**Лекція 9. ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ. Молекулярно-кінетична теорія ідеальних газів**.

Молекулярна фізика і термодинаміка - розділи фізики, в яких вивчаються макроскопічні процеси в тілах, пов'язані з величезним числом атомів і молекул, що їх утворюють.

Всі тіла складаються з безперервно рухаються молекул. Рух молекул (однієї) описується параметрами, які використовуються для опису руху тіла в механіці: координати, швидкість прискорення, імпульс, енергія і т.д. Це ***мікроскопічні*** параметри системи частинок. Але на практиці ми працюємо з температурою, тиском, загальною масою речовини. Це ***макроскопічні*** параметри системи.

**Молекулярна фізика** - розділ фізики, в якому вивчаються будова і властивості речовини виходячи з молекулярно-кінетичних уявлень, і який ґрунтується на тому, що всі тіла складаються з молекул, що знаходяться в безперервному хаотичному русі. Процеси, що вивчаються молекулярною фізикою, є результатом сукупної дії величезного числа молекул. Закони поведінки величезного числа молекул, будучи статистичними закономірностями, вивчаються за допомогою статистичного методу. В цьому розділі працюють з мікроскопічними параметрами і шукають взаємозв'язку між ними і макроскопічними параметрами сієї системи. Це вершина фізики - теоретична фізика.

**Термодинаміка** - розділ фізики, в якому вивчаються загальні властивості макроскопічних систем, що знаходяться в стані термодинамічної рівноваги, і процеси переходу між цими станами. Термодинаміка не розглядає мікропроцеси, які лежать в основі цих перетворень. Тобто працюємо **ТІЛЬКИ** з макроскопічними параметрами системи.

У молекулярно-кінетичної теорії користуються ідеалізованої моделью ідеального газу, згідно з якою вважають, що:

1) власний об'єм молекул газу дуже малий у порівнянні з об'ємом посудини, де знаходиться газ;

2) між молекулами газу відсутні сили взаємодії;

3) зіткнення молекул газу між собою і зі стінками посудини абсолютно пружні.

Найближче властивостей ідеального газу відповідають досить розряджені гази. Розглянемо закони, які описують поведінку ідеальних газів.

**Закон Бойля - Маріотта:** для даної маси газу при постійній температурі добуток тиску газу на його об'єм є величина постійна:



Графік залежності між параметрами стану газу при постійній температурі називається ізотермою. Ізотерми в координатах «р», «V» являють собою гіперболи, розташовані на графіку тим вище, чим вище температура, при якій відбувається процес (рис.1).

****

**Рис.1 Рис.2.**

Закони Гей-Люссака: 1) об’єм даної маси газу при постійному тиску змінюється лінійно з температурою:



2) тиск даної маси газу при постійному об’ємі змінюється лінійно з

температурою:



У цих рівняннях *t* - температура за шкалою Цельсія, *р0* і *Vo* - тиск і об’єм при 0°С, коефіцієнт а = 1 / 273,15 К- 1. Процес, що протікає при постійному тиску, називається ***ізобаричним***. На діаграмі в координатах *V, t* (рис. 2) цей процес зображується прямою, званої ізобарою.

Процес, що протікає при постійному обсязі, називається ***ізохорним***.

******

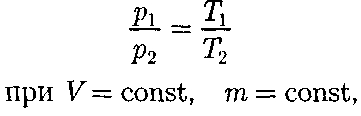
Рис.3.

На діаграмі в координатах *р, t* (рис. 3) він зображується прямою, званої ізохорою. З представлених температурних залежностей випливає, що ізобари і ізохори перетинають вісь температур в точці t = 273,15 ° С, яка визначається з умови 1 + at = 0. Якщо перенести початок відліку в цю точку, то відбувається перехід до шкали Кельвіна (див. рис.), звідки:



Якщо ввести в надані формули термодинамічну температуру, то законам Гей-Люссака можна надати більш простий вигляд:





***Закон Авогадро:*** 1 моль будь-якого газу при однакових температурі та тиску займає однаковий об'єм. При нормальних умовах цей об’єм дорівнює 22,41 • 10-3 м3/моль. За визначенням 1 моль різних речовин містить одне і те ж число молекул, зване ***постійної Авогадро*:**

**

***Закон Дальтона:*** тиск суміші ідеальних газів дорівнює сумі парціальних тисків *р1: р2,* ..., *рп* газів, що входять до неї:

*P = P1 + P2 + ...+ Рп*

Парціальний тиск - тиск, який виробляв би газ, що входить до складу газової суміші, якщо б він один займав об'єм, що дорівнює об'єму суміші при тій же температурі.

**Рівняння Клапейрона-Менделєєва**

Це узагальнення законів Бойля - Маріотта і Гей-Люссака. Якщо розгланути перехід ідеального газу зі стану 1 з параметрами Т1 , Р1 , V1  в стан 2 з параметрами Т2 , Р2 , V2 через відповідний проміжний стан Клапейрон знайшов необхідний взаємозв'язок. При цьому перехід зі стану 1 в стан 2 він здійснював у вигляді двох процесів: 1) ізотермічного і 2) ізохоричного. Записавши для кожного з переходів закони Бойля - Маріотта і Гей-Люссака і виключивши з рівнянь параметри проміжного стану, отримаємо:



чи



Це і є рівняння Клапейрона.

Д. І. Менделєєв об'єднав рівняння Клапейрона з законом Авогадро і знайшов константу В. Відповідно до закону Авогадро, при однакових *р* і *Т* молярні об'єми *Vm* різних газів однакові, тому постійна *В*  буде однаковою для всіх газів. Ця загальна для всіх газів постійна позначена як  *R* і називається молярною газовою сталої.



Числове значення молярної газової сталої визначимо з формули цього закону, вважаючи, що 1 моль газу знаходиться при нормальних умовах:

*(р0* = 1,013 • 105 Па, То = 273,15 К, Vm= 22,41 \* 10-3 м3/моль):

*R =* 8,31 Дж/моль • К.

Від рівняння Клапейрона-Менделєєва для 1 моль газу можна перейти до рівняння Клапейрона-Менделєєва для довільної маси газу. Рівняння Клапейрона - Менделєєва для маси *m*  газу має вигляд:



Рівняння задовольняє лише ідеальний газ, і воно є рівнянням стану ідеального газу, званим також *рівнянням Клапейрона-Менделєєва.*

Часто користуються дещо інший формою записи рівняння стану ідеального газу, вводячи постійну Больцмана. Перетворимо рівняння Менделєєва-Клапейрона:



Где

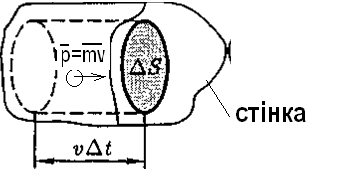


* постійна Больцмана.

**Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів**

Для отримання основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії розглянемо одноатомний ідеальний газ. Молекули газу рухаються хаотично, зіткнення молекул зі стінками посудини вважаємо абсолютно пружними.

Виділимо на стінці судини деяку елементарну площадку  (рис.) і обчислимо тиск, який чиниться на цю площадку.



При каждом соударении молекула, движущаяся перпендикулярно площадке,

передает ей импульс:



де *mO* **—** масса молекули, V **—** її швидкість.

Згідно другого закону Ньютона :

Де F – сила удару однієї молекули об стінку.

Далі врахуємо, що удари об стінку здійснюють велика кількість молекул *N.*

Для цього необхідно просумувати силову дію (удари) всіх молекул на стінку. Тоді



За час до площадки  дійдуть тільки ті молекули, які укладені в об’ємі циліндру з основою  і висотою  (див. Рис.). Число цих молекул  , де  *n* - концентрація молекул в газі.

Необхідно враховувати, що реально молекули рухаються до майданчика під різними кутами, мають різні швидкості, причому швидкість молекул при кожному зіткненні змінюється. Для спрощення розрахунків хаотичний рух молекул замінюють рухом уздовж трьох взаємно перпендикулярних напрямків, так що в будь-який момент часу вздовж кожного з них рухається 1/3 молекул, причому з них половина (l / 2) рухається вздовж даного напряму в одну сторону, половина - в протилежну. Тоді число ударів молекул, що рухаються в заданому напрямку, про майданчик буде:



При зіткненні з площадкою ці молекули передадуть їй імпульс:



Тоді тиск газу, який чиниться їм на стінку судини, буде дорівнювати:



Якщо газ в об’ємі газу міститься N молекул, що рухаються зі швидкостями V1 , V2 , ..., VN , то доцільно розглядати ***середню квадратичну швидкість***



Тоді шуканє рівняння набуде остаточного вигляду:



Вираз називається основним рівнянням молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів.

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів присвячено відповідні розділи завдання в пропонованому методичному посібнику.

Детально теоретичний матеріал по темі ідеальний газ та закони його стану наведено в рекомендованій літературі (Трофімова).