



Кам'янець-Подільський національний університет імені
Івана Огієнка Фізико математичний факультет
Кафедра фізики

Силабус
навчальної дисципліни
«Термодинаміка і статистична фізика»

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО КУРС

Назва курсу	Термодинаміка і статистична фізика
Мова викладання	українська
Викладачі	Поведа Руслан Анатолієвич
Профайл викладача	http://fizkaf.kpnu.edu.ua/sklad-kafedry/
E-mail	povedar@kpnu.edu.ua
Сторінка курсу в MOODL	https://moodle.kpnu.edu.ua/course/view.php?id=1220
Консультації	Консультації проводяться згідно графіку

АНОТАЦІЯ ДО КУРСУ

В курсі «Термодинаміка і статистична фізика» яку інколи також називають статистичною механікою, що базується на ідеях, головні з яких відомі ще з епохи античного світу, тобто понад дві тисячі років викладено сучасне розуміння процесів в навколишньому світі, показано зв'язок з класичної фізикою та квантовими ефектами, що дає можливість значною мірою активізувати навчально-пізнавальну діяльність, піднести ефективність оволодіння знаннями.

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета Метою викладання навчальної дисципліни «Термодинаміка та статистична фізика» є ознайомити студентів з основними поняттями, явищами та законами, що їх описують статистичні та термодинамічні закономірності;

Завдання: Основними завданнями вивчення дисципліни «Термодинаміка та статистична фізика» є виробити вміння застосувати теоретичні знання для аналізу і опису процесів, розрахунку або оцінки їх параметрів та перевірки основних законів; розвинути логічне мислення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

ПОВИНЕН ЗНАТИ:

- визначення статистичних розподілів (функцій станів) довільної рівноважної макроскопічної системи;
- знаходження зв'язку термодинамічних характеристик (потенціалів, параметрів, рівнянь стану) з властивостями елементарної взаємодії їх між собою і з зовнішнім полем;
- молекулярно-статистичне обґрунтування законів і рівнянь феноменологічної термодинаміки;
- статистичне визначення термодинамічних функцій, властивостей ідеального газу одноатомних і двоатомних молекул, газів електронів і фотонів, твердого тіла, рівноважного випромінювання;
- побудова теорії флуктуацій термодинамічних параметрів, зокрема, стійкої рівноваги систем і граничної чутливості вимірювальної апаратури;
- аналіз явищ релаксації, переносу, наближеного розв'язку кінетичного рівняння Больцмана.

ПОВИНЕН ВМІТИ:

застосовувати отримані знання, як для теоретичного аналізу фізичних властивостей складних систем, так і розв'язання практичних завдань і вправ.

ФОРМАТ КУРСУ

Стандартний очний навчальний курс.

ОБСЯГ І ОЗНАКИ КУРСУ

Найменування показників	Характеристика навчального курсу
	денна форма навчання
Освітня програма, спеціальність	014 середня освіта
Рік навчання/ рік викладання	4-й / 2021-2022
Семестр вивчення	8-й
нормативна/вибіркова	нормативна
Кількість кредитів ЄКТС	5,5
Загальний обсяг годин	175
Кількість годин навчальних занять	84
Лекційні заняття	40
Практичні заняття	44
Семінарські заняття	-
лабораторні заняття	-
Самостійна та індивідуальна робота	81
Форма підсумкового контролю	екзамен

РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Після завершення вивчення курсу у здобувачів вищої освіти мають бути сформовані такі загальні та спеціальні компетентності, заплановані відповідними ОПП фахівця:

Інтегральна компетентність		Здатність проводити навчальну, позакласну роботу з фізики, а також виховну роботу у загальноосвітніх школах.
Загальні компетентності (ЗК)	ЗК 04	Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.
	ЗК 05	Здатність використовувати ІКТ
	ЗК 06	Здатність до самовдосконалення та саморозвитку.
Фахові компетентності (ФК)	ФК 01	Здатність формувати в учнів предметні компетентності.
	ФК 02	Здатність застосовувати сучасні методи й освітні технології навчання.
	ФК 03	Здатність здійснювати об'єктивний контроль і оцінювання рівня навчальних досягнень учнів з фізики
	ФК 04	Здатність аналізувати особливості сприйняття та засвоєння учнями навчальної інформації з метою прогнозу ефективності та корекції навчально-виховного процесу.
	ФК 06	Здатність використовувати системні знання з фізики, педагогіки, методики навчання фізики, історії їх виникнення та розвитку.
	ФК 07	Здатність ефективно застосувати ґрунтовні знання змісту шкільного курсу фізики.
	ФК 08	Здатність аналізувати предметні задачі, розглядати різні способи їх розв'язування.
	ФК 10	Здатність формувати і підтримувати належний рівень мотивації учнів до занять фізики.
	ФК 11	Здатність здійснювати аналіз та корекцію знань та умінь учнів з фізики в умовах диференційованого навчання.
	ФК 12	Здатність ефективно планувати та організовувати різні форми позакласної роботи.
	ФК 13	Здатність проектувати цілісний процес навчання, виховання та розвитку учнів.
	ФК 14	Здатність аналізувати, досліджувати та презентувати педагогічний досвід навчання учнів у школі.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1 Історія розвитку молекулярно-кінетичної теорії. Динамічний та статистичний методи в фізиці. Феноменологічна термодинаміка та статистична фізика як теорія мікроскопічних процесів.

Термодинамічні системи, параметри і рівновага. Температура, нульове начало термодинаміки. Гомогенні і гетерогенні системи. Рівноважні і нерівноважні процеси. Внутрішня енергія системи. Робота і теплота. Термічне і калоричне рівняння стану.

Перше начало термодинаміки. Рівняння першого начала термодинаміки. Теплоємності і теплоти ізотермічних змін зовнішніх параметрів. Загальний вираз для зв'язку між теплоємностями при сталому тиску і сталому об'ємі. Основні термодинамічні процеси (ізотермічний, адіабатний і політропний) та їх рівняння. Зв'язок між коефіцієнтами пружності і теплоємностями

Тема 2 Друге начало термодинаміки. Вихідне формулювання другого принципу термодинаміки. Оборотні і необоротні процеси. Ентропія і абсолютна температура. Термодинамічна шкала температур. Специфічність теплоти як форми передачі енергії.

Тема 3 Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів. Зв'язок між термічним і калоричним рівняннями стану. Зростання ентропії при дифузії газів і парадокс Гіббса. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Закон зростання ентропії.

Тема 4 Цикл Карно . Третє начало термодинаміки. Хімічна спорідненість. Формулювання третього начала термодинаміки. Недосяжність абсолютного нуля. Виродження ідеального газу.

Методи термодинаміки. Метод циклів. Метод термодинамічних потенціалів. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали систем із змінним числом частинок. Хімічний потенціал. Недоліки термодинамічного методу опису процесів

Тема 5 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 Ла Шательє-Брауна

Тема 6 Застосування термодинаміки. Ефект Джоуля-Томсона. Зрідження реальних газів. Охолодження газу при оборотному адіабатичному розширенні. Термодинамічні функції діелектриків і магнетиків. Магнітне і ядерне охолодження. Термодинаміка випромінювання.

Тема 7 Умови рівноваги фаз в гетерогенних системах. Правило фаз Гіббса.. Діаграми стану однокомпонентних систем. Лінії рівноваги фаз. Потрійні точки. Класифікація фазових переходів. Фазові перетворення першого роду та рівняння Клапейрона-Клаузіуса.

Тема 8 Макроскопічний і мікроскопічний стани системи. Опис руху в класичній механіці. Мікро- та макроскопічні стани багаточастинкової системи.

Рівноважний стан. Статистичний ансамбль систем. Фазовий простір. Густина фазових точок. Теорема Ліувілля.

Тема 9 Постулат рівноймовірності мікростанів з однаковою енергією. Термодинамічна ймовірність або статистична вага макростану системи. Ймовірність стану та ймовірність значення фізичної величини. Припущення про рівність середнього за статистичним ансамблем. Ергодична гіпотеза. Обчислення статистичного середнього за допомогою функції розподілу від енергії. Ізольована система. Мікροканонічний розподіл густини ймовірності.. Статистичний зміст ентропії.

Тема 10 Квазізамкнена система. Канонічний розподіл Гіббса. Вивід канонічного розподілу з мікροканонічного. Вивід канонічного розподілу з принципу максимуму ентропії. Термодинамічний зміст параметрів канонічного розподілу. Канонічний розподіл в квантовій і класичній статистиках. Межі застосування канонічного розподілу. Квазікласичне наближення.

Тема 11 Великий канонічний розподіл. Квазізамкнена система із змінним числом частинок. Великий канонічний розподіл. Вивід великого канонічного розподілу із принципу максимуму ентропії. Термодинамічний зміст параметрів великого канонічного розподілу. Рівняння стану. Вивід рівняння стану із умови нормування канонічного розподілу.

Тема 12 Обчислення термодинамічних потенціалів за допомогою канонічного розподілу. Термодинамічні величини як середні по канонічному розподілу. Знаходження термодинамічних потенціалів через статистичну суму. Обчислення внутрішньої енергії ідеального газу за допомогою статистичного методу. Вивід рівняння Гіббса-Гельмгольца із умови нормування канонічного розподілу. Статистичний зміст ентропії.

Тема 13 Статистичний зміст законів термодинаміки. Перше начало термодинаміки. Теплота і робота, їх мікроскопічний зміст. Вивід із умови нормування канонічного розподілу об'єднаного запису першого і другого начал термодинаміки. Статистичний характер другого начала термодинаміки. Статистичне обґрунтування третього начала термодинаміки. Теплоємність.

Тема 14 Ідеальний газ. Обчислення термодинамічних функцій класичного ідеального газу. Статистичний інтеграл для ідеального газу. Розподіл Максвелла-Больцмана. Молекула ідеального газу як квазінезалежна підсистема. Розподіл молекул за імпульсами і координатами. Розподіл молекул за швидкостями і енергіями. Розподіл молекул за висотою у полі сил тяжіння.

Тема 15 Реальний газ. Врахування взаємодії між молекулами. Статистичний інтеграл для реального газу. Рівняння стану реального одноатомного газу.

Тема 16 Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності. Вивід теореми із канонічного розподілу.

Застосування теореми в класичній теорії теплоємностей. Результати класичної теорії теплоємностей і порівняння їх з експериментальними даними.

Тема 17 Різні моделі поведінки частинок. Модель Максвелла-Больцмана. Тотожність 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 18 Вільні електрони в металах як вироджений Фермі-газ.

Аналіз розподілу Фермі-Дірака. Рівень Фермі. Характеристична температура.

Фотонний газ. Рівноважне випромінювання як фотонний газ. Формула та розподіл Планка. Закон Віна. Закон Стефана-Больцмана. Поняття безконденсації при низьких температурах.

Тема 19 Поняття про флуктуації. Розрахунок флуктуацій за допомогою канонічного розподілу Гіббса. Флуктуації основних термодинамічних величин. Флуктуації випромінювання..

Поняття про броунівський рух. Розрахунок середнього квадрата зміщення броунівської частинки

Тема 20 Поняття про кінетичне рівняння Больцмана та нерівноважні функції розподілу. Інтеграл зіткнень та час релаксації. Рівняння балансу для фізичної величини, яка характеризує явище переносу.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин денна форма		
	лк	пр	інд с.р.
1	2	3	4
<p>Тема1 Історія розвитку молекулярно-кінетичної теорії. Динамічний та статистичний методи в фізиці. Феноменологічна термодинаміка та статистична фізика як теорія мікроскопічних процесів.</p> <p>Термодинамічні системи, параметри і рівновага. Температура, нульове начало термодинаміки. Гомогенні і гетерогенні системи. Рівноважні і нерівноважні процеси. Внутрішня енергія системи. Робота і теплота. Термічне і калоричне рівняння стану.</p> <p>Перше начало термодинаміки. Рівняння першого начала термодинаміки. Теплоємності і теплоти ізотермічних змін зовнішніх параметрів. Загальний вираз для зв'язку між теплоємностями при сталому тиску і сталому об'ємі. Основні термодинамічні процеси (ізотермічний, адіабатний і політропний) та їх рівняння. Зв'язок між коефіцієнтами пружності і теплоємностями</p>	2	2	

<p>Тема2 Друге начало термодинаміки. Вихідне формулювання другого принципу термодинаміки. Оборотні і необоротні процеси. Ентропія і абсолютна температура. Термодинамічна шкала температур. Специфічність теплоти як форми передачі енергії.</p>	2	2	
<p>Тема 3 Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів. Зв'язок між термічним і калоричним рівняннями стану. Зростання ентропії при дифузії газів і парадокс Гіббса. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Закон зростання ентропії.</p>	2	2	
<p>Тема 4 Цикл Карно . Третє начало термодинаміки. Хімічна спорідненість. Формулювання третього начала термодинаміки. Недосяжність абсолютного нуля. Виродження ідеального газу.</p> <p>Методи термодинаміки. Метод циклів. Метод термодинамічних потенціалів. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали систем із змінним числом частинок. Хімічний потенціал. Недоліки термодинамічного методу опису процесів</p>	2	2	
<p>Тема 5 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 Ла Шательє-Брауна</p>	2	2	
<p>Тема 6 Застосування термодинаміки. Ефект Джоуля-Томсона. Зрідження реальних газів. Охолодження газу при оборотному адіабатичному розширенні. Термодинамічні функції діелектриків і магнетиків. Магнітне і ядерне охолодження. Термодинаміка випромінювання.</p>	2	2	
<p>Тема 7 Умови рівноваги фаз в гетерогенних системах. Правило фаз Гіббса.. Діаграми стану однокомпонентних систем. Лінії рівноваги фаз. Потрійні точки. Класифікація фазових переходів. Фазові перетворення першого роду та рівняння Клапейрона-Клаузіуса.</p>	2	2	
<p>Тема 8 Макроскопічний і мікроскопічний стани системи. Опис руху в класичній механіці. Мікро- та макроскопічні стани багаточастинкової системи.</p>	2	2	

<p>Тема 9 Постулат рівномірності мікростанів з однаковою енергією. Термодинамічна ймовірність або статистична вага макростану системи Імовірність стану та ймовірність значення фізичної величини. Припущення про рівність середнього за статистичним ансамблем. Ергодична гіпотеза. Обчислення статистичного середнього за допомогою функції розподілу від енергії. Ізольована система. Мікроканонічний розподіл густини ймовірності.. Статистичний зміст ентропії.</p>	2	2	
<p>Тема 10 Квазізамкнена система. Канонічний розподіл Гіббса. Вивід канонічного розподілу з мікроканонічного. Вивід канонічного розподілу з принципу максимуму ентропії. Термодинамічний зміст параметрів канонічного розподілу. Канонічний розподіл в квантовій і класичній статистиках. Межі застосування канонічного розподілу. Квазікласичне наближення..</p>	2	2	
<p>Тема 11 Великий канонічний розподіл. Квазізамкнена система із змінним числом частинок. Великий канонічний розподіл. Вивід великого канонічного розподілу із принципу максимуму ентропії. Термодинамічний зміст параметрів великого канонічного розподілу. Рівняння стану. Вивід рівняння стану із умови нормування канонічного розподілу.</p>	2	2	
<p>Тема 12 Обчислення термодинамічних потенціалів за допомогою канонічного розподілу. Термодинамічні величини як середні по канонічному розподілу. Знаходження термодинамічних потенціалів через статистичну суму. Обчислення внутрішньої енергії ідеального газу за допомогою статистичного методу. Вивід рівняння Гіббса-Гельмгольца із умови нормування канонічного розподілу. Статистичний зміст ентропії.</p>	2	2	
<p>Тема 13 Статистичний зміст законів термодинаміки. Перше начало термодинаміки. Теплота і робота, їх мікроскопічний зміст. Вивід із умови нормування канонічного розподілу об'єднаного запису першого і другого начал термодинаміки. Статистичний характер другого начала термодинаміки. Статистичне обґрунтування третього начала термодинаміки. Теплоємність.</p>	2	2	
<p>Тема 14 Ідеальний газ. Обчислення термодинамічних функцій класичного ідеального газу. Статистичний інтеграл для ідеального газу. Розподіл Максвелла-Больцмана. Молекула ідеального газу як квазінезалежна підсистема. Розподіл молекул за імпульсами і координатами. Розподіл молекул за швидкостями і</p>	2	2	

енергіями. Розподіл молекул за висотою у полі сил тяжіння.			
Тема 15 Реальний газ. Врахування взаємодії між молекулами. Статистичний інтеграл для реального газу. Рівняння стану реального одноатомного газу.			
Тема 16 Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності. Вивід теореми із канонічного розподілу. Застосування теореми в класичній теорії теплоємкостей. Результати класичної теорії теплоємкостей і порівняння їх з експериментальними даними.	2	2	
Тема 17 Різні моделі поведінки частинок. Модель Максвелла-Больцмана. Тотожність 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	2	2	
Тема 18 Вільні електрони в металах як вироджений Фермі-газ. Аналіз розподілу Фермі-Дірака. Рівень Фермі. Характеристична температура. Фотонний газ. Рівноважне випромінювання як фотонний газ. Формула та розподіл Планка. Закон Віна. Закон Стефана-Больцмана. Поняття безе-конденсації при низьких температурах.	2	4	
Тема 19 Поняття про флуктуації. Розрахунок флуктуацій за допомогою канонічного розподілу Гіббса. Флуктуації основних термодинамічних величин. Флуктуації випромінювання.. Поняття про броунівський рух. Розрахунок середнього квадрата зміщення броунівської частинки	2	4	
Тема 20 Поняття про кінетичне рівняння Больцмана та нерівноважні функції розподілу. Інтеграл зіткнень та час релаксації. Рівняння балансу для фізичної величини, яка характеризує явище переносу.	2	2	
Усього годин	40	44	

ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Термодинамічні системи, параметри і рівновага.	2
2	Термічне і калоричне рівняння стану	2
3	Перше начало термодинаміки. Основні ТД процеси. Основні ізопроцеси.	2
4	Друге начало термодинаміки, парадокс Гіббса.	2
5	Третє начало термодинаміки	2
6	Виродження ідеального газу.	2
7	Методи термодинаміки. Метод циклів.	2
8	Метод термодинамічних потенціалів.	2
9	Рівняння Гіббса-Гельмгольца	2
10	Принцип Ла Шательє-Брауна.	2
11	Ефект Джоуля-Томсона. Термодинаміка випромінювання	2
12	Правило фаз Гіббса. Потрійні точки.	2
13	Макроскопічний і мікроскопічний стани системи. Статистичний ансамбль систем.	2
14	Теорема Ліувілля.	2
15	Співвідношення неозначеностей і число квантових станів	2
16	Постулат рівноймовірності мікростанів з однаковою енергією	2
17	Ергодична гіпотеза. Канонічний розподіл Гіббса.	2
18	ТД зміст параметрів великого канонічного розподілу	2
19	Обчислення ТД за допомогою канонічного розподілу.	2
20	Знаходження ТД потенціалів через статистичну суму.	2
21	Обчислення внутрішньої енергії ідеального газу за допомогою стат. методу.	2
22	Вивід рівняння Гіббса-Гельмгольца із умови нормування канонічного розподілу. Статистичний зміст ентропії.	2

САМОСТІЙНА РОБОТА

Основні принципи, задачі і методи статистичної фізики (СФ) і термодинаміки (ТРД). Елементи теорії імовірностей. Фазовий простір.

Метод ансамблів Гібса.

Розподіли густини імовірності стану замкнених, квазізалежних і відкритих систем.

Молекулярно-кінетична теорія невиродженого ідеального газу.

Квантові статистики.

Метод комірок у фазовому просторі. Функції розподілу газу із ферміонів і бозонів.

Закони і основні співвідношення ТРД.

Статистичне обґрунтування принципів ТРД. Ентропія. Формула Больцмана. Теорема Нернста. Максимальна корисна робота.

Характеристичні функції. Диференціальні співвідношення. Рівняння Гібса-Гельмгольца. Термічні і пружні коефіцієнти.

Критерії стійкої рівноваги. Статистичне визначення ТРД параметрів.

Термодинамічні потенціали середовищ в електромагнітних полях.

Термодинамічні властивості квантових систем

Коливальний і обертальний енергетичний спектр із двоатомних молекул. Модель твердого тіла. Нормальні коливання (фонони), функція стану і теплоємність кристала.

Елементи теорії вільних електронів в металах.

Теплове рівноважне випромінювання. Спектральна густина. Закони, ТРД функції і параметри.

Теорія флуктуацій

Імовірність і дисперсія термодинамічних величин. Коефіцієнт кореляції. Гранична чутливість механічних і струмкових вимірювальних приладів. Дробові і теплові шуми. Розсіяння світла флуктуаціями

Елементи фізичної кінетики

Явища релаксації і переносу. Фізичні потоки. Точне кінетичне рівняння Больцмана. Його наближене розв'язання.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Усне слово викладача, бесіди, проблемно-пошукові завдання, робота за підручниками і посібниками.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Модульна контрольна робота, фізичні диктанти, усне опитування, самостійна робота.

Загальна кількість модульних контрольних робіт – 1.

Кількість годин – 2.

МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА

При створенні варіантів завдань була використана авторська комп'ютерна програма генерації тестових завдань на паперових носіях, що дозволяє проводити перевірку знань студентів незалежно від доступу до персональних комп'ютерів; особливістю програми є те, що база завдань та відповідей формується із графічних об'єктів, що знімає з одного боку будь-які обмеження на використання специфічних символів, формул, графіків та мов, а з іншого – різко зменшує витрати часу на необхідну технологічну обробку завдань при формуванні бази тестів та дозволяє оперативно обробити результатів виконаних комбінованих тестів (студенти відмічають вірні на їх думку відповіді у спеціальній таблиці, яка при перевірці корелюється з таблицею вірних відповідей, що дозволяє оперативно оцінити роботу). Програма дозволяє сформувати тест відкритого типу, що складається з п'яти завдань та п'яти відповідей на кожне з них, одна з яких є вірною.

Завдання тесту можуть формуватись як з однієї бази (у цьому випадку, звісно автоматично, проводиться перевірка на недопущення співпадіння завдань в одному білеті), так і з різних. Таким чином з'являється можливість генерації диференційованих за рівнем складності, способом розв'язання завдань, або завдань, що включають завдання з різних розділів даної дисципліни.

Після більш ніж десятилітнього використання даних тестів можна зробити висновок про проблему оцінювання таких рівнів засвоєння дисципліни як застосування знань в незвичній ситуації за зразком, розв'язування типових комбінованих задач та творче перенесення досвіду. Вирішення згаданої проблеми – це комбінування тесту з такими традиційними формами контролю як письмова робота. На практиці це виглядає так – при проходженні тесту викладач пропонує студентам на звороті аркушу в обов'язковому порядку навести розв'язки відповідних задач та аргументувати свої обрані варіанти відповідей на теоретичні питання. Звісно, при цьому дещо втрачається оперативність оцінювання, оскільки користуючись лише відміченими варіантами відповідей можливо отримати тільки попередній результат. Кінцева оцінка коригується після перегляду ходу рішення та його обговорення з студентом, якщо в цьому виникає потреба. Проте такий підхід все одно є більш оперативний, ніж традиційна перевірка письмових робіт завдяки стандартизованій формі відповідей та більш інформативна, ніж звичайні тести.

ПРОГРАМА СЕМЕСТРОВОГО ЕКЗАМЕНУ ОСНОВНІ ЗАКОНИ І МЕТОДИ ТЕРМОДИНАМІКИ

1. Історія розвитку молекулярно-кінетичної теорії. Динамічний та статистичний методи в фізиці. Феноменологічна термодинаміка та статистична фізика як теорія мікроскопічних процесів.
2. Термодинамічні системи, параметри і рівновага. Температура, нульове начало термодинаміки. Гомогенні і гетерогенні системи. Рівноважні і нерівноважні процеси. Внутрішня енергія системи. Робота і теплота. Термічне і калоричне рівняння стану.
3. Перше начало термодинаміки. Рівняння першого начала термодинаміки. Теплоємності і теплоти ізотермічних змін зовнішніх параметрів. Загальний вираз для зв'язку між теплоємностями при сталому тиску і сталому об'ємі. Основні термодинамічні процеси (ізотермічний, адіабатний і політропний) та їх рівняння. Зв'язок між коефіцієнтами пружності і теплоємностями
4. Друге начало термодинаміки. Вихідне формулювання другого принципу термодинаміки. Оборотні і необоротні процеси. Ентропія і абсолютна температура. Термодинамічна шкала температур. Специфічність теплоти як форми передачі енергії. Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів. Зв'язок між термічним і калоричним рівняннями стану. Зростання ентропії при дифузії газів і парадокс Гіббса. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Закон зростання ентропії.
5. Цикл Карно . Третє начало термодинаміки. Хімічна спорідненість. Формулювання третього начала термодинаміки. Недосяжність абсолютного нуля. Виродження ідеального газу.
6. Методи термодинаміки. Метод циклів. Метод термодинамічних потенціалів. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали систем із змінним числом частинок. Хімічний потенціал. Недоліки термодинамічного методу опису процесів.
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 Ла Шательє-Брауна.
8. Застосування термодинаміки. Ефект Джоуля-Томсона. Зрідження реальних газів. Охолодження газу при оборотному адіабатичному розширенні. Термодинамічні функції діелектриків і магнетиків. Магнітне і ядерне охолодження. Термодинаміка випромінювання.
9. Умови рівноваги фаз в гетерогенних системах. Правило фаз Гіббса.. Діаграми стану однокомпонентних систем. Лінії рівноваги фаз. Потрійні точки. Класифікація фазових переходів. Фазові перетворення першого роду та рівняння Клапейрона-Клаузіуса.
Основні положення статистичної фізики
10. Макроскопічний і мікроскопічний стани системи. Опис руху в класичній механіці. Мікро- та макроскопічні стани багаточастинкової системи.

Рівноважний стан. Статистичний ансамбль систем. Фазовий простір. Густина фазових точок. Теорема Ліувілля..

11. Постулат рівноймовірності мікростанів з однаковою енергією. Термодинамічна ймовірність або статистична вага макростану системи. Ймовірність стану та ймовірність значення фізичної величини. Припущення про рівність середнього за статистичним ансамблем. Ергодічна гіпотеза. Обчислення статистичного середнього за допомогою функції розподілу від енергії. Ізольована система. Мікроканонічний розподіл густини ймовірності.. Статистичний зміст ентропії.

12. Квазізамкнена система. Канонічний розподіл Гіббса. Вивід канонічного розподілу з мікроканонічного. Вивід канонічного розподілу з принципу максимуму ентропії. Термодинамічний зміст параметрів канонічного розподілу. Канонічний розподіл в квантовій і класичній статистиках. Межі застосування канонічного розподілу. Квазікласичне наближення.

13. Великий канонічний розподіл. Квазізамкнена система із змінним числом частинок. Великий канонічний розподіл. Вивід великого канонічного розподілу із принципу максимуму ентропії. Термодинамічний зміст параметрів великого канонічного розподілу. Рівняння стану. Вивід рівняння стану із умови нормування канонічного розподілу.

14. Обчислення термодинамічних потенціалів за допомогою канонічного розподілу. Термодинамічні величини як середні по канонічному розподілу. Знаходження термодинамічних потенціалів через статистичну суму. Обчислення внутрішньої енергії ідеального газу за допомогою статистичного методу. Вивід рівняння Гіббса-Гельмгольца із умови нормування канонічного розподілу. Статистичний зміст ентропії.

15. Статистичний зміст законів термодинаміки. Перше начало термодинаміки. Теплота і робота, їх мікроскопічний зміст. Вивід із умови нормування канонічного розподілу об'єднаного запису першого і другого начал термодинаміки. Статистичний характер другого начала термодинаміки. Статистичне обґрунтування третього начала термодинаміки. Теплоємність.

16. Ідеальний газ. Обчислення термодинамічних функцій класичного ідеального газу. Статистичний інтеграл для ідеального газу. Розподіл Максвелла-Больцмана. Молекула ідеального газу як квазінезалежна підсистема. Розподіл молекул за імпульсами і координатами. Розподіл молекул за швидкостями і енергіями. Розподіл молекул за висотою у полі сил тяжіння.

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

18. Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності. Вивід теореми із канонічного розподілу. Застосування теореми в класичній теорії теплоємностей. Результати класичної теорії теплоємностей і порівняння їх з експериментальними даними.

19. Різні моделі поведінки частинок. Модель Максвелла-Больцмана. Тотожність 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.

20. Вільні електрони в металах як вироджений Фермі-газ. Аналіз розподілу Фермі-Дірака. Рівень Фермі. Характеристична температура.

21. Фотонний газ. Рівноважне випромінювання як фотонний газ. Формула та розподіл Планка. Закон Віна. Закон Стефана-Больцмана. Поняття безконденсації при низьких температурах.

22. Поняття про флуктуації. Розрахунок флуктуацій за допомогою канонічного розподілу Гіббса. Флуктуації основних термодинамічних величин. Флуктуації випромінювання. Поняття про броунівський рух. Розрахунок середнього квадрата зміщення броунівської частинки.

23. Поняття про кінетичне рівняння Больцмана та нерівноважні функції розподілу. Інтеграл зіткнень та час релаксації. Рівняння балансу для фізичної величини, яка характеризує явище переносу.

24. Теплоємність газів. Характеристичні температури. Теплоємність твердих тіл. Закон Дюлонга-Пті. Теплоємність за Дебаєм.

КРИТЕРІЇ ТА НОРМИ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ, УМІНЬ І НАВИЧОК СТУДЕНТІВ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Поточний і модульний контроль (60 балів)		екза мен	Сума
Змістовий модуль		40	100
Поточний контроль	МКР		
30 балів	30 балів		

ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ (12 БАЛІВ)

Максимальна кількість балів, яку можна отримати на практичному занятті – **12 балів** (за умови виконання всіх різновидів роботи, передбачених планом практичного заняття).

ПІДСУМКОВИЙ РЕЙТИНГ З ДИСЦИПЛІНИ.

Рейтингова оцінка з кредитного модуля	Оцінка за шкалою ECTS	Рекомендовані статистичні значення (y %)	Екзаменаційна оцінка за національною шкалою	Національна залікова оцінка
90-100 і більше	A (відмінно)	10	відмінно	Зарах.
82-89	B (дуже добре)	25	добре	
75-81	C (добре)	30		
67-74	D (задовільно)	25	задовільно	
60-66	E (достатньо)	10		
35-59	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)		незадовільно	не зарах.
34 і менше	F (незадовільно з обов'язковим проведенням додаткової роботи щодо вивчення навчального матеріалу кредитного модуля)			

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Василевский А.С., Мултановский В.В. Стат. физика и термодинамика. М.: Просвещение, 1985.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, М.: Наука, 1964, – 568 с.
3. Левич В.Г. Курс теоретической физики, т. 1. М.: ФМ., 1962.
4. Васильев А.М. Введение в статистическую физику. М.: Высш. шк., 1980. – 272 с.
5. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. М.: Наука, 1977. – 336 с.
6. Смирнова Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии. Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1969. – 480 с.
7. Терлецкий Я.П. Статистическая физика. М.: Высш. шк., 1973. – 280 с.
8. Базаров И.П. Термодинамика. М.: Высш. шк., 1976. – 447 с.
9. Жирифалько Л. Статистическая физика твердого тела. М.: Мир, 1975 – 382 с.
10. А.М. Федорченко. Вступ до курсу статистичної фізики та термодинаміки, Київ: Вища шк., 1973. – 188 с.
11. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М.: Наука, 1972. – 400 с
12. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Т.2. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика.- К.: Вища школа.- 1993.- 415 с.
13. Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф., Федорченко А.М. Сборник задач по теоретической физике.- М.: Высшая школа.- 1984.- 320 с.
14. Чуйко Г. П., Поведа Р.А. Поведа Т.П. Термодинаміка та статистична фізика. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2008. – 146 С. Режим доступу: URL: <https://sites.google.com/site/povedar/>

Інформаційні ресурси

1. <https://sites.google.com/site/povedar/>
2. <http://ru.wikipedia.org>
3. Конспект лекцій знаходиться за адресою:
https://moodle.kpnu.edu.ua/pluginfile.php/35039/mod_resource/content/1/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D1%84%D1%96%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D1%82%D0%B0%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B0%2015%20%D0%BB%D0%BA.pdf