

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В.Н. КАРАЗІНА**

**ФІЗИКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**ЗАВІДУВАЧ КАФЕДРИ**

\_\_\_\_\_ доц. Олександр КУЛИК

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ р.

**КОМПЛЕКС НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА»**

## **ЗМІСТ НМК**

- 1. Робоча програма навчальної дисципліни;**
- 2. Навчальний контент** (розширений план лекцій);
- 3. План практичних занять** (завдання на кожне заняття та на СРС, критерії оцінювання завдань та методів поточного контролю у робочій програмі);
- 4. Завдання для лабораторних робіт** (у електронному вигляді; в бібліотечному фонді, 1 екземпляр на кафедрі);
- 5. Завдання для самостійної роботи** (завдання на опрацювання теоретичного матеріалу на основі навчального контенту у друкованому вигляді: вивчити, проаналізувати, розібрати, дослідити, тощо);
- 6. Завдання для контрольної роботи**, передбаченої навчальним планом; зразок розв'язання варіанту КР; критерії оцінювання кожного завдання КР
- 7. Завдання для розрахунково-графічної роботи**, передбаченої навчальним планом; критерії оцінювання завдань РГР
- 8. Білети для семестрових екзаменів** або завдання для письмових залікових робіт (з проставленням балів за кожне завдання; критерії оцінювання завдань у робочій програмі);
- 9. Критерії оцінювання набутих знань і вмінь** (у робочій програмі дисципліни).

## **Навчальний контент (розширений план лекцій)**

### *Основи молекулярно-кінетичної теорії. Ідеальний газ. Вступ*

Предмет і задачі молекулярної фізики і термодинаміки. Поняття про термодинамічну систему і основні методи її опису. Мікро- і макропараметри системи. Об'єм, тиск, температура та їх вимірювання. Термометричне тіло. Емпіричні температурні шкали. Поняття про рівняння стану. Термодинамічна рівновага системи. Поняття про процес. Рівноважні і нерівноважні процеси. Математичний апарат та наукові абстракції, що використовуються у даному курсі.

### *Молекулярна будова речовини*

Основні положення і експериментальне підтвердження молекулярно-кінетичної теорії. Маса і розміри молекул. Відносна атомна і молекулярна маси. Атомна одиниця маси. Моль. Молярна маса. Число Авогадро. Газоподібний, рідкий та твердий стани речовини з точки зору основних положень молекулярно-кінетичної теорії.

### *Закони ідеальних газів*

Експериментальні газові закони: Бойля - Маріотта, Гей-Люссака, Шарля, Дальтона, Авогадро. Ідеальний газ як модель найбільш простої статистичної системи. Рівняння стану ідеального газу: Клапейрона, Клапейрона-Менделєєва. Універсальна газова стала. Число Лошмідта.

### *Молекулярно-кінетична теорія ідеального газу*

Основне рівняння кінетичної теорії ідеального газу. Молекулярно-кінетичне (статистичне) тлумачення тиску та температури. Стала Больцмана. Ідеально – газова шкала температур. Поняття про абсолютний нуль.

### *Статистичні розподіли*

Ідеальний газ у полі сили тяжіння Землі. Барометрична формула. Макро- і мікростани статистичної системи та співвідношення між ними. Статистичні закономірності. Середні значення (за часом та за ансамблем). Флуктуації. Ергодична гіпотеза. Статистичні ансамблі. Основні поняття теорії ймовірностей. Теореми про добуток та додавання ймовірностей. Функція розподілу ймовірностей, густина ймовірностей. Обчислення середніх величин з використанням функцій розподілу. Поняття про фазовий простір. Розподіл Максвелла за компонентами та за модулем швидкості. Найбільш імовірна, середня арифметична, середня квадратична швидкості. Максвеллівський розподіл молекул за енергіями. Експериментальне підтвердження розподілу Максвелла. Розподіл Больцмана. Досліди Перрена з визначення числа Авогадро. Розподіл Максвелла - Больцмана. Вплив флуктуацій на чутливість вимірювальних приладів.

### *Перший закон термодинаміки*

Основні визначення та межі застосування законів термодинаміки. Внутрішня енергія. Робота і теплота. Фізичний зміст, аналітична форма запису та різні формулювання першого закону термодинаміки. Теплоємність термодинамічної системи. Рівняння Майера. Ступені вільності та внутрішня енергія молекул ідеального газу. Теорема Больцмана – Максвелла про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності поступального та обертального руху молекул. Розходження класичної теорії теплоємності ідеального газу з експериментом. Адіабатний процес. Рівняння Пуассона. Політропний процес. Робота, яку виконує ідеальний газ при ізопроцесах, при адіабатному та політропному процесах

### *Другий закон термодинаміки*

Колові процеси. Оборотні і необоротні процеси. Основні необоротні процеси в ідеальному газі. Робота при коловому процесі. Теплові двигуни та холодильники. Холодильний коефіцієнт. Цикл Карно ідеального газу та його коефіцієнт корисної дії. Теорема Карно. Рівняння і нерівність Клаузіуса. Різні формулювання другого закону термодинаміки та їх еквівалентність. Абсолютна термодинамічна шкала температур. Ентропія. Термодинамічна ймовірність. Статистична вага. Зв'язок ентропії з ймовірністю стану системи. Формула Больцмана. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Ентропія та інформація. Принцип Ле Шательє-Брауна. Теорема Нернста, як третій закон термодинаміки. Недосяжність абсолютного нуля температури.

### *Термодинамічні потенціали*

Метод циклів і метод термодинамічних функцій (потенціалів). Внутрішня енергія, вільна енергія, ентальпія, термодинамічний потенціал Гіббса та їх диференціали. Фізичний зміст термодинамічних функцій. Співвідношення Максвелла, рівняння Гіббса - Гельмгольца. Хімічний потенціал. Умови термодинамічної рівноваги. Елементи термодинаміки необоротних процесів.

### *Явища переносу в ідеальних газах*

Загальна характеристика явищ переносу. Зіткнення між молекулами. Ефективний поперечний переріз зіткнення молекул. Ефективний діаметр молекул. Середня довжина вільного пробігу молекул. Дифузія в газах. Закони дифузії Фіка. В'язкість (внутрішнє тертя) у газах. Теплопровідність в газах. Залежність коефіцієнтів дифузії, в'язкості, теплопровідності від тиску та температури. Співвідношення між коефіцієнтами переносу, їх одиниці вимірювання і розмірність. Вакуум. Одержання та вимірювання низьких тисків. Ефузія. Застосування знань про явища перенесення в техніці.

### *Реальні гази*

Загальна характеристика реальних газів. Відхилення поведінки реальних газів від законів ідеального газу. Сили та потенціальна енергія міжмолекулярної взаємодії. Рівняння стану та ізотерми газу Ван-дер-Ваальса. Фізичний зміст сталих, що входять у рівняння Ван-дер-Ваальса. Критичний стан речовини. Рівняння Ван-дер-Ваальса в зведеній формі. Закон відповідних станів. Порівняльна характеристика експериментальних ізотерм газу Ендрюса і розрахованих теоретично ізотерм газу Ван-дер-Ваальса. Метастабільний стан. Перегріта рідина та переохолоджена пара. Насичена пара. Внутрішня енергія реального газу. Теплоємність та ентропія реального газу. Відхилення від закону Маєра для газу Ван-дер-Ваальса. Ефект Джоуля-Томсона. Температура інверсії. Скраплення газів та одержання низьких температур.

#### *Рідкий стан*

Загальні властивості та будова рідин. Подібність та відмінності властивостей реального газу і рідини. Густина та стисливість. Молекулярно-кінетична модель рідини. Близькій та дальній порядки. Поверхневий шар рідини. Поверхневий натяг. Кривизна поверхні і додатковий (лапласівський) тиск. Формула Лапласа. Взаємодія рідин з поверхнею твердого тіла. Змочування. Капілярні явища. Висота піднімання рідини у циліндричних капілярних трубках. Вплив викривленої поверхні на тиск насиченої пари. Змочування та капілярні явища в природі та техніці. В'язкість (внутрішнє тертя) рідин. Дифузія у рідинах. Поверхнево-активні речовини. Адсорбція. Флотація. Термодинаміка поверхневих явищ.

#### *Кристалічний стан*

Загальні властивості кристалічних та аморфних твердих тіл. Основні характеристики кристалів. Полікристали. Монокристали. Щільно упаковані кристалічні решітки. Іонні кристали. Металічні кристали. Ковалентні кристали. Молекулярні кристали. Квазікристали. Рідкі кристали. Загальні відомості про фулерени. Дефекти у реальних кристалах. Механізми утворення точкових дефектів. Дифузія у твердих тілах. Лінійні дефекти: крайові та гвинтові дислокації. Поняття про дислокаційний механізм пластичної деформації. Характер теплового руху у кристалах. Теплове розширення твердих тіл. Теплоємність твердих тіл. Закон Дюлонга і Пті. Поняття про квантову теорію теплоємності твердих тіл. Фонони. Температура Дебая. Закон Дебая. Теплопровідність твердих тіл.

#### *Фазові переходи*

Поняття про фази. Фазова рівновага. Фазові переходи першого та другого родів. Правило фаз Гіббса. Рівняння Клайперона-Клаузіуса. Випаровування та кипіння. Залежність тиску насиченої пари від температури. Фазові діаграми.

Потрійна точка. Сублімація, плавлення та кристалізація твердих тіл. Загальна характеристика розчинів. Осмос і осмотичний тиск.