

ЛЕКЦІЯ 6

МОДУЛЬ 2 «Молекулярна фізика і термодинаміка»

*Тема 5.

*«Основи молекулярно-кінетичної теорії газів»

лектор
Бойко В.В.

Молекулярна фізика і термодинаміка

- * Молекулярна фізика і термодинаміка вивчають макроскопічні процеси, тобто процеси, які відбуваються в тілах, що складаються з дуже великої кількості мікроскопічних однакових частинок.

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії (МКТ)

основні положення, які підтверджені експериментально:

- *- будь-яка речовина складається з мікрочастинок: молекул, атомів, іонів.
- *- найменшими частинками даної речовини є молекула (у подальшому під терміном «молекула» будемо розуміти найменшу структурну одиницю даної речовини). Молекули складаються з атомів. Деякі речовини мають атомарну структуру – найменшою частинкою таких речовин є атом.

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії (МКТ)

основні положення, які підтверджені експериментально:

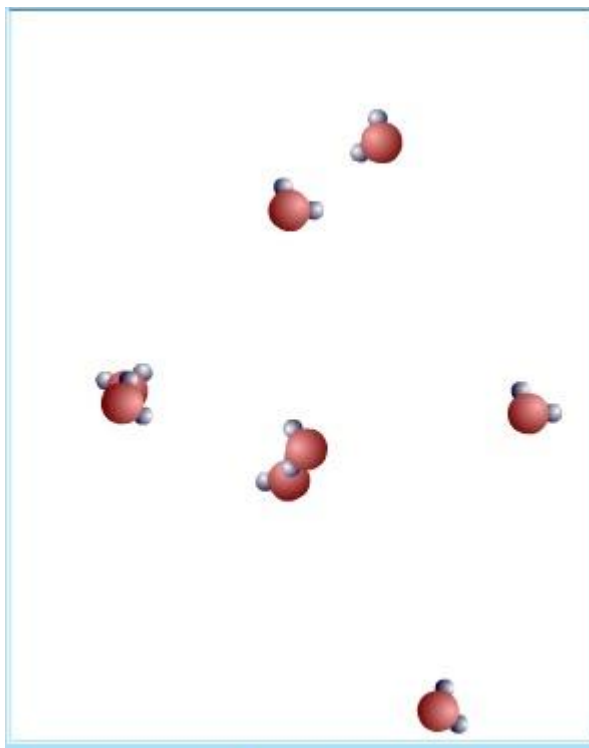
- * - частинки, з яких складається речовина, перебувають у безперервному хаотичному русі, інтенсивність якого зростає з температурою;
- * - між частинками речовини діють сили: на великих відстанях – це сили притягання, на малих – сили відштовхування.
- *

Підтвердження МКТ

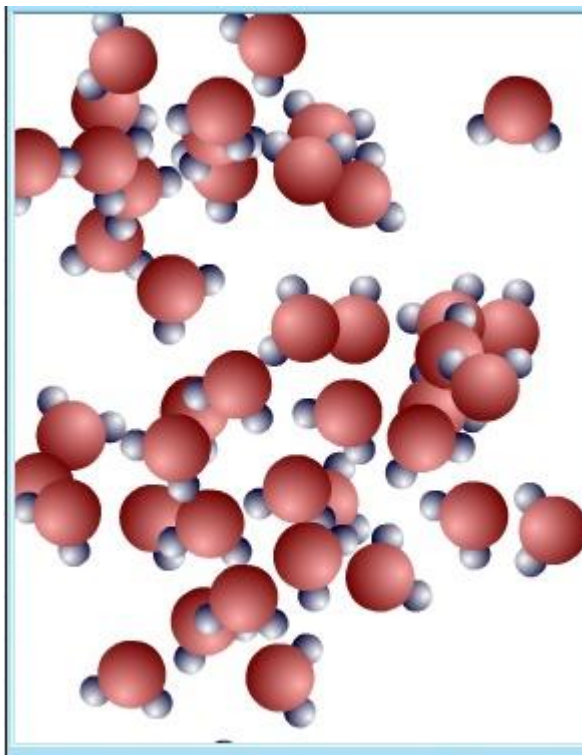
- * Основні положення молекулярно-кінетичної теорії отримали підтвердження в різних явищах, серед яких найбільш характерні:
- * **дифузія** – проникнення молекул однієї речовини в проміжки між молекулами іншої;
- * **броунівський рух** – неперервний та хаотичний рух маленьких твердих і нерозчинних у рідині частинок, що в певній мірі відбиває неперервний та хаотичний рух молекул.

Підтвердження МКТ

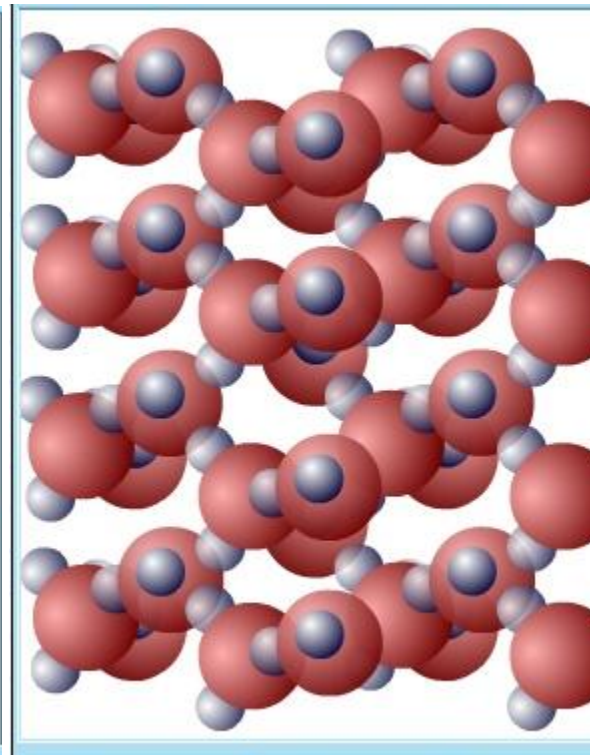
- * 1 - всі тіла складаються з частинок
- * (приклад: речовина- вода; найменша частинка -молекула води)



Водяна пара



Вода



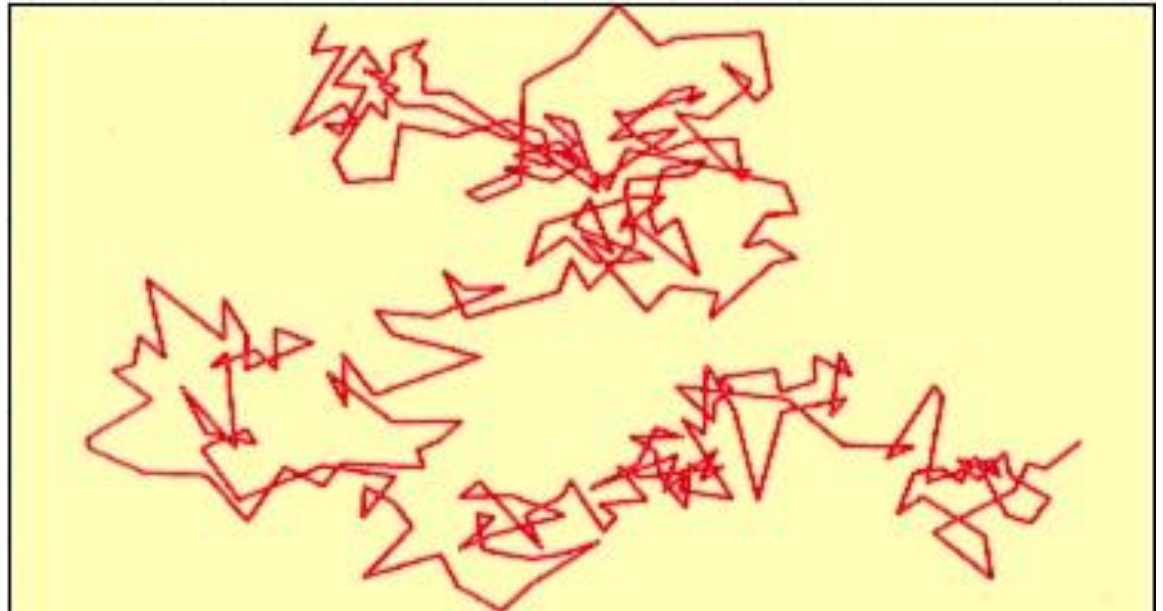
Лід

Підтвердження МКТ

- * 2 - частинки перебувають у безперервному хаотичному русі
- * експеримент – броунівський рух



Роберт Броун



МЕТОДИ ДЛЯ ОПИСУ СИСТЕМ БАГАТЬОХ ЧАСТИНОК:

- * 1. **Статистичний** - ґрунтується на тому, що властивості макроскопічних тіл визначаються властивостями цих частинок, особливостями їх руху та взаємодії і усередненими значеннями їхніх динамічних характеристик (середня швидкість, середня енергія та ін.)

МЕТОДИ ДЛЯ ОПИСУ СИСТЕМ БАГАТЬОХ ЧАСТИНОК:

2. **Термодинамічний** - полягає у використанні понять та фізичних величин, які стосуються системи в цілому, без розгляду мікроскопічної структури системи – *термодинамічні параметри* - T, p, V

Розглядаємо термодинамічну систему з точки зору збереження та перетворення енергії

- * поняття внутрішньої енергії системи, виконаної системою механічної роботи, підведеної чи відібраної теплової енергії – енергетичні характеристики;
- * начала термодинаміки – закони збереження і перетворення енергії в системі

Основні фізичні величини, що використовуються в МКТ

* **Тиск**
$$p = \frac{F}{S}$$

$$1Pa = 1 \frac{H}{m^2}$$

- * 1 бар = 10^5 Па;
- * фізична атмосфера – 1 атм = $1,013 \cdot 10^5$ Па = 760~мм ртутного стовпа;
- * технічна атмосфера – 1 ат = 98066,5 Па.

Основні фізичні величини, що використовуються в МКТ

* об'єм V

Одиниця вимірювання в системі СІ - 1 м^3

* кількість речовини $\nu = \frac{N}{N_A}$ або $\nu = \frac{m}{M}$

Одиниця вимірювання в системі СІ - 1 моль

1 моль – основна одиниця в системі СІ

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ – постійна Авогадро

Основні фізичні величини, що використовуються в МКТ

* об'єм V

Одиниця вимірювання в системі СІ - 1 м^3

* кількість речовини $\nu = \frac{N}{N_A}$ або $\nu = \frac{m}{M}$

Одиниця вимірювання в системі СІ - 1 моль

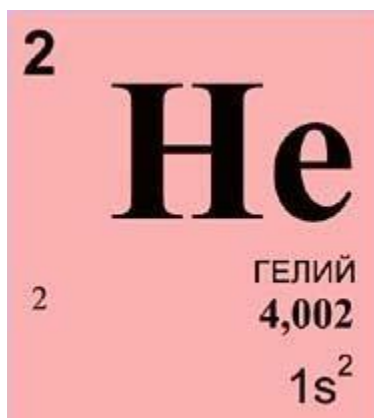
1 моль – основна одиниця в системі СІ

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ – постійна Авогадро

Основні фізичні величини, що використовуються в МКТ

* Молярна маса:

Одиниця вимірювання - кг/моль



Молярна маса елемента, яку наведено в г/моль (тобто 10^{-3} кг/моль)

Щоб знайти молярну масу молекули потрібно додати молярні маси кожного з атомів елементів, з яких складається молекула.

(Наприклад, $M(\text{H}_2\text{O}) = 2M(\text{H}) + M(\text{O}) = 2 \cdot 1,008 \text{ г/моль} + 15,999 \text{ г/моль} \approx 18 \text{ г/моль} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$)

Основні фізичні величини, що використовуються в МКТ

Абсолютна температура - температура T , виражена в градусах Кельвіна

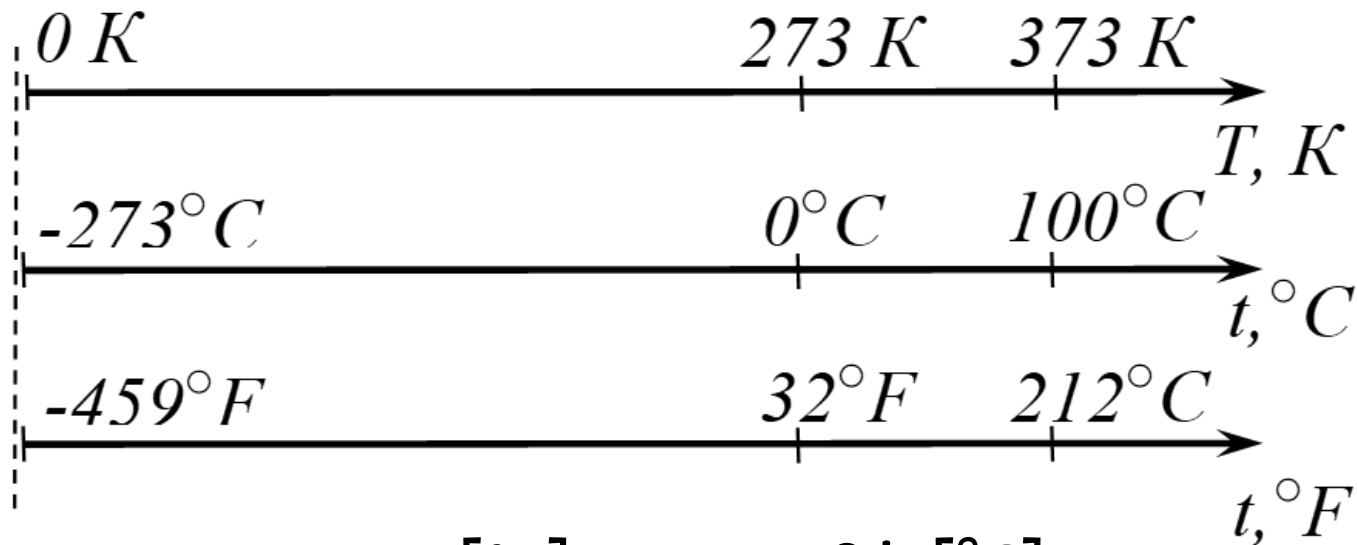
1 К - основна одиниця в системі СІ

* $T = 273,15 + t$ t - температура в градусах Цельсія

Зв'язок між температурними шкалами

- * Температура в градусах Кельвіна, Цельсія, Ференгейта

$$T[K] = 273 + t[^{\circ}C]$$



$$T[^{\circ}F] = 32 + 1,8 * t[^{\circ}C]$$

Ідеальний газ

Ідеальний газ – це ідеалізована
модель газів , для яких виконуються такі умови:

- * власним об'ємом частинок газу (молекул) можна нехтувати
- * частинки газу (молекули) не взаємодіють між собою
- * зіткнення частинок газу між собою та зі стінками посудини є абсолютно пружними (абсолютно пружній удар)

Ізопроцеси

*Ізопроцесами називають процеси, в яких маса газу та один з термодинамічних параметрів залишаються сталими, а два інші параметри змінюються

Ізопроцеси (Д/З)

- * назва закону та формула закону
- * Процеси- ізотермічний, ізохорний, ізобарний – які параметри (температура, об'єм, тиск) для даної маси газу є сталими.
- * Назва закону для кожного процесу (Бойля-Маріотта, Гей-Люссака, Шарля).
- * Графіки відповідних процесів (законів) в основних осях.
- * Наприклад для ізотермічного процесу – залежність тиску від об'єму

Рівняння Клапейрона

для 1 моль газу

$$pV_M = RT$$

де V_M – об'єм 1 моля газу;

$R = 8,31$ Дж / моль·К – універсальна газова стала;

p – тиск;

T – абсолютна (термодинамічна) температура

Рівняння Клапейрона

- * Для довільної кількості газу (довільної кількості моль газу)

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$R=8,31$ Дж/(моль К) – універсальна газова стала

- * Кількість речовини - в моль

$$\nu = \frac{m}{M}$$

ЗВ'ЯЗОК ТИСКУ ТА АБСОЛЮТНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

$$*p=nkT$$

* тиск прямо пропорційний
абсолютній температурі T (в К)

n – концентрація молекул

* $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постійна Больцмана

Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \langle v_{кв}^2 \rangle$$

* **Дом.завдання:** Записуємо всі назви та позначення фізичних величин, одиниці їх вимірювання

* $p = nkT$

$$p = \frac{2}{3} n \langle \varepsilon_{пост} \rangle$$

Середня квадратична швидкість руху молекул

$$v_{\text{кв}}^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2}{N}$$

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

Середня кінетична енергія

$$\langle \varepsilon_{\text{пост}} \rangle = \frac{3}{2} kT$$

- * Якщо молекула газу – матеріальна точка (це виконується для одноатомного газу)
- * Тільки **поступальний** рух матеріальної точки

Для одноатомної молекули – тільки поступальний рух

Кількістю ступенів свободи i називається кількість незалежних координат, які визначають положення молекули в просторі. Положення одноатомної молекули визначається трьома координатами x, y, z ; таким чином для одноатомної молекули $i=3$.

Число (кількість) ступенів свободи

- * називають число незалежних координат, які повністю визначають положення тіла в просторі
- * Для молекул, розмірами нехтуємо, але враховуємо кількість атомів в молекулі. Поступальний та обертальний рух!
- * $i=3$ для одноатомного газу ; $i=5$ для двохатомного газ
- * $i=6$ для трьох та більш- атомного газу

закон Больцмана

- * на кожний ступінь свободи
- * припадає кінетична енергія

$$\frac{1}{2} kT$$

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} kT$$

- * закон рівномірного розподілу енергії за ступенями свободи

Розподіл Больцмана

$$p = p_o e^{-\frac{Mg(h-h_0)}{RT}}$$

$$n = n_o e^{-\frac{\Delta W_n}{kT}}$$