термодинамічних систем.	24	2	6			12						
Тема 1.4. Основні положення методу Гіббса.	24	2	8			10						
Тема 1.5. Статистичне обґрунтування законів термодинаміки.	24	2	6			12						
Тема 1.6. Методи статистичної термодинаміки.	20	2	6			12						
Тема 1.7. Методи отримання низьких температур.	18	2			2	10						
РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ГАЗІВ ТА КОНДЕНСОВАНИХ СИТЕМ												
Тема 2.1. Застосування статистичної термодинаміки для вивчення класичних газів.	24	2	6			10						
Тема 2.2. Основи класичної та квантової теорії теплоємності ідеальних газів та кристалів.	22	2	6			10						
Тема 2.3. Квантовий ідеальний газ.	24	2	6			8						
Тема 2.4. Рівновага фаз та фазові перетворення.	22	2	6			8						
Тема 2.5. Флуктуації.	14					8						
Тема 2.6. Елементи теорії необоротних процесів.	16	2				8						
Усього годин	120	24	36		2	60						

Теми лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1.	Вступ. Термодинаміка і статистична фізика як макроскопічна та мікроскопічна теорії теплової форми руху матерії відповідно. Феноменологічний метод термодинаміки і мікроскопічний метод статистичної механіки. Термодинамічна система та деякі вихідні поняття й означення. Стан термодинамічної рівноваги. Рівноважні та нерівноважні процеси. Температура Робота в термодинамічному процесі, внутрішня енергія та кількість теплоти. Термічне і калоричне рівняння стану.	2	
2.	Приклади статистичного дослідження термодинамічних систем. Елементи теорії ймовірностей. Розподіл молекул ідеального газу за швидкостями	2	
3.	Основні положення методу Гіббса. Фазовий простір. Середні за часом та статистичним ансамблем. Теорема Ліувілля. Особливості статистичного опису класичних і квантових систем	2	
4.	Розподіл Гіббса	2	
5.	Статистичне обґрунтування законів термодинаміки.	2	
6.	Методи статистичної термодинаміки. Метод циклів. Ентропійні діаграми. Цикл Карно на ентропійній діаграмі. Вивчення залежності коефіцієнта поверхневого натягу рідин від температури методом циклів. Вивчення залежності тиску насиченої пари від температури методом циклів. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.	2	
7.	Метод характеристичних функцій. Характеристичні функції. Рівняння Максвелла та Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали систем зі змінною кількістю частинок. Визначення термодинамічних потенціалів статистичним методом. Метод характеристичних функцій. Характеристичні функції. Рівняння Максвелла та Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали систем зі змінною	2	

	кількістю частинок. Визначення термодинамічних потенціалів статистичним методом.		
8.	Застосування статистичної термодинаміки для вивчення класичних газів. Ідеальний газ. Термодинамічні потенціали ідеального газу. Процеси в ідеальному газі. Газ Ван-дер-Ваальса. Критичний стан.	2	
9.	Основи класичної та квантової теорії теплоємності ідеальних газів та кристалів. Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями свободи. Класична теорія теплоємності газів. Квантова теорія теплоємності газів.	2	
10.	Квантовий ідеальний газ. Протиріччя класичної статистики. Статистика Максвелла-Больцмана, Бозе-Ейнштейна та Фермі-Дірака.	2	
11.	Критерій виродження. Молекулярний бозе-газ. Статистика фермі-газу. Термодинамічні потенціали бозе та фермі-газів.	2	
12.	Рівновага фаз та фазові перетворення. Загальні умови рівноваги термодинамічних систем. Умови рівноваги фаз однокомпонентної системи. Умова рівноваги гетерогенної багатокомпонентної системи. Правило фаз Гіббса. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Фазові діаграми. Потрійна та критична точки. Фазові переходи другого роду, рівняння Еренфеста. Класифікація фазових перетворень.	2	
Разом		24	

Теми практичних (семінарських) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Термодинамічна система та деякі вихідні поняття й означення.	2	
2	Закон Максвелла про розподіл молекул за швидкостями	2	

3	Вступ до статистичного методу Гіббса	2	
4	Розподіл Гіббса	2	
5	Статистичне обґрунтування законів термодинаміки	2	
6	Розв'язування задач з використанням законів термодинаміки	4	
7	Методи статистичної термодинаміки	2	
8	Застосування методу циклів та методу характеристичних функцій для розв'язування навчальних задач	2	
9	Контрольна робота	2	
10	Застосування статистичної термодинаміки для вивчення ідеальних та реальних газів	2	
11	Застосування статистичної термодинаміки для вивчення теплоємності ідеальних та реальних газів	2	
12	Квантовий ідеальний газ	2	
13	Розв'язання задач, пов'язаних з квантовими газами	2	
14	Рівновага фаз та фазові перетворення	2	
15	Розв'язання задач на з використанням умов рівноваги фаз та фазових перетворень	2	
16	Контрольна робота	2	
17	Заключне заняття – підсумок	2	
Разом		36	

7. Рекомендовані джерела інформації

Основні:

1. Волчанський О.В. Термодинаміка і статистична фізика: навчальний посібник: [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] / Волчанський О.В., Гур'євська О.М., Подопригора Н.В. – Кіровоград: ТОВ «Сабоніт», 2012. – 431 с.
2. Дудик М.В. Термодинаміка і статистична фізика (курс лекцій): навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізико-математичних спеціальностей. – Умань: ПП «Жовтий», 2015. – 132 с. Исихара А. Статистическая физика. / Исихара А. – М., мир, 1973. – 466с.
3. Казанський В.Б. Статистична фізика та термодинаміка: Навчальний посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2008. – 140 с.
4. Мороз І.О. Основи термодинаміки та статистичної фізики Навчальний посібник. – Суми; ТОВ Друкарський дім «Папірус», 2012. – 574 с.

5. Федорченко А.М. Вступ до курсу статистичної фізики та термодинаміки. / Федорченко А.М. – К.: Вища школа, 1973. – 187с.
6. Конспект лекцій з дисципліни «Термодинаміка та статистична фізика» для підготовки бакалаврів напряму 6.040203 «Фізика» / Укладач: к.фіз.-мат.н., доц.. Таран В.Г., Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2016. - 131 с.
7. Мороз І. О. Основи статистичної термодинаміки та елементи нанотермодинаміки. Практичні заняття зі статистичної фізики та термодинаміки. Частина 1 :навчальний посібник / І. О. Мороз, О. М. Завражна. – Суми : Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. – 240 с.
8. Статистична фізика: Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського;уклад.: В. М. Коваль. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,88 Мбайт). – Київ: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2021. – 82 с.
9. Казанський В.Б., Хардіков В.В., Статистична фізика та термодинаміка: Навчальний посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 292 с.

Додаткові:

1. Рубіш В.В. Конспект лекцій з курсу "Термодинаміка та статистична фізика" – Ужгород: ДВНЗ УжНУ, 2015. – 155 с.
2. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. / Киттель Ч. – М.: Наука, 1977. – 336с.
3. Ландау Л.Д. Статистическая физика. / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. – М.: Наука, 1964. – 568с.
4. Булавін Л.А. Молекулярна фізика. / Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М. – К.: Знання, 2006. – 576с.
5. Коновалов В.М. Курс теоретичної фізики. Термодинаміка. / Коновалов В.М. – К.: Радянська школа, 1962. – 296с.
6. Кучерук І.М. Загальний курс фізики: у 3-х т.: навч. посіб. [для студ. вищ. техн. та пед. закладів]. / Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. – 2-ге вид., випр – К.: Техніка, 2006. – Т.1: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. – 2006. – 536с.