

Сумський державний педагогічний університет  
імені А.С.Макаренка

Фізико-математичний факультет

Кафедра фізики та методики навчання фізики

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан фізико-математичного факультету

Каленик М.В.

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« \_\_\_\_\_ »

2020 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) першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти

(назва)

Мова навчання українська

Погоджено науково-методичною комісією

Фізико-математичного факультету

« \_\_\_\_\_ » 2020 р.

Голова Одінцова О.О.,

канд., фіз.-мат., наук, доцент

(ПІБ, науковий ступінь, вч. звання)

Суми - 2020

Розробники:

1. Салтикова А.І., канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри фізики та методики навчання фізики

Робоча програма розглянута і схвалена на засіданні кафедри фізики та методики навчання фізики

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Завражна О.М.,  
канд. фіз.-мат. наук, доцент

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 9	Бакалавр	Обов'язкова	
		<b>Рік підготовки:</b>	
4-й		-й	
<b>Семестр</b>			
2-й		-й	
<b>Лекції</b>			
70 год.		год.	
<b>Практичні, семінарські</b>			
56 год.		год.	
<b>Лабораторні</b>			
-		год.	
<b>Самостійна робота</b>			
142 год.		год.	
<b>Консультації:</b>			
2 год.		год.	
Вид контролю: екзамен			
Загальна кількість годин - 270			

## **2. Мета вивчення навчальної дисципліни**

**Метою викладання 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 досліди, 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.

### 3. Передумови для вивчення дисципліни

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

### 4. Результати навчання за дисципліною

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

### 5. Критерії оцінювання результатів навчання

<b>Шкала ЄКТС</b>	<b>Критерії оцінювання навчальних досягнень студента</b>
<b>A</b>	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.

В	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.
С	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.
Д	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.
Е	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.
Ф	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	Сума	Підсумки	Загальна сума
РОЗДІЛ 1	РОЗДІЛ 2				

																й (екз.)	
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	23	75	25	100	
Поточний контроль																	
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
Контроль самостійної роботи																	
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	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	<b>A</b>	<b>відмінно</b>
82 - 89	<b>B</b>	<b>добре</b>
74 - 81	<b>C</b>	
64 - 73	<b>D</b>	<b>задовільно</b>
60 - 63	<b>E</b>	
35-59	<b>FX</b>	<b>незадовільно з можливістю повторного складання</b>
1 - 34	<b>F</b>	<b>незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни</b>

### 6. 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.

## **7. Програма навчальної дисципліни**

### **7.1. 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.

### **7.2. Структура та обсяг навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Денна форма		Заочна форма	
	А	Б	А	Б
	у тому числі		у тому числі	

		Лекції	Практ.	Лабор.	Конс.	Самост. р.		Лекції	Практ.	Лабор.	Конс.	Самост. р.
<b>РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ ТА СТАТИСТИЧНОЇ ФІЗИКИ</b>												
<b>Тема 1.1.</b> Вступ. Термодинаміка і статистична фізика як макроскопічна та мікроскопічна теорії теплової форми руху матерії відповідно.	12	2				10						
<b>Тема 1.2.</b> Термодинамічна система та деякі вихідні поняття й означення.	26	6	8			12						
<b>Тема 1.3.</b> Приклади статистичного дослідження термодинамічних систем.	24	6	6			12						
<b>Тема 1.4.</b> Основні положення методу Гіббса.	24	4	8			12						
<b>Тема 1.5.</b> Статистичне обґрунтування законів термодинаміки.	24	6	6			12						
<b>Тема 1.6.</b> Методи статистичної термодинаміки.	20	4	4			12						
<b>Тема 1.7.</b> Методи отримання низьких температур.	18	6			2	10						
<b>РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ГАЗІВ ТА КОНДЕНСОВАНИХ СИТЕМ</b>												
<b>Тема 2.1.</b> Застосування статистичної термодинаміки для вивчення класичних газів.	24	8	6			10						
<b>Тема 2.2.</b> Основи класичної та квантової теорії теплоємності ідеальних газів та кристалів.	22	4	6			12						
<b>Тема 2.3.</b> Квантовий ідеальний газ.	24	8	6			10						
<b>Тема 2.4.</b> Рівновага фаз та фазові перетворення.	22	6	6			10						
<b>Тема 2.5.</b> Флуктуації.	14	4				10						
<b>Тема 2.6.</b> Елементи теорії необоротних процесів.	16	6				10						
<b>Усього годин</b>	<b>270</b>	<b>70</b>	<b>56</b>		<b>2</b>	<b>142</b>						

### 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	2	

	руху матерії відповідно. Феноменологічний метод термодинаміки і мікроскопічний метод статистичної механіки.		
2	Термодинамічна система та деякі вихідні поняття й означення. Стан термодинамічної рівноваги. Рівноважні та нерівноважні процеси. Температура.	2	
3	Робота в термодинамічному процесі, внутрішня енергія та кількість теплоти. Термічне і калоричне рівняння стану.	2	
4	Приклади статистичного дослідження термодинамічних Елементи теорії ймовірностей.	2	
5	Розподіл молекул ідеального газу за швидкостями.	2	
6	Статистична теорія поляризації полярних діелектриків	2	
7	Основні положення методу Гіббса. Фазовий простір. Середні за часом та статистичним ансамблем.	2	
8	Теорема Ліувілля	2	
9	Особливості статистичного опису класичних і квантових систем	2	
10	Розподіл Гіббса.	2	
11	Статистичне обґрунтування законів термодинаміки.	6	
12	Методи статистичної термодинаміки. Метод циклів. Ентропійні діаграми. Цикл Карно на ентропійній діаграмі. <i>Вивчення залежності коефіцієнта поверхневого натягу рідин від температури методом циклів. Вивчення залежності тиску насиченої пари від температури методом циклів. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.</i>	2	
13	Метод характеристичних функцій. Характеристичні функції. Рівняння Максвелла та Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали систем зі змінною кількістю частинок. Визначення термодинамічних потенціалів статистичним методом.	2	
14	Методи отримання низьких температур. Процес необоротного адіабатного розширення (процес Джоуля-Томсона).	2	
15	Процес оборотного адіабатного розширення. Процес оборотного розмагнічення парамагнетика.	2	
16	Застосування статистичної термодинаміки для вивчення класичних газів. Ідеальний газ.	2	

	Термодинамічні потенціали ідеального газу.		
17	Процеси в ідеальному газі.	2	
18	Газ Ван-дер-Ваальса. Критичний стан.	2	
19	Розподіл Максвелла-Болцмана.	2	
20	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	
21	Модель кристалічних тіл. Гармонічне та адиабатичне наближення. Теорії теплоємності кристалів (класична, Ейнштейна, Дебая).	2	
22	Квантовий ідеальний газ. Протиріччя класичної статистики. Статистика Максвелла-Больцмана, Бозе-Ейнштейна та Фермі-Дірака.	2	
23	Критерій виродження. Молекулярний бозе-газ.	2	
24	Фотонний бозе-газ (Статистична та термодинамічна теорії).	2	
25	Статистика фермі-газу. Термодинамічні потенціали бозе та фермі-газів.	2	
26	Рівновага фаз та фазові перетворення. Загальні умови рівноваги термодинамічних систем. Умови рівноваги фаз однокомпонентної системи.	2	
27	Умова рівноваги гетерогенної багатокомпонентної системи. Правило фаз Гіббса. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.	2	
28	Фазові діаграми. Потрійна та критична точки.	2	
29	Фазові переходи другого роду, рівняння Еренфеста. Класифікація фазових перетворень. Поняття про фазові перетворення другого роду. <i>Фазовий перехід у надпровідний стан у відсутності та при наявності магнітного поля. Напівфеноменологічна теорія Ландау фазових переходів другого роду. Поверхневі явища. Критичні явища.</i>	2	
30	Напівтермодинамічна теорія флюктуацій: флюктуації в мікροканонічному ансамблі, флюктуації в канонічному ансамблі.	2	
31	Розподіл Гауса для малих флюктуацій. Флюктуації основних термодинамічних величин. Розсіяння світла на флюктуаціях густини. <i>Застосування канонічного</i>	2	

	<i>та великого канонічного ансамблів до розрахунку флуктуацій. Флуктуації чисел заповнення для фермі-газу. Флуктуації чисел заповнення для бозе-газу.</i>		
32	<i>Елементи теорії необоротних процесів. Випадкові процеси. Рівняння Смолуховського. Рівняння Колмогорова. Коре-ляція флуктуацій у часі. Теорема Вінера-Хінчина. Теплові шуми. Формула Найквіста. Фізичні характеристики броунівський руху. Середньоквадратичне зміщення броунівської частинки. Броунівський рух і дифузія. Рівняння Ейнштейна-Фоккера-Планка. Броунівський рух і молекулярно-кінетична теорія.</i>	2	
33	<i>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. Термоелектричні явища. Кінетичні коефіцієнти для дифузії, теплопровідності, дифузійного переносу тепла та термодифузії. Виведення рівняння Больцмана з ланцюжка рівнянь для кінетичних функцій розподілу. Властивості інтеграла зіткнень. Інваріанти зіткнень. Рівноважний розв'язок кінетичного рівняння Больцмана. Н-теорема Больцмана. Проблема Больцмана. Мікроскопічна оборотність та макроскопічна необоротність. Методи розв'язування кінетичного рівняння Больцмана. Кінетичне рівняння у наближенні часу релаксації.</i>	2	
Разом			

### Теми практичних (семінарських) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Термодинамічна система та деякі вихідні поняття й	2	

	означення.		
2	Закон Максвелла про розподіл молекул за швидкостями	4	
3	Вступ до статистичного методу Гіббса	4	
4	Розподіл Гіббса	2	
5	Статистичне обґрунтування законів термодинаміки	4	
6	Розв'язування задач з використанням законів термодинаміки	6	
7	Методи статистичної термодинаміки	4	
8	Застосування методу циклів та методу характеристичних функцій для розв'язування навчальних задач	4	
9	Контрольна робота	2	
10	Застосування статистичної термодинаміки для вивчення ідеальних та реальних газів	6	
11	Застосування статистичної термодинаміки для вивчення теплоємності ідеальних та реальних газів	2	
12	Квантовий ідеальний газ	6	
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	Заклучне заняття – підсумок	2	
Разом			

### Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Елементи теорії імовірностей. Базові поняття, теореми. Функції розподілу.	10	
2	Математичний апарат статистичної фізики і термодинаміки. Функціональний визначник. Гама-функція, інтеграл Пуассона	10	
3	Властивості канонічного розподілу Гібса. Визначення середніх і найімовірних значень енергії системи	10	
4	Особливості поведіння ансамблів, що складаються з ферміонів або бозонів. Властивості функцій розподілу	10	

	свободних електронів у металі (рівень Фермі) та фотонного газу (абсолютно чорне тіло, рівноважне випромінювання)		
5	Статистичний характер 2-го начала термодинаміки. Симетрія часової залежності ентропії. Теорія теплової смерті Всесвіту.	10	
6	Вивчення залежності коефіцієнта поверхневого натягу рідин від температури методом циклів. Вивчення залежності тиску насиченої пари від температури методом циклів. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса	10	
7	Методи рівноважної термодинаміки. Характеристичні функції та їх застосування.	10	
8	Фазовий перехід у надпровідний стан у відсутності та при наявності магнітного поля. Напівфеноменологічна теорія Ландау фазових переходів другого роду. Поверхневі явища. Критичні явища.	10	
9	Застосування канонічного та великого канонічного ансамблів до розрахунку флуктуацій. Флуктуації чисел заповнення для фермі-газу. Флуктуації чисел заповнення для бозе-газу	10	
10	Рівняння Смолуховського. Рівняння Колмогорова. Коре-ляція флуктуацій у часі. Теорема Вінера-Хінчина. Теплові шуми. Формула Найквіста.	10	
11	Основні поняття та постулати необоротної термодинаміки.	10	
12	Властивості кінетичних коефіцієнтів. Співвідношення Онсагера для кінетичних коефіцієнтів. Термоелектричні явища. Кінетичні коефіцієнти для дифузії, теплопровідності, дифузійного переносу тепла та термодифузії.	10	
13	Виведення рівняння Больцмана з ланцюжка рівнянь для кінетичних функцій розподілу. Властивості інтеграла зіткнень. Інваріанти зіткнень. Рівноваж	10	
14	Проблема Больцмана. Мікроскопічна оборотність та макроскопічна необоротність. Методи розв'язування кінетичного рівняння Больцмана. Кінетичне рівняння у наближенні часу релаксації.	12	
Разом		142	

## 8. Рекомендовані джерела інформації

### Основні:

1. Базаров И.П. Термодинамика. / Базаров И.П. – М.: Высшая школа, 1991. – 376с.
2. Василевский А.С. Статистическая физика и термодинамика: учеб. пособие [для студентов физ. -мат. фак. пед. ин-тов.]. / Василевский А.С., Мултановский В.В. – М. Просвещение, 1985. – 256с.
3. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики. / Ансельм А.И. – М.: Наука, 1973. – 424с.
4. Левич В.Г. Введение в статистическую физику. / Левич В.Г. – М-Л.: ГИТТЛ, 1950. – 530с.
5. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. / Леонтович М.А. – М.: Наука, 1983. – 416с.
6. Мороз І.О. Основи термодинаміки та статистичної фізики. Навчальний посібник. / І.О. Мороз. – Суми: Видавництво «МакДен», 2012. – 565 с.
7. Ноздрев В.Ф. Курс термодинамики. / Ноздрев В.Ф. – М.: Просвещение, 1967. – 247с.
8. Ноздрев В.Ф. Курс статистической физики. / Ноздрев В.Ф., Сенкевич А.А. – М. Высшая школа, 1966. – 288с.
9. Радущкевич Л.В. Курс термодинамики. / Радущкевич Л.В. – М.: Просвещение, 1971. – 288с.
10. Серова Ф.Г. Сборник задач по термодинамике. / Серова Ф.Г., Янкина А.А. – М.: Просвещение, 1976. – 160с.
11. Терлецкий П.П. Статистическая физика. / Терлецкий П.П. – М.: Высшая школа, 1973. – 280с.
12. Федорченко А.М. Вступ до курсу статистичної фізики та термодинаміки. / Федорченко А.М. – К.: Вища школа, 1973. – 187с.

### Додаткові:

1. Исихара А. Статистическая физика. / Исихара А. – М., мир, 1973. – 466с.



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. Мороз І.О. Теоретико-методичні засади вивчення термодинаміки і статистичної фізики в педагогічних університетах: монографія / І.О. Мороз; Міністерство освіти і науки України; Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова. – Суми: ТОВ «Друкарський дім «Папірус», 2013. – 380 с. : іл..
5. Мороз І.О. Елементи математичного апарату термодинаміки / Мороз І.О. // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – Суми: СумДПУ, 2011. – № 8(18). – С. 259 – 267.
6. Мороз І.О. Закон Максвелла про розподіл швидкостей молекул в курсі фізики / І.О. Мороз, О.В.Яременко, Л.О.Яременко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. – Чернігів, 2011. – Випуск 89. – С. 345 – 348.
7. Мороз Іван Класифікація фазових перетворень / Іван Мороз // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2011. – Випуск 98. – С. 100 – 104.
8. Мороз І.О. Застосування першого закону термодинаміки під час її вивчення / Мороз І.О. // Фізика та астрономія в сучасній школі. – К.: Педагогічна преса, 2012. – № 5. – С. 25 – 28.
9. Мороз І.А. Изучение темы «термодинамическая теория методов получения низких температур» в процессе подготовки учителя физики / Мороз І.А // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения: сб. материалов XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: НГТУ, 2012. – С. 231 – 239.
10. Мороз І.А. Использование графиков при изучении термодинамики / Мороз І.А. // Фен-наука: периодический журнал научных трудов. – Бугульма (РФ), 2012. – № 12(15). – С. 60 – 65.

11. Мороз І.О. Методика викладання питання про порівняння статистик в курсі теоретичної фізики ВНЗ. / Мороз І.О. // Педагогічна освіта: теорія і практика: Збірник наукових праць. – Кам'янець-Подільський, 2012. – Випуск 11. – С. 211 – 215.

12. Мороз И.А. Методика преподавания темы «Ферми-газы» в системе подготовки учителя физики / Мороз И.А. // Вестник социально-педагогического института. – Дербент (РФ), 2012. – № 2(5). – С. 45 – 52.

13. Мороз І.О. Висвітлення протиріч класичної статистики в курсі термодинаміки та статистичної фізики / Мороз І.О. // Вісник Черкаського університету. Серія: Педагогічні науки. – Черкаси, 2012. – №12 (225). – С. 80 – 84.

14. Мороз І.О. Методичне обґрунтування першого закону термодинаміки в курсі фізики ВНЗ / Мороз І.О. // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – Вип. 108. – Част.2. – С. 215 – 219.

15. Мороз І.О. Методичний та онтодидактичний аналіз теми «Реальні гази» в курсі теоретичної фізики педагогічних університетів / Мороз І.О. // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – Суми: СумДПУ, 2012. – № 5(23). – С. 254 – 261.

16. Мороз І.О. Методичні рекомендації до доведення теореми про рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності в курсі статистичної фізики / І.О. Мороз // Науковий часопис НПУ імені М.П.Драгоманова. Серія 6. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – К, 2012. – Випуск 32. – С. 147 – 154.

17. Мороз І.О. Особливості викладання теми «Другий закон термодинаміки» / Мороз І.О. // Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – К, 2012. – Випуск 32. – С. 147 – 154.

18. Мороз І.О. Перший закон термодинаміки у курсі фізики ВНЗ / Мороз І.О. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2012. – Випуск X, Т.2. – С. 211 – 215.

19. Мороз І.О. Поняття температури в статистичній термодинаміці / Мороз І.О. // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – Суми: СумДПУ, 2012. – № 8(26). – С. 82 – 86.

20. Мороз И.А. Статистика Бозе-Эйнштейна в курсе теоретической физики будущего учителя физики / Мороз И.А. // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2012. – Т.26. – № 4. – С. 25 – 34.

21. Мороз І.О. Вивчення загальних умов рівноваги макроскопічних систем / Мороз І.О. // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – Випуск 108. – Част.1. – С. 88 – 93.

22. Мороз І.О. Статистичне обґрунтування другого закону термодинаміки у курсі загальної фізики / І.О. Мороз, О.В. Яременко, Л.О. Яременко // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2012. – Випуск X, Т.2. – С. 216 – 220.

23. Мороз І.О. Фазові діаграми у курсі фізики ВНЗ / Мороз І.О. // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. – Чернігів, 2012. – Випуск 99. – С. 252 – 257.

24. Мороз І.О. Фундаменталізація навчальних курсів у педагогічних університетах / І.О.Мороз // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі: Зб. наукових праць – Київ : НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. – № 10. – С. 58 – 64.

25. Мороз Иван Алексеевич Изучение темы «термодинамическая теория эффекта Джоуля-Томсона» в процессе подготовки учителя физики / Иван Алексеевич Мороз // Фен-наука: периодический журнал научных трудов. – Бугульма (РФ), 2013. – № 1(16). – С. 24 – 28.

26. Мороз І.О. Методика розгляду розподілу Гіббса в статистичній термодинаміці / Мороз І.О. // Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2013. – Вип. 3. – С. 40 – 46.

27. Мороз И.А. Методический анализ теоремы Лиувилля и ее роли в развитии статистической физики / Мороз И.А. // Фен-наука: периодический журнал научных трудов. – Бугульма (РФ), 2013. – № 2(17). – С. 34 – 39.

28. Булавін Л.А. Молекулярна фізика. / Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М. – К.: Знання, 2006. – 576с.

29. Гельфер Я.М. История и методология термодинамики и статистической физики. / Гельфер Я.М. — М.: Высшая школа, 1981. – 536с.

30. Горбунова О.И. Задачник-практикум по общей физике. Термодинамика и молекулярная физика: учеб. пособие [для студентов физ. -мат. фак. пед. ин-тов.]. / Горбунова О.И., Зайцева А.М., Красников С.Н. – М.: Просвещение, 1978. – 530с.

31. Задачи по термодинамике и статистической физике. / Под ред. Ландсберга П. – М.: Мир, 1974. – 640с.

32. Квасников И.А. Термодинамика. Теория равновесных систем. Т.1 / Квасников И.А. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 234с.

33. Квасников И.А. Статистическая физика. Т.2 / Квасников И.А. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 432с.

34. Кикоин А.К. Общий курс физики. Молекулярная физика. / Кикоин А.К., Кикоин И.К. – М.: Наука, 1976. – 480с.

35. Коновалов В.М. Курс теоретичної фізики. Термодинаміка. / Коновалов В.М. – К.: Радянська школа, 1962. – 296с.

36. Техническая термодинамика. / Под редакцией Крутова В.И. – М.: Высшая школа, 1981. – 440с.

37. Кубо Р. Термодинамика. / Кубо Р. – М.: Мир, 1970. – 308с.

38. 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.

39. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. / Леонтович М.А. – М.: Наука, 1983. – 416с.

40. Микрюков В.Е. Курс термодинамики. / Микрюков В.Е. – М.: УПИМП РСФСР, 1960. – 236с.
41. Новиков И.И. Термодинамика. / Новиков И.И. – М.: Машиностроение, 1984. – 592с.
42. Рейф Ф. Статистическая физика. / Рейф Ф. – М.: Наука, 1986. – 336с.
43. Румер Ю.Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. / Румер Ю.Б., Рывкин М.М. — М.: Наука, 1972. – 400с.
44. Семенченко В.К. Избранные главы теоретической физики. / Семенченко В.К. – М.: Просвещение, 1966. – 396с.
45. Сивухин Д.В. Общий курс физики: в 5т. / Сивухин Д.В. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 544 с. – Т.2: Термодинамика и молекулярная физика. – 2005. – 565с.
46. Сивухин Д.В. Общий курс физики: в 6т. / Сивухин Д.В. – М.: Наука, 1975. – Т.2. Термодинамика и молекулярная физика. – 1975. – 565с.
47. Степан Королук. Основи статистичної фізики та термодинаміки: підручник [для студ. вищ. навч. закл.]. / Степан Королук, Степан Мельничук, Олександр Валь. – Чернівці: Книги – XXI, 2004. – 348 с.
48. Сычев В.В. Дифференциальные уравнения термодинамики. / Сычев В.В. – М.: Наука, 1981. – 224с.
49. Федорченко А.М. Вступ до курсу статистичної фізики та термодинаміки. / Федорченко А.М. – К.: Вища школа, 1973. – 187с.
50. Садовский М.В. Лекции по статистической физике. / Садовский М.В. Екатеринбург.: Институт Электрофизики УрО РАН, 1999. -262с.
51. Казанский В.Б. Статистическая физика и термодинамика. Задачи, основные понятия и положения: Методическое пособие. – Харьков: ХНУ, 2001. – 112 с.
52. В.Б. Казанський, Статистична фізика та термодинаміка: Навчальний посібник. –Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2008. – 140 с.
53. В.Б. Казанський, В.В. Хардіков. Статистична фізика та термодинаміка/ Обрані глави. – Електроний конспект лекцій.