

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА**

Кафедра природничих наук та методик їхнього навчання

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»
В.о.завідувача кафедри**



(Протокол 1 від «04» серпня 2022 року)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ПП 2.24.1 ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА: ТЕРМОДИНАМІКА І СТАТИСТИЧНА
ФІЗИКА**

(шифр і назва навчальної дисципліни)

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

спеціальність 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)
(код і назва спеціальності)

предметна спеціальність 014.15 Середня освіта (Природничі науки)
(код і назва спеціальності (предметної спеціальності))

освітня програма Середня освіта (Природничі науки)
(назва освітньої програми)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(назва рівня вищої освіти)

факультет природничо-географічний
(назва інституту, факультету, відділення)

форма навчання денна
(денна, заочна)

2022–2023 навчальний рік

Робоча програма _____ з теоретичної фізики _____ для студентів
(назва навчальної дисципліни)
спеціальності 014 «Середня освіта (Природничі науки)»
освітня програма «Середня освіта (Природничі науки)» на першому
(бакалаврському) рівні вищої освіти

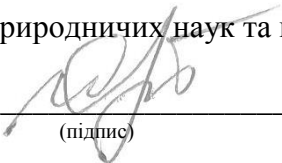
Розробник: Подопрігора Наталія Володимирівна, професор кафедри природничих наук та методик їхнього навчання, доктор педагогічних наук, професор

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

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри природничих наук та методик їхнього навчання

Протокол № 1 від 04 серпня 20221 року

В.о.завідувача кафедри природничих наук та методики їхнього навчання

 / Сальник І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів (ECTS) – 4	Галузь знань 01 Освіта/Педагогіка	Вибіркова
Модулів – 2	Спеціальність 014 «Середня освіта (Природничі науки)	Рік підготовки:
Змістових модулів – 2		4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 120 52/68 (аудиторна/самостійна)		7-й
Кількість навчальних тижнів – 17 Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 ; самостійної роботи студента – 4	Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти	28 год.
		Практичні, семінарські
		24 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		68 год.
Індивідуальні завдання: 0 год.		
		Вид контролю: 7-й семестр – <i>екзамен</i>

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:

для денної форми навчання – 43% / 57%

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Мета дисципліни «Теоретична фізика: термодинаміка і статистична фізика» визначається метою освітньо-професійної програми (ОПП) підготовки бакалаврів спеціальності 014 «Середня освіта (Природничі науки)», що сприяє формуванню інтегрованої динамічної комбінації знань і умінь для вивчення студентами теоретичних та методологічних засад теоретичної фізики відповідно до структури спеціальної фахової компетентності з теоретичної фізики: *термодинаміка і статистична фізика*. Теоретична фізика, як навчальна дисципліна, згідно робочого навчального плану підготовки бакалаврів спеціальності 014 «Середня освіта (Природничі науки)» (2022–2023 н.р.) розробленого для студентів, які вступали на навчання у 2019 році і входить до циклу дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів природничих наук, фізики, хімії, біології закладу загальної середньої освіти.

Структурована система знань, розумінь, умінь, здатностей та ін. компетенцій з термодинаміки і статистичної фізики (ТД і СФ) в структурі професійної компетентності майбутніх фахівців забезпечується їхньою теоретичною і практичною підготовкою, сприяючи *формуванню* в студентів: цілісного бачення світу, виробленню в них наукового підходу до аналізу проблем оточуючого світу; теоретичного та критичного мислення під час тлумачення явищ макроскопічних фізичних систем до феноменології термодинаміки та теоретичних основ статистичної фізики, а також формуванню їхньої здатності до теоретичних узагальнень у пізнанні з позицій: модельних гіпотез (кінетичної теорії ідеального газу і ін.), математичних гіпотез (кінетичних рівнянь термодинаміки, явищ переносу, теплових процесів і ін.), та методу принципів (СФ).

Кінцева мета вивчення дисципліни «Теоретична фізика: термодинаміка і статистична фізика» спрямована на *формування* у студентів засобами навчання ТД і СФ цілісного бачення світу, науковому світогляду; виробленню здатності до: реалізації наукового підходу під час аналізу проблем оточуючого світу, методології наукового пізнання у навчально-пізнавальній діяльності; *розвитку*: загальнонавчальних умінь (аналізу, узагальненню, систематизації, моделюванню і ін.), абстрактно-логічного, теоретичного та критичного мислення; творчих здібностей на засадах фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, інформатизації та професійної спрямованості навчання.

Компетентності, якими мають володіти студенти:

Інтегральна компетентність – здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі середньої освіти, що передбачає застосування теорій та методів освітніх наук та природничих наук, фізики, хімії, біології і характеризується комплексністю та невизначеністю педагогічних умов організації освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти.

Загальні компетентності:

- ЗК1.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК2.** Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів).
- ЗК3.** Здатність діяти соціально відповідально та свідомості.
- ЗК4.** Здатність працювати в команді.
- ЗК5.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК6.** Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.
- ЗК7.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК8.** Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК10.** Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

Предметні (спеціальні фахові) компетентності:

- ФК1.** Здатність використовувати систематизовані теоретичні та практичні знання з термодинаміки і статистичної фізики при вивченні Всесвіту і природи Землі як планети.
- ФК2.** Володіння математичним апаратом термодинаміки і статистичної фізики.
- ФК3.** Здатність формувати в учнів предметні компетентності.

ФК4. Володіння основами цілепокладання, планування та проектування процесу навчання природничих наук, фізики, хімії, біології у закладах загальної середньої освіти.

ФК5. Здатність до організації і проведення освітнього процесу з природничих наук, фізики, хімії, біології у закладах загальної середньої освіти.

ФК8. Здатність до рефлексії та самоорганізації професійної діяльності.

ФК11. Здатність характеризувати досягнення природничих наук та їх ролі у житті суспільства; формування цілісних уявлень про природу, використання природничо-наукової інформації на основі оперування базовими загальними закономірностями природи.

Програмні результати, які мають бути досягнуті:

Знання:

ПРН32. Демонструє знання та розуміння термодинаміки і статистичної фізики, взаємозв'язок квантової механіки в структурі природничих наук та з іншими науками;

ПРН33. Знає й розуміє математичні методи термодинаміки і статистичної фізики;

ПРН34. Знає основні психолого-педагогічні теорії навчання, інноваційні технології навчання природничих наук, фізики, хімії, біології, актуальні проблеми розвитку педагогіки та методики навчання природничих наук, фізики, хімії, біології. **ПРН35.** Знає форми, методи і засоби контролю та корекції знань учнів з природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРН37. Знає основи безпеки життєдіяльності, безпечного використання обладнання кабінетів фізики, хімії, біології

Уміння:

ПРНУ1. Аналізує природні явища і процеси, оперує базовими закономірностями природи на рівні сформованої природничо-наукової компетентності з погляду термодинаміки і статистичної фізики, їхніх теоретичних основ, теоретичних начал, принципів, а також на основі відповідних математичних методів.

ПРНУ2. Володіє методикою проведення сучасного експерименту, здатністю застосовувати всі його види в освітньому процесі з природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРНУ3. Розв'язує задачі з термодинаміки і статистичної фізики різних рівнів складності.

ПРНУ4. Користується математичним апаратом термодинаміки і статистичної фізики, використання математичних методів, які застосовуються в термодинаміці і статистичній фізиці.

ПРНУ7. Уміє знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, насамперед за допомогою інформаційних та хмарних технологій.

ПРНУ8. Самостійно вивчає нові питання термодинаміки і статистичної фізики за різноманітними інформаційними джерелами.

ПРНУ11. Дотримується правових норм і законів, нормативно-правових актів України, усвідомлює необхідність їх дотримання.

Комунікація:

ПРНК1. Володіє основами професійної мовленнєвої культури при вивченні термодинаміки і статистичної фізики.

ПРНК2. Пояснює фахівцям і не фахівцям стратегію сталого розвитку людства та екологічної безпеки і шляхи вирішення глобальних проблем людства.

Автономія і відповідальність

ПРНА1. Усвідомлює соціальну значущість майбутньої професії, сформованість мотивації до здійснення професійної діяльності.

ПРНА2. Відповідально ставиться до забезпечення охорони життя і власного здоров'я та оточуючих у освітньому процесі та позаурочній діяльності

2.2. Завдання вивчення дисципліни: під час вивчення ТД і СФ студенти з'ясовують: що являють собою макроскопічні фізичні системи, які перебувають у рівноважному стані, процеси переходу між цими станами на основі феноменологічного та статистичного методів дослідження і показати, що одержані висновки розширюють і доповнюють цілісне уявлення студентів про науковий підхід у дослідженні фізичних явищ, формування фундаментальних, інтегрованих і технологічних знань; розширюють та узагальнюють зміст основних фізичних

понять (ТД: макроскопічна система, макроскопічні і мікроскопічні, калоричні і термічні параметри, початки термодинаміки, необоротність і ін.; СФ: ймовірність, фазовий простір, статистичний ансамбль систем, розподіли Гіббса, квантова і класична статистика, критерії виродження, статистичний зміст законів термодинаміки, принцип відповідності і ін.); вимоги для встановлення конкретних меж, критеріїв існування та використання законів ТД і СФ; якісно обговорюють проблеми і завдання теоретичних методів ТД і СФ.

Вивчення дисципліни передбачає, отримання знань та вмінь, які необхідні майбутньому вчителю природничих наук та фізики в його майбутній професійній діяльності.

2.3. Міждисциплінарні зв'язки: Дисципліна «Теоретична фізика: термодинаміка і статистична фізика» вивчається у тісному дидактичному зв'язку із дисциплінами циклу професійної підготовки (математичні методи фізики, загальна фізика та методика навчання природничих наук, зокрема фізики), засвоєння яких необхідно майбутнім учителям природничих наук та фізики для подальшої навчально-пізнавальної та професійної діяльності. Дисципліна є часткою курсу теоретичної фізики («Математичні методи фізики», «Теоретична механіка», «Електродинаміка й основи спеціальної теорії відносності», «Квантова механіка» та «Термодинаміка і статистична фізика»), охоплює початковий мінімум засобів і прийомів теоретичної фізики. Набутий студентами на цей час багаж знань з дисциплін та «Загальна фізика» (розділи «Механіка», «Молекулярна фізика та термодинаміка», «Електрика та магнетизм», «Оптика та квантова фізика») дозволяють знайомити студентів з сучасними методами дослідження фізичних явищ на теоретичному рівні. Здатність студентів застосовувати знання та вміння сформовані під час вивчення теоретичної фізики, розділ: термодинаміка і статистична фізика в подальшому є основою для вивчення інших дисциплін: сучасних питань фізики, фізики твердого тіла, зокрема електронної теорії речовини, природничо-наукової картини світу тощо.

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1. ТЕРМОДИНАМІКА

Змістовий модуль 1. ТЕРМОДИНАМІКА

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. ТЕРМОДИНАМІКА

Тема 1. Вступ.

Історія розвитку молекулярно-кінетичної теорії. Феноменологічний і статистичний методи в фізиці. Феноменологічна термодинаміка і статистична фізика.

Тема 2. Основні поняття термодинаміки

Термодинамічна система, параметри, рівновага. Нульовий принцип термодинаміки. Температура. *Гомогенні і гетерогенні системи. Рівноважні і нерівноважні процеси. Внутрішня енергія системи. Робота і теплота. Термічне і калоричне рівняння стану.*

Основні закони термодинаміки

Тема 3. Перший закон термодинаміки

Рівняння першого закону термодинаміки. Теплоємності і теплоти ізотермічних змін зовнішніх параметрів. Загальний вираз для зв'язку між C_p і C_v для простої системи (доведення). *Основні термодинамічні процеси (політропічний, адіабатичний, ізотермічний) та їх рівняння. Зв'язок між коефіцієнтами пружності і теплоємностями.*

Тема 4. Другий закон термодинаміки

Різні формулювання 2 закону термодинаміки. Оборотні і необоротні процеси. Ентропія та абсолютна температура. *Термодинамічна шкала температур. Специфічність теплоти як форми енергії. Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів. Зв'язок між термічним і калоричним рівняннями стану (виведення). Зростання ентропії при дифузії газів і парадокс Гіббса. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Закон зростання ентропії. Цикл Карно і теореми Карно.*

Тема 5. Третій закон термодинаміки

Хімічна спорідненість. Формулювання третього закону термодинаміки. Теорема Ернста. Недосяжність абсолютного нуля. Виродження ідеального газу.

Тема 6. Методи термодинаміки

Метод циклів. Метод термодинамічних потенціалів. Термодинамічні потенціали ідеального газу (внутрішня енергія, вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, ентальпія). Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Система зі змінним числом частинок. Хімічний потенціал. Термодинамічні потенціали систем із змінним число частинок. Хімічний потенціал. Недоліки термодинамічного опису процесів.

Тема 7. Умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем

Загальні умови термодинамічної рівноваги і стійкості. Стійка рівновага адіабатичної ізольованої системи. Принцип максимуму ентропії. Критерії стійкості ізотермічних систем. Принцип ле Шательє-Брауна.

Тема 8. Фазові переходи і критичні явища

Умови рівноваги двох фаз речовини та її стійкість. Класифікація фазових переходів. Фазові перетворення першого роду та умови рівноваги фаз в однокомпонентній системі. Крива рівноваги фаз. Рівняння Клайперона-Клаузіуса. Температурна залежність тиску насиченої пари. Критична точка. Рівновага трьох фаз речовини, потрійна точка. Поняття про фазові переходи другого роду. Критичні явища.

Тема 9. Застосування термодинаміки

Ефект Джоуля-Томсона. Охолодження газу за умови його необоротного адіабатичного розширення. Зрідження реальних газів. Охолодження газу за умови його оборотного адіабатичного розширення. Термодинамічні функції магнетиків. Магнітне та ядерне охолодження.

Модуль 2. СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА**Змістовий модуль 2. СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА****Тема 1. Елементи теорії ймовірностей**

Випадкові події. Випадкові величини. Імовірність. Густина імовірності. Нормування ймовірностей. Теорема додавання і множення ймовірностей. Обчислення середнього значення випадкової величини. Дисперсія. Функція розподілу ймовірностей. Розподіл ймовірностей для значень випадкової фізичної величини. Формула Стірлінга.

Основні поняття і принципи статистичної фізики.**Тема 2. Макроскопічний і мікроскопічний стани системи**

Мікроскопічний опис макросистеми і статистичний характер макропроцесів. Термодинамічна рівновага. Фазовий простір, фазова траєкторія. Поняття про статистичний ансамбль системи. Функція розподілу в фазовому просторі. Припущення про рівність середнього за часом середньому за статистичним ансамблем. Ергодична гіпотеза. Макроскопічні величини як фазові середні мікроскопічних змінних. Теорема Ліувілля про збереження фазового об'єму.

Розподіли Гіббса.**Тема 3. Мікроканонічний і канонічний розподіли Гіббса**

Зв'язок статистичного розподілу з адитивними законами збереження. Мікроканонічний розподіл в класичній статистиці. Квазінезалежні підсистеми і канонічний розподіл Гіббса. Фізичний зміст модуля канонічного розподілу.

Тема 4. Розподіл Максвелла-Больцмана

Розподіл Максвелла і Больцмана як частинні випадки канонічного розподілу. Молекула ідеального газу як квазінезалежна підсистема. Розподіл молекул за імпульсами і координатами. Розподіл молекул за швидкостями та енергіями. Найбільш імовірна, середньоарифметична та середньоквадратична швидкості молекул ідеального газу. Розподіл молекул за висотою у полі сил тяжіння. Барометрична формула.

Тема 5. Розподіл Гіббса в квантовій статистиці

Розподіл Гіббса в квантовій статистиці. Статистична сума і статистична вага. Перехід від квантової статистики до класичної. Квазікласичний розподіл (метод квантових комірок).

Тема 6. Великий канонічний розподіл

Квазізамкнена система із змінним числом частинок. Великий канонічний розподіл. Властивості канонічного розподілу для систем із змінним числом частинок.

Статистична теорія ідеальних та неідеальних систем.

Тема 7. Обчислення термодинамічних функцій класичного ідеального газу

Термодинамічні величини як середні за канонічним розподілом. Статистичний інтеграл для ідеального газу. Обчислення основних термодинамічних потенціалів (внутрішня енергія, вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, ентальпія, параметрів термодинамічної системи) за допомогою канонічного розподілу. Рівняння стану ідеального газу. Рівняння Гіббса-Гельмгольца.

Тема 8. Статистичний зміст законів термодинаміки

Вивід із умови нормування канонічного розподілу рівняння Гіббса-Гельмгольца та об'єданого запису першого і другого начал термодинаміки. Тепло і робота, їх мікроскопічний зміст. Перший закон статистичної термодинаміки як наслідок канонічного розподілу. Статистичний зміст ентропії. Формула Больцмана. Статистичний характер II закону термодинаміки. Статистичне обґрунтування III закону термодинаміки.

Тема 9. Реальний газ

Врахування взаємодії між молекулами. Статистичний інтеграл для реального газу. Рівняння стану реального одноатомного газу.

Тема 10. Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності і класична теорія теплоємності газу

Вивід теореми із канонічного розподілу. Застосування теореми в класичній теорії теплоємностей. Результати класичної теорії теплоємностей і порівняння їх з експериментальними даними.

Тема 11. Квантова теорія теплоємності ідеального газу

Обчислення статистичної суми за станами однієї молекули. Поділ теплоємності на складові, які відповідають поступальному, коливальному і обертовому руху молекули. Обчислення складових теплоємностей і порівняння результатів з експериментальними даними.

Квантова статистика ідеальних газів.

Тема 12. Розподіли Фермі і Бозе

Різні моделі поведінки частинок. Модель Максвелла-Больцмана. Нерозрізненість частинок. Моделі Бозе-Ейнштейна і Фермі-Дірака. Вивід формул статистичних розподілів Фермі-Дірака і Бозе-Ейнштейна із великого канонічного розподілу. Умови переходу до розподілу Гіббса (Максвелла-Больцмана), критерій виродження.

Тема 13. Електронний газ у металах

Вільні електрони в металах як вироджений Фермі-газ. Аналіз розподілу Фермі-Дірака. Характеристична температура. Розподіл електронів за швидкостями і енергіями. Внутрішня енергія і теплоємність виродженого електронного газу в металах.

Тема 14. Вироджений Бозе-газ

Ідеальний Бозе-газ при низьких температурах. Явище Бозе-конденсації. Поняття про надплинність і надпровідність.

Тема 15. Фотонний газ

Явище конденсації у виродженому Бозе-газі. Рівноважне випромінювання як фотонний газ. Опис властивостей фононного газу за допомогою статистики Бозе-Ейнштейна. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон зміщення Віна.

Тема 16. Квантова теорія теплоємності твердих тіл

Класична теорія. Теплоємність при низьких температурах. Модель Ейнштейна. Недоліки теорії Ейнштейна. Нормальні моди. Фонони. Модель Дебая. Температура Дебая. Вивід формули для теплоємності, виходячи із уявлень про фонони.

Теорія флуктуацій**Тема 17. Флуктуації**

Поняття флуктуації. Розрахунок флуктуацій за допомогою канонічного розподілу Гіббса. Флуктуації основних термодинамічних величин. *Флуктуації випромінювання. Флуктуації густини в газах. Молекулярне розсіяння світла та голубий колір неба.*

Тема 18. Броунівський рух

Поняття про броунівський рух. Розрахунок середнього квадрата зміщення броунівської частинки, формула Ейнштейна-Смолуховського.

Тема 19. Елементи теорії нерівноважних систем

Кінетичні коефіцієнти. Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів Онзагера. Кінетичне рівняння Больцмана і принцип детальної рівноваги. Інтеграл зіткнень. Час релаксації і довжина вільного пробігу. Теплопровідність в газах, коефіцієнт дифузії. Теплопровідність і в'язкість газу. Виробництво ентропії. Ефект Зеєбека, Пельтьє і Томсона.

Примітки: курсивом виділені питання програми, які виносяться на самостійне опрацювання.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма)				
	усього	у тому числі			
		лекції	пр	інд	ср
Модуль 4. Термодинаміка і статистична фізика					
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. ТЕРМОДИНАМІКА					
Тема 1. Вступ	3	1	-	-	2
Тема 2. Основні поняття термодинаміки	12	2	6	-	4
Тема 3. Перший закон термодинаміки	5	1	2	-	2
Тема 4. Другий закон термодинаміки	6	2	2	-	2
Тема 5. Третій закон термодинаміки	6	2	2	-	2
Тема 6. Методи термодинаміки	6	2	2	-	2
Тема 7. Умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем	4	2	-	-	2
Тема 8. Фазові переходи і критичні явища	2	-	-	-	2
Тема 9. Застосування термодинаміки	2	-	-	-	2
<i>Тестове завдання з термодинаміки</i>	2	-	-	-	2
<i>Разом за змістовим модулем 1</i>	48	12	14	-	22
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2. СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА					
Тема 1. Елементи теорії ймовірностей	2	-	-	-	2
Тема 2. Макроскопічний і мікроскопічний стани системи	4	2	-	-	2
Тема 3. Мікροканонічний і канонічний розподіли Гіббса	6	2	2	-	2
Тема 4. Розподіл Максвелла-Больцмана	8	2	4	-	2
Тема 5. Розподіл Гіббса в квантовій статистиці	7	4	1	-	2
Тема 6. Великий канонічний розподіл	4	2	-	-	2
Тема 7. Обчислення термодинамічних функцій класичного ідеального газу	5	2	1	-	2
Тема 8. Статистичний зміст законів термодинаміки	5	2	1	-	2
Тема 9. Реальний газ	2	-	-	-	2

Тема 10. Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності і класична теорія теплоємності газу	4	2	-	-	2
Тема 11. Квантова теорія теплоємності ідеального газу	2	-	-	-	2
Тема 12. Розподіли Фермі і Бозе	3	-	1	-	2
Тема 13. Електронний газ у металах	2	-	-	-	2
Тема 14. Вироджений Бозе-газ	2	-	-	-	2
Тема 15. Фотонний газ	2	-	-	-	2
Тема 16. Квантова теорія теплоємності твердих тіл	2	-	-	-	2
Тема 17. Флуктуації	2	-	-	-	2
Тема 18. Броунівський рух	2	-	-	-	2
Тема 19. Елементи теорії нерівноважних систем	2	-	-	-	2
<i>Тестове завдання зі статистичної фізики</i>	2	-	-	-	2
<i>Разом за змістовим модулем 2</i>	66	16	10	-	40
<i>Контрольна робота</i>	2	-	-	-	2
<i>Захист домашніх і інд. задач</i>	4	-	-	-	4
Усього годин	120	28	24	-	68

5. ТЕМАТИКА ЛЕКЦІЙ

Змістовний модуль I. ТЕРМОДИНАМІКА

Тема 1. Вступ.

1 год.

1. Два методи дослідження макроскопічних процесів: феноменологічна термодинаміка і статистична фізика. Термодинамічні системи, параметри, рівновага.
2. Загальність і обмеженість термодинамічного методу.
3. Статистична фізика як основа теорії макроскопічних процесів і її роль у становленні матеріалістичних уявлень про будову речовини.

Тема 2. Основні поняття термодинаміки.

2 год.

1. Термодинамічна рівновага. Нульове начало термодинаміки. Температура.
2. Внутрішня енергія системи. Робота і теплота.
3. Термічне і калоричне рівняння стану.

Тема 3. Перший закон термодинаміки.

1 год.

1. Перший закон термодинаміки.
2. Теплоємність. Загальний вираз для зв'язку між C_p і C_v для простої системи (доведення).

Тема 4. Другий закон термодинаміки.

2 год.

1. Різні формулювання 2 закону термодинаміки.
2. Оборотні і необоротні процеси.
3. Ентропія та абсолютна температура.
4. Специфічність теплоти як форми енергії. Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів.
5. Зв'язок між термічним і калоричним рівняннями стану (*виведення*).
6. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Закон зростання ентропії.

Тема 5. Третій закон термодинаміки.

2 год.

1. Третє начало термодинаміки. Теорема Нернста.
2. Недосяжність абсолютного нуля.

Тема 6. Методи термодинаміки.

2 год.

1. Метод циклів і метод термодинамічних потенціалів.
2. Термодинамічні потенціали ідеального газу (внутрішня енергія, *вільна енергія*, *термодинамічний потенціал Гіббса*, *ентальпія*). Рівняння Гіббса-Гельмгольца.

3. Система зі змінним числом частинок. Хімічний потенціал.

Тема 7. Умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем. 2 год.

1. Загальні умови термодинамічної рівноваги і стійкості. Принцип максимуму ентропії.
2. Стійка рівновага адіабатичної ізольованої системи.
3. Принцип ле Шательє-Брауна.

Змістовний модуль 2. СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА

Тема 2. Макроскопічний і мікроскопічний стани системи. 2 год.

1. Мікроскопічний опис макросистем і статистичний характер макропроцесів.
2. Термодинамічна рівновага. Фазовий простір, фазова траєкторія, μ -простір. Поняття статистичного ансамблю системи. Ергодична гіпотеза.
3. Функція розподілу у фазовому просторі.
4. Макроскопічні величини як фазові середні мікроскопічних змінних.

Тема 2. Мікроканонічний і канонічний розподіли. 2 год.

1. Зв'язок статистичного розподілу з адитивними законами збереження.
2. Мікроканонічний розподіл в класичній статистиці
3. Квазінезалежні підсистеми. Канонічний розподіл Гіббса та його одержання. Фізичний зміст модуля канонічного розподілу.

Тема 4. Розподіл Максвелла-Больцмана. 2 год.

1. Розподіл Максвелла молекул за швидкостями та імпульсами як частковий випадок канонічного розподілу Гіббса. Молекула ідеального газу як квазінезалежна підсистема. Розподіл молекул за імпульсами і координатами.
2. Розподіл молекул за швидкостями та енергіями. Найбільш імовірна, середньоарифметична та середньоквадратична швидкості молекул ідеального газу.
3. Розподіл Больцмана як частковий випадок канонічного розподілу Гіббса. Барометрична формула.

Тема 5. Розподіл Гіббса в квантовій статистиці. 4 год.

1. Канонічний розподіл Гіббса в квантовій статистиці.
2. Статистична сума і статистична вага системи.
3. Перехід від квантової статистики до класичної. Квазікласичний розподіл (метод квантових комірок).

Тема 6. Великий канонічний розподіл. 2 год.

1. Система із змінним числом частинок. Хімічний потенціал. Великий канонічний розподіл.

Тема 7. Обчислення термодинамічних потенціалів за допомогою канонічного розподілу. 2 год.

1. Обчислення основних термодинамічних величин (параметрів термодинамічної системи) за допомогою канонічного розподілу.
2. Статистичний інтеграл для ідеального газу. Основні термодинамічні функції (внутрішня енергія, вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, ентальпія) і рівняння стану ідеального газу. Рівняння Гіббса-Гельмгольца.

Тема 8. Принцип Больцмана. Статистичний зміст законів термодинаміки. 2 год.

3. Рівняння Гіббса-Гельмгольца.
4. Статистичний зміст ентропії. Принцип Больцмана.
5. Теплота і робота їх мікроскопічний зміст. Теплоємність.
6. Перший принцип термодинаміки та одержання основного рівняння термодинаміки з канонічного розподілу Гіббса.
7. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Статистичне обґрунтування третього принципу термодинаміки.
8. Основні термодинамічні співвідношення для систем із змінним числом частинок.

Тема 10. Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності. 2 год.

1. Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності.
2. Класична теорія теплоємності ідеального газу, її недоліки.

Всього:

28 год.

6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Термодинаміка і статистична фізика		
1.	Рівняння стану	2
2.	Робота і кількість теплоти	2
3.	Теплоємність. Політропічні процеси	2
4.	Внутрішня енергія	2
5.	ККД теплових двигунів	2
6.	Метод циклів та його застосування	2
7.	Ентропія та її зміна	2
Змістовий модуль 2. Статистична фізика		
8.	Фазовий простір. Канонічний розподіл Гіббса.	2
9.	Розподіли Максвелла	2
10.	Розподіли Больцмана	2
11.	Термодинамічні функції і рівняння стану класичного газу	2
12.	Квантовий канонічний розподіл та функції розподілу	2
Усього годин		24

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Змістовий модуль I. ТЕРМОДИНАМІКА

Практичне заняття №1. Рівняння стану.

2 год.

В аудиторії: №№ 1 – 1; 2; 3; 4; 5; 6. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 1 – 8; 9; 10; 11. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Який розділ фізики називають термодинамікою?
2. У чому полягає термодинамічний метод дослідження?
3. У чому полягає статистичний метод дослідження?
4. Що називають макроскопічною системою?
5. Що називають макроскопічними параметрами?
6. Як класифікують макропараметри? Навести відповідні приклади.
7. Що називають мікроскопічними параметрами?
8. Що називають функцією стану термодинамічної системи?
9. Який стан термодинамічної системи називають рівноважним?
10. Яке рівняння стану системи називають термічним?
11. Яке рівняння стану системи називають колоричним?
12. Що називають кількістю речовини, одиниці її вимірювання?
13. Що називають відносною молекулярною масою речовини, одиниці її вимірювання?
14. Що називають атомарною масою речовини, одиниці її вимірювання?
15. Що називають сталою Авогадро, вказати її значення та одиниці її вимірювання?

16. Що називають сталою Больцмана, вказати її значення та одиниці її вимірювання?
17. Що називають універсальною газовою сталою, вказати її значення та одиниці її вимірювання?
18. Записати термічне рівняння стану для ідеального газу. Пояснити зміст його параметрів.
19. Записати термічне рівняння Ван-дер-Ваальса для реального газу. Пояснити зміст його параметрів та поправочних коефіцієнтів.
20. Записати термічне рівняння Дітерічі для реального газу. Пояснити зміст його параметрів та поправочних коефіцієнтів.

Практичне заняття №2. Робота і кількість теплоти.

2 год.

В аудиторії: №№ 1 – 32; 33; 34; 35; 36; 37. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 1 – 38; 39; 40; 41. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають повною енергією термодинамічної системи?
2. Що називають зовнішньою енергією термодинамічної системи?
3. Що називають внутрішньою енергією термодинамічної системи?
4. Сформулювати основні властивості внутрішньої енергії системи як функції стану.
5. Які види зміни внутрішньої енергії Вам відомі?
6. Які види теплопередачі Ви знаєте? Охарактеризувати їх.
7. Яка термодинамічна система вважається простою?
8. Що називають роботою термодинамічної системи? Вказати одиниці вимірювання. Записати формулу.
9. Сформулювати основні властивості роботи як функції процесу.
10. Записати формулу для розрахунку елементарної роботи для простої системи.
11. Що називають кількістю теплоти термодинамічної системи? Вказати одиниці вимірювання. Записати відомі формули.
12. Що називають теплоємністю термодинамічної системи, одиниці її вимірювання?
13. Що називають питомою теплоємністю термодинамічної системи, вказати одиниці її вимірювання?
14. Що називають молярною теплоємністю термодинамічної системи, вказати одиниці її вимірювання?
15. Що називають молярною теплоємністю ідеального газу при сталому об'ємі, вказати одиниці її вимірювання?
16. Що називають молярною теплоємністю ідеального газу при сталому тиску, вказати одиниці її вимірювання?
17. Записати формулу Майєра.
18. Яку кількість ступенів вільності має одноатомна, двоатомна і трьохатомна молекули?
19. Який процес називають ізотермічним, ізобаричним, ізохоричним?

Практичне заняття №3. Теплоємність. Політропічні процеси.

2 год.

В аудиторії: №№ 1 – 54; 55; 56; 57; 58; 59. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 1 – 60; 61; 62; 63. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають теплоємністю термодинамічної системи, одиниці її вимірювання?
2. Що називають питомою теплоємністю термодинамічної системи, вказати одиниці її вимірювання?
3. Що називають молярною теплоємністю термодинамічної системи, вказати одиниці її вимірювання?
4. Що називають молярною теплоємністю ідеального газу при сталому об'ємі, вказати одиниці її вимірювання?
5. Що називають молярною теплоємністю ідеального газу при сталому тиску, вказати одиниці її вимірювання?
6. Записати формулу Майера.
7. Записати перший закон термодинаміки в диференціальній формі для простої системи.
8. Від яких макроскопічних параметрів залежить внутрішня енергія простої термодинамічної системи?
9. Сформулювати закон Джоуля для ідеального газу.
10. Записати інтегральний та диференціальний наслідок закону Джоуля для ідеального газу.
11. Який термодинамічний процес називають політропічним? Записати його рівняння. Що називають сталою політропи?
12. Який термодинамічний процес називають адіабатичним? Записати його рівняння. Що називають сталою адіабати?
13. Який термодинамічний процес називають ізотермічним? Записати його рівняння та зобразити графічно. Якого значення набуває стала політропи для такого процесу?
14. Який термодинамічний процес називають ізотермічним? Записати його рівняння та зобразити графічно. Якого значення набуває стала політропи для такого процесу?
15. Який термодинамічний процес називають ізохоричним? Записати його рівняння та зобразити графічно. Якого значення набуває стала політропи для такого процесу?

Практичне заняття №4. Внутрішня енергія.

2 год.

В аудиторії: №№ 1 – 42; 43; 44; 45; 46; 47. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 1 – 48; 49; 50; 51. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають внутрішньою енергією термодинамічної системи? Які одиниці вимірювання її в системі СІ?
2. Що називають 1 калорією? Як калорія пов'язана з джоулем?
3. Чому дорівнює повний диференціал внутрішньої енергії як функції двох макроскопічних параметрів простої термодинамічної системи?
4. Чому дорівнює повний диференціал внутрішньої енергії для ідеального газу? Пояснити чим цей частковий випадок відрізняється від загального
5. Записати рівняння Ван-дер-Ваальса..
6. Записати зв'язок між калоричним та термічним рівняннями стану

Практичне заняття №5. ККД теплових двигунів.

2 год.

В аудиторії: №№ 1 – 92; 93; 94; 99; 100; 103. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 1 – 95; 96; 97; 101. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Дати різні формулювання другого закону термодинаміки?
2. Що називають ідеальною тепловою машиною? Намалювати схему.
3. Зобразити схематично вічний двигун першого роду.
4. Зобразити схематично вічний двигун другого роду.
5. Які процеси у природі називають оборотними, а які необоротними?
6. Який цикл теплової машини називають циклом Карно? Намалювати графік.
7. Сформулювати першу теорему Карно.
8. Сформулювати другу теорему Карно.
9. Як розраховується коефіцієнт корисної дії теплового двигуна?
10. Як розраховується коефіцієнт корисної дії теплового двигуна, що працює за циклом Карно?

Практичне заняття №6. Метод циклів та його застосування **2 год.**

В аудиторії: №№ 1 – 126; 127; 128; 129; 130; 131. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 1 – 132; 134; 135; 136. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. У чому полягає зміст методу циклів?
2. Записати перший закон термодинаміки у диференціальній формі.
3. Що являє собою мікро цикл Карно?
4. Як розрахувати коефіцієнт корисної дії теплової машини?
5. Як розрахувати роботу теплової машини, яку вона виконує за цикл, аналітично й графічно?
6. Який цикл вважають прямим, а який зворотнім?
7. Якого граничного значення може набути коефіцієнт корисної дії машини, яка працює за циклом Карно? Сформулювати відповідно до цього третій закон термодинаміки.

Практичне заняття №7. Ентропія та її зміна. **2 год.**

В аудиторії: №№ 1 – 146; 147; 148; 149; 150. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 1 – 151; 152; 153; 154. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають ентропією у термодинаміці? Одиниці її вимірювання.
2. Яку характеристику називають абсолютною температурою? Записати відповідну формулу.
3. Записати другий закон термодинаміки у вигляді рівності Клаузіуса.
4. Записати основне рівняння термодинаміки.
5. Записати зв'язок між термічним і калоричним рівняннями стану.
6. Сформулювати закон зростання ентропії.
7. Записати основну термодинамічну нерівність.

8. Пояснити у чому полягає парадокс Гіббса.
9. Сформулювати третій принцип термодинаміки у вигляді теореми Нернста.

Змістовний модуль II. СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА

Практичне заняття №8. Фазовий простір. Канонічний розподіл Гіббса. 2 год.

В аудиторії: №№ 2 – 2; 3; 7; 11; 15. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 2 – 4; 5; 9; 12. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Що являє собою статистична фізика як розділ науки?
2. У чому полягає статистичний метод дослідження фізичних явищ і процесів?
3. Як однозначно задати мікроскопічний стан системи?
4. Як однозначно задати макроскопічний стан системи?
5. Який стан системи називають рівноважним?
6. Що розуміють під часом релаксації?
7. Який простір називають фазовим?
8. Який простір називають μ -простором?
9. Записати закон розподілу імовірностей для часової послідовності.
10. Що називають статистичним ансамблем?
11. Записати закон розподілу імовірностей для ансамблю систем.
12. У чому полягає сутність ергодичної гіпотези?
13. Що називають функцією статистичного розподілу?
14. Як задається імовірність того, що зображаюча точка попадає в елемент об'єму фазового простору?
15. Як, знаючи вигляд функції статистичного розподілу обчислити макропараметр термодинамічної системи?
16. Сформулювати теорему Ліувілля про збереження фазового об'єму?
17. Записати канонічний розподіл Гіббса, що він визначає? Пояснити зміст його параметрів.
18. Записати мікроканонічний розподіл Гіббса, що він визначає? Пояснити зміст його параметрів.
19. У чому різниця між мікро канонічним і макроканонічним розподілами Гіббса?

Практичне заняття №9. Розподіл Максвелла.

2 год.

В аудиторії: №№ 2 – 20; 27; 31; 32; 36. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 2 – 21; 23; 24; 30. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Охарактеризувати, що являє собою статистичний розподіл Максвелла?
2. Як розраховується нормована стала розподілу Максвелла?
3. Записати розподіл Максвелла за проєкціями імпульсу молекули ідеального газу у декартовій системі координат. Охарактеризувати що він визначає.

4. Записати розподіл Максвелла за проекціями лінійних швидкостей молекули ідеального газу у декартовій системі координат. Охарактеризувати що він визначає.
5. Записати розподіл Максвелла за швидкостями молекули ідеального газу. Охарактеризувати що він визначає. Намалювати графік.
6. Як визначається найбільш імовірна швидкість молекул ідеального газу?
7. Як визначається середньоарифметична швидкість молекул ідеального газу?
8. Як визначається середньоквадратична швидкість молекул ідеального газу?
9. За допомогою яких експериментальних дослідів перевірявся розподіл Максвелла?

Практичне заняття №10. Розподіл Больцмана.

2 год.

В аудиторії: №№ 2 – 41; 45; 51; 52. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 2 – 42; 44; 47; 49. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Який фізичний зміст статистичного розподілу Больцмана?
2. Які фізичні обмеження накладаються на статистичну систему, щоб її стан можна було б описати за допомогою розподілу Больцмана?
3. Що визначає розподіл Больцмана у випадку відсутності потенціального поля?
4. Записати розподіл Больцмана для молекул ідеального газу у полі тяжіння Землі.
5. Записати барометричну формулу, що вона визначає, які межі її застосування?

Практичне заняття №11. Термодинамічні функції і рівняння стану класичного газу.

2 год.

В аудиторії: №№ 2 – 62; 63; 64; 70. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 2 – 65; 66; 71; 75. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Що являють собою термодинамічні величини з точки зору статистичної фізики?
2. Записати канонічний розподіл для класичних систем, пояснити, що він визначає.
3. Що називають інтегралом стану?
4. Записати умову нормування хвильової функції, пояснити зміст цієї умови?
5. Записати канонічний розподіл для квантових систем, пояснити, що він визначає.
6. Що називають статистичною сумою?
7. Що називають статистичною вагою?
8. Записати формулу для розрахунку внутрішньої енергії системи у класичному випадку, за допомогою інтегралу станів.
9. Записати формулу для розрахунку внутрішньої енергії системи у квантовому випадку, за допомогою статистичної суми.
10. Сформулювати мнемонічне правило Радускевича для відшукування зв'язків між термодинамічними функціями та параметрами термодинамічної системи.
11. Записати формулу для розрахунку вільної енергії системи у класичному випадку, за допомогою інтегралу станів.
12. Записати формулу для розрахунку тиску ідеального газу, за допомогою інтегралу станів.
13. Записати рівняння стану класичного газу, за допомогою інтегралу станів.

14. Записати формулу для розрахунку термодинамічного потенціалу Гіббса системи у класичному випадку, за допомогою інтегралу станів.
15. Записати формулу для розрахунку ентальпії системи у класичному випадку, за допомогою інтегралу станів.

Практичне заняття №12. Квантовий канонічний розподіл та функції розподілу. 2 год.

В аудиторії: №№ 2 – 76; 78; 80; 81; 96. [3 (а)]

Домашнє завдання: №№ 2 – 77; 79; 82; 95. [3 (а)]

Запитання для самоконтролю:

1. Які особливості мають квантові системи у порівнянні з класичними з точки зору статистичної фізики?
2. Що являє собою канонічний розподіл в квантовій статистиці?
3. Що називають статистичною сумою?
4. Що називають термодинамічною імовірністю макрос тану?
5. Сформулювати постулат рівноймовірності всіх мікро станів довільної ізольованої системи.
6. У чому полягає зміст методу квантових комірок?
7. Як для квантової системи із f -степенями вільності пов'язаний елемент фазового об'єму з інтегралом мікро станів?
8. Записати канонічний розподіл Гіббса у квазікласичному наближенні.
9. Записати вигляд статистичної суми для квантового осцилятора.
10. Записати формулу для розрахунку середньої енергії лінійного квантового осцилятора.
11. Записати формулу для розрахунку внутрішньої енергії системи у квантовому випадку, за допомогою статистичної суми.
12. Як пов'язані між собою внутрішня енергія і теплоємність ідеального газу?
13. Записати квантовий розподіл Фермі-Дірака.
14. Записати квантовий розподіл Бозе-Ейнштейна.

Всього:

24 год.

7. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Термодинаміка і статистична фізика		
1.	Вступ	2
2.	Основні поняття термодинаміки	4
3.	Перший закон термодинаміки	2
4.	Другий закон термодинаміки	2
5.	Третій закон термодинаміки	2
6.	Методи термодинаміки	2
7.	Умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем	2
8.	Фазові переходи і критичні явища	2
9.	Застосування термодинаміки	2
10.	<i>Тестове завдання з термодинаміки</i>	2
11.	Елементи теорії ймовірностей	2
12.	Макроскопічний і мікроскопічний стани системи	2

13.	Мікроканонічний і канонічний розподіли Гіббса	2
14.	Розподіл Максвелла-Больцмана	2
15.	Розподіл Гіббса в квантовій статистиці	2
16.	Великий канонічний розподіл	2
17.	Обчислення термодинамічних функцій класичного ідеального газу	2
18.	Статистичний зміст законів термодинаміки	2
19.	Реальний газ	2
20.	Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності і класична теорія теплоємності газу	2
21.	Квантова теорія теплоємності ідеального газу	2
22.	Розподіли Фермі і Бозе	2
23.	Електронний газ у металах	2
24.	Вироджений Бозе-газ	2
25.	Фотонний газ	2
26.	Квантова теорія теплоємності твердих тіл	2
27.	Флуктуації	2
28.	Броунівський рух	2
29.	Елементи теорії нерівноважних систем	2
30.	<i>Тестове завдання з термодинаміки</i>	2
31.	<i>Контрольна робота з термодинаміки і статистичної фізики</i>	2
32.	<i>Захист домашніх і індивідуальних задач</i>	4
Усього годин		68

7. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

(визначаються за номером у списку академічної групи)

8.1. Методичні рекомендації до виконання індивідуальних завдань. Індивідуальні завдання з курсу теоретичної фізики мають на меті перевірити вміння студента самостійно розв'язувати різноманітні фізичні задачі, аналогічні до тих, що були розглянуті під час практичних занять.

Пам'ятайте, що широту погляду на запропоновану задачу, вміння пов'язувати її з законами природи і з іншими суміжними задачами треба рішуче протиставити пошукам «потрібної формули» на основі здогадів, з'ясуванню, для чого дано ту чи іншу величину.

Розв'язування фізичних задач, як правило, має три етапи:

- 1) аналізу фізичної проблеми або опису фізичної ситуації;
- 2) пошуку математичної моделі розв'язку;
- 3) реалізації розв'язку та аналізу одержаних результатів.

На першому етапі фактично відбувається побудова фізичної моделі задачі, що подана в її умові:

- аналіз умови задачі, визначення відомих параметрів і величин та пошук невідомого;
- конкретизація фізичної моделі задачі за допомогою графічних форм (малюнки, схеми, графіки тощо);
- скорочений запис умови задачі, що відтворює фізичну модель задачі в систематизованому вигляді.

На другому, математичному етапі розв'язування фізичних задач відбувається пошук зв'язків і співвідношень між відомими величинами і невідомим:

- вибудовується математична модель фізичної задачі, робиться запис загальних рівнянь, що відповідають фізичній моделі задачі;
- враховуються конкретні умови фізичної ситуації, що описується в задачі, здійснюється пошук додаткових параметрів (початкові умови, фізичні константи тощо);
- приведення загальних рівнянь до конкретних умов, що відтворюються в умові задачі, запис співвідношення між невідомим і відомими величинами у формі часткового рівняння.

На третьому етапі здійснюються такі дії:

- аналітичне, графічне або чисельне розв'язання рівняння відносно невідомого;
- аналіз одержаного результату щодо його вірогідності й реальності, запис відповіді;

- узагальнення способів діяльності, які властиві даному типу фізичних задач, пошук інших шляхів розв'язку.

Термодинаміка і статистична фізика

№ з/п	Нумерація задач за посібником: Волчанський О.В., Подопрігора Н.В., Гур'євська О.М. Термодинаміка і статистична фізика: навчальний посібник. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. 428 с.					
	1.	1-12. 2-1	1-26. 2-34	1-64. 2-57	1-82. 2-85	1-107. 2-104
2.	1-13. 2-6	1-27. 2-35	1-65. 2-58	1-83. 2-86	1-108. 2-105	1.157
	3.	1-14. 2-8	1-28. 2-37	1-66. 2-59	1-84. 2-87	1-109. 2-106
4.	1-15. 2-13	1-29. 2-38	1-67. 2-60	1-85. 2-88	1-110. 2-107	1.159

* завдання виконуються в окремому зошиті з детальним поясненням до кожної задачі.

8.2. Завдання для підвищення рейтингу: Студенти можуть отримати додаткові **10 балів** шляхом формалізації сертифікату про завершення навчання на курсі однієї з міжнародних онлайн-платформ, на яких університет має право адміністрування (Coursera, EDx, Udey for Business), за умови погодження теми, термінів та тривалості курсу з викладачем.

9. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

– *методи пізнання*: абстрагування, ідеалізація, узагальнення і систематизація знань, проблемно-пошуковий, моделювання фізичних явищ і процесів на лекціях; актуалізація опорних знань та послідовне виконання визначеної системи завдань на практичних заняттях; індивідуальне обговорення складних для засвоєння студентами теоретичних питань та індивідуальних завдань курсу на консультаціях;

– *методи управління*: моніторинг рівнів сформованості (мотивації – професійної, навчально-пізнавальної, соціальної інтенсифікації, утилітарної; засвоєння – глибина, міцність, системність знань, успішність вивчення дисципліни; наукового світогляду – фундаментальності, інтегрованості і технологічності знань з дисципліни тощо), діагностика, аналіз, коригування.

Форми організації навчальної діяльності студентів:

– аудиторна, в межах якої виділяються колективні (лекції, захист рефератів і самостійно вивчених теоретичних питань), групові (практичні заняття) та індивідуальні (консультації, тестовий контроль, захист домашніх та індивідуальних задач)

– позааудиторна (самостійна), в межах якої виділяємо індивідуальну (написання конспекту з тем курсу, що виносяться на самостійне опрацювання, виконання домашніх і індивідуальних завдань, підготовка рефератів і ін.)

10. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Усне опитування (на колоквіумах, семінарських та практичних заняттях), тестування і перевірка письмових робіт (тематичних атестаційних, контрольних, комплексних контрольних робіт, домашніх та індивідуальних завдань), колективне обговорення (запитань, що виносяться на самостійне опрацювання студентами, рефератів ін.).

Норми оцінювання усних відповідей:

При оцінюванні усної відповіді студентом оцінюються:

- висвітлення логічно відповідає змісту питань курсу;
- знання фактів до визначених елементів теорії та їх узагальнення;
- знання й висвітлення експериментальних результатів;
- знання принципів і постулатів;

- уміння пов'язувати зміст питань курсів загальної й теоретичної фізики;
- виражати власну точку зору щодо аналізу елементів курсу та наукового світогляду людства;
- вміння застосувати знання в новій ситуації.

Завдання, яке одержує студент **на екзамені** складає два усних запитання до висвітлення логічно завершеного елемента теорії із застосуванням математичного апарату і задачі.

5 балів ставиться тоді, коли студент: виявляє правильне розуміння фізичного змісту розглянутих явищ і закономірностей, законів і теорій, дає точне визначення і тлумачення основних понять, законів і теорій, а також правильне визначення фізичних величин буде відповідь за власним планом, супроводжує розповідь власними прикладами, вміє застосувати знання в новій ситуації, при виконанні практичних завдань; може встановити зв'язок між матеріалом, що вивчається, і раніше вивченим.

4 бали студент одержує в разі неповного відтворення відповіді, пов'язане з випущенням або нерозумінням одного-двох положень, постулатів, принципів і невмінням визначити їх за довідниками, посібниками. Допущення однієї помилки при розв'язуванні задачі, використання необгрунтованого прийому чи способу.

3 бали оцінюється відповідь, у якій лише відтворено основні постулати й принципи, на яких ґрунтується зміст відповідей без математичного виведення лише фрагментарним описом окремих елементів. До задачі обґрунтовано зміст і визначено основні закони, постулати, теорії, що лежать в основі змісту й розв'язку.

У 0 балів оцінюється відповідь, що складають логічно не зв'язані фрагментарні відомості, які не дозволяють судити про розуміння суті відповіді; відсутність знань законів, постулатів і їх математичних виразів; невміння аналізувати зміст, складати план розв'язку.

Оцінювання письмових самостійних та контрольних робіт:

5 балів ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задач на 4 й більше й більше логічних кроків, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

4 бали ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язувати задачі на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

3 бали ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі і вправи на 1-3 кроки репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

В усіх останніх випадках ставиться відповідь оцінюється у **0 балів**.

Виконання домашнього завдання передбачає розв'язування 4 задач за кожною темою практичного заняття – по 0,5 балу за кожну задачу. Максимальна кількість балів за тему – 2 бали, максимальна кількість балів за всі практичні роботи – $12 \cdot 2 = 24$.

Виконання індивідуального завдання передбачає розв'язування 6 задач з термодинаміки і 5 задач із статистичної фізики – по 1 балу за кожну задачу. Максимальна кількість балів: 11.

Виконання контрольної роботи передбачає розв'язування 2 задач з термодинаміки – по 1,5 бали за кожну задачу і 1 задача зі статистичної фізики – 2 бали за задачу. Максимальна кількість балів: $2 \cdot 1,5 + 2 = 5$.

При оцінювання письмових робіт враховується частка завдання, яка виконана вірно.

11. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Термодинаміка і статистична фізика

Поточне оцінювання та самостійна робота							Екзам- ен	Сума
Теоретичний модуль		Практичний модуль					40	100
Т-ТД	Т-СФ	СБ-ТД	СБ-СФ	ДЗ	КР	ІДЗ		
5	5	5	5	24	5	11		

Примітка: Оцінювання проводиться за видами навчальної діяльності: Т – тестовий контроль; СБ – середній бал за практичні заняття; ДЗ – виконання домашніх задач; КР – контрольна робота; ІДЗ – виконання індивідуальних завдань.

Додатково – завдання для підвищення рейтингу 10 балів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою для екзамену
90–100	A	відмінно
82-89	B	добре
74-81	C	
64-73	D	задовільно
60-63	E	
35-59	FX	
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

11. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Робоча програма і силабус дисципліни, підручники, навчальні посібники, навчально-методичний комплекс дисципліни (конспекти лекцій, завдання до практичних занять, перелік запитань для самоконтролю для підготовки до практичних занять, завдання для підготовки до контрольної роботи тощо, тематика рефератів, перелік питань для підготовки до колоквиумів, самостійно вивченого теоретичного матеріалу, екзамену тощо).

12. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Термодинаміка і статистична фізика

Базова (а)

1. Базаров И.П. Термодинамика : [учебник] / Базаров И.П. – М. : Высш. шк., 1983. – 344 с.
2. Василевский А.С. Статистическая физика и термодинамика : [учеб. пособие для студентов ф.-м. фак. пед ин.-тов] / А.С. Василевский, В.В. Мултановский. – М. : Просвещение, 1985. – 256 с.
3. Волчанський О.В. Термодинаміка і статистична фізика: навчальний посібник [для студ. фізик. спец. пед. вищ. закл.] / Волчанський О.В., Подопригора Н.В., Гур'євська О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 428 с. – (Рекомендовано МОНмолодьспорту лист № 1/11-12975 від 08.08.12)
4. Курс теоретической физики : Учебное пособие для ВУЗов в 10 томах / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М. : [Физматлит](#), 2005. – Т.5. – Ч.1 : Статистическая физика. – 616 с.
5. Матвеев А.Н. Молекулярная физика : [учеб. для физ. спец. вузов] / Матвеев А.Н. – М. : Высш. шк., 1987. – 360 с.
6. Основи статистичної фізики і термодинаміки : [навч. посіб.] / Венгер Є.Ф. , Грибань В.М., Мельничук О.В. – К. : Вища шк., 2004. – 255 с.
7. Серова Ф.Г. Сборник задач по теоретической физике: Квантовая механика, статистическая физика: [учеб. пособ. для студ. пед. ин.-тов по физ. спец.] / Ф.Г. Серова, А.А. Янкина. – М. : Просвещение, 1979. – 192 с.

8. Серова Ф.Г. Сборник задач по термодинамике: [учеб. пособ. для студ. ф.-м. фак. пед. ин-тов.] / Ф.Г. Серова, А.А. Янкина. – М. : Просвещение, 1976. – 160 с.

Допоміжна (б)

9. Левич В.Г. Курс теоретической физики : [в 2 т.] / В.Г. Левич. – М. : Мир, 1984. – Т. 1. – 398 с.

10. Ноздрев В.Ф. Курс статистической физики: [учеб. пособ. для студ. пед. ин-тов] / В.Ф. Ноздрев, А.А. Сенкевич. – М. : Высш. шк., 1969. – 288 с.

11. Ноздрев В.Ф. Курс термодинамики : [учеб. пособ. для студ. пед. ин-тов] / В.Ф. Ноздрев, А.А. Сенкевич. – М. : Высш. шк., 1967. – 248 с.

12. Радушкевич Л.В. Курс статистической физики / Л.В. Радушкевич. – М. : Учпедгиз, 1966. – 420 с.

13. Радушкевич Л.В. Курс термодинамики : [учеб. пособ. для студ. физ.-мат. фак-тов пед. ин-тов] / Л.В. Радушкевич. – М. : Просвещение, 1971. – 288 с.

14. Рейф Ф. Берклеевский курс физики : [в 5 т.] / Ф. Рейф. – М. : Наука, 1986. – Т. V. Статистическая физика. – 336 с.

15. Румер Ю.Б. Термодинамика. Статистическая физика и кинетика / Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. – М. : Наука, 1977. – 553 с.

13. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/index.html>

2. <http://ilib.mirror1.mccme.ru/>

3. http://booksobzor.info/estestvoznanie_nauchnotehnicheskaja_literatura

4. <http://www.femto.com.ua/start.html>

5. <http://newlibrary.ru/genre/nauka/fizika/>

6. <http://www.netbook.perm.ru/fisika.html>

7. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/elementary.htm>