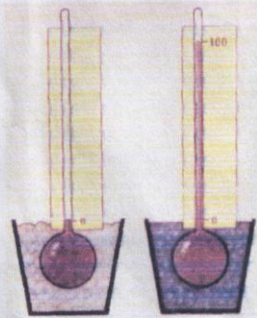


ТЕМА. Ідеальний газ. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Температура та її вимірювання. Рівняння стану ідеального газу. Ізопроееси в газах



ПЛАН

1. Ідеальний газ. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу
2. Температура та її вимірювання. Абсолютна температурна шкала.
3. Рівняння стану ідеального газу (рівняння Клапейрона - Менделєєва). Ізопроееси в газах

1. Ідеальний газ. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу

Для пояснення властивостей речовини в газоподібному стані в фізиці введемо модель ідеального газу.

Ідеальний газ - це газ, в якому молекули можна вважати матеріальними точками, а силами притягання й відштовхування між молекулами можна знехтувати.

У природі такого газу не існує, але близькими за властивостями можна вважати реальні розріджені гази, тиск в яких не перевищує 200 атм і які перебувають при не дуже низькій температурі, оскільки відстань за таких умов між молекулами набагато перевищує їх розміри.

Основне рівняння МКТ: $p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{V}^2$, або $p = \frac{1}{3} \rho \overline{V}^2$, де

p – тиск ідеального газу;

m_0 – маса молекули газу;

n – концентрація молекул;

\overline{V}^2 – середня квадратична швидкість молекул

Одиниці вимірювання тиску: $[p] = 1 \text{ Н/м}^2 = 1 \text{ Па}$ (паскаль)

Для вимірювання тиску використовують також одиниці:

1. Технічна атмосфера 1 ат = 98100 Па

2. 1 мм.рт.ст \approx 133 Па

3. Фізична атмосфера 1 атм = 760 мм.рт.ст. = 101300 Па

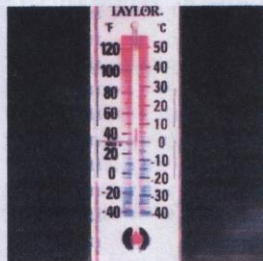
Основне рівняння МКТ газів підтверджує той факт, що чим більша маса молекул і їх швидкості, а також концентрація, тим більший тиск вони чинять на стінки посудини. Основне рівняння МКТ газів установлює зв'язок між легковимірюваними величинами макроскопічного параметра тиску з такими мікроскопічними параметрами, як маса однієї молекули і концентрація молекул.

2. Температура та її вимірювання. Абсолютна температурна шкала.

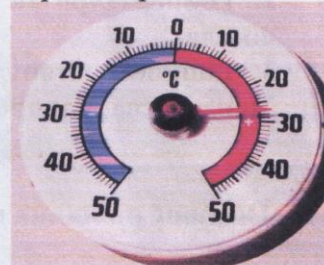
Температура - це одна із фізичних величин, що характеризують внутрішній стан тіла.

Температура - це міра швидкості руху молекул.

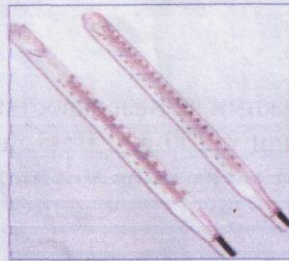
Прилад для вимірювання температури – термометр.



1. Спиртовий



2. Механічний



3. Ртутний



4. Електроний

Для градування термометра скляний балон, що переходить у капіляр, заповнений зафарбованим спиртом, толуолом або ртуттю, опускають в лід, що тане за нормальних умов ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p = 1,01 \cdot 10^5\text{ Па} = 760\text{ мм. рт. ст.}$). Після того, як між термометром і льодом наступить теплова рівновага, рух рідини в капілярі припиниться. Навпроти цього рівня на шкалі роблять відмітку $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, після чого термометр переносять в киплячу дистильовану воду за нормального тиску. Після припинення підняття рідини в капілярі термометра роблять відмітку $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, потім відрізок між 0 і $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ділять на 100 рівних відрізків - градусів. Для вимірювання температури тіла термометр приводять в контакт з ним, але температура тіла може бути значно нижчою, ніж температура танучого льоду, отже, вона буде від'ємною, якщо її вимірювати по заданій шкалі, названій в честь італійського вченого Цельсія. У середині XIX століття лорд Кельвін запропонував точку $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурної шкали Цельсія змістити до **273,15 кельвіна**. Таку шкалу називають **абсолютною температурною шкалою**.

Саме в одиницях цієї шкали - "кельвінах" - і вимірюють температуру в системі СІ. Головна перевага цієї шкали: немає від'ємних температур. Перехід від шкали Цельсія до абсолютної температурної шкали такий: $T(\text{K}) = (t\text{ }^{\circ}\text{C} + 273,15)\text{ K}$, але $1\text{ }^{\circ}\text{C} = 1\text{ K}$. Градування цієї шкали виконують за точкою 0 K і $273,16\text{ K}$. Температура $273,16$

K - потрібна точка води. Це температура, при якій вода знаходиться одночасно у трьох агрегатних станах.

Австрійський фізик Больцман, спираючись на багато дослідів, показав, що середня кінетична енергія поступального руху молекул газу лінійно залежить від температури. Для одноатомного ідеального газу ця залежність набуває вигляду

$$E_k = \frac{3}{2} kT, \text{ де}$$

E_k - середня кінетична енергія руху молекул

T - абсолютна температура тіла

k - стала Больцмана. $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

Стала Больцмана - це фундаментальна фізична стала, яка чисельно дорівнює зміні кінетичної енергії однієї молекули ідеального газу зі зміною температури газу на 1 К.

Абсолютна температура - фізична скалярна величина, яка є мірою середньої кінетичної енергії хаотичного поступального руху молекул.

Ще один вираз рівняння МКТ: $p = nkT$

3. Рівняння стану ідеального газу (рівняння Клапейрона - Менделєєва).

Ізопроцеси в газах

Рівняння стану ідеального газу - це рівняння, що поєднує параметри стану цього газу - p, V, T . Його виводять з основного рівняння МКТ у вигляді

$$p = nkT \rightarrow p = \frac{N}{V} kT \rightarrow pV = NkT \rightarrow pV = \frac{m}{\mu} N_A kT.$$

Добуток сталої Авогадро N_A на сталу Больцмана k є сталою величиною, яку позначають як $R = N_A k$. Числове значення універсальної газової сталої

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}};$$

R - це фундаментальна фізична стала, яка чисельно дорівнює роботі ізобарного розширення одного моля ідеального газу під час його нагрівання на 1 К.

Остаточно знаходимо рівняння, яке містить тільки макроскопічні характеристики газу і є наслідком основного рівняння МКТ газів. Це рівняння називають рівнянням стану ідеального газу або рівнянням Клапейрона-Менделєєва:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT.$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ або } \frac{pV}{T} = \text{const.}$$

Рівняння називають **рівнянням Клапейрона** (об'єднаним газовим законом).

Рівняння стану дозволяє визначити:

- одну з макроскопічних величин (p , V , T), знаючи дві інші;
- перебіг процесів у системі;

- зміну стану системи під час виконання нею роботи або отримання теплоти від тіл, які її оточують.

За допомогою рівняння стану ідеального газу можна досліджувати процеси, в яких маса газу і один із трьох параметрів залишаються незмінними. **Процес** - це перехід системи з одного стану в другий.

Кількісні залежності між двома параметрами газу за фіксованого значення третього параметра називають **газовим законом**.

Процеси, які відбуваються за незмінного значення одного з параметрів ідеального газу сталої маси m і певного сорту називають ізопроцесами.

Оскільки жоден із параметрів газу не може бути строго фіксованим, то ізопроцес - це ідеалізована модель стану ідеального газу. Розглянемо такі ізопроцеси.

1. Ізотермічний процес ($T = \text{const}$).

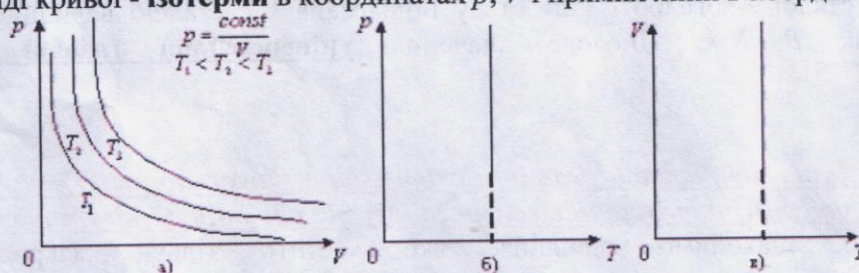
Якщо до ізотермічного процесу застосувати рівняння стану, то з урахуванням сталості температури $T_1 = T_2$ воно набуде вигляду

$p_1 V_1 = p_2 V_2$, $pV = \text{const}$, і тому **закон Бойля - Маріотта** можна сформулювати так:

Для деякої маси газу добуток тиску газу на об'єм за $T = \text{const}$ є сталою величиною.

Цей закон справедливий для будь-яких газів, які можна вважати ідеальними, а також для їх сумішей.

Графічно залежність тиску газу від об'єму при умові $T = \text{const}$ можна зобразити у вигляді кривої - **ізотерми** в координатах p , V і прямих ліній в координатах p , T та V , T



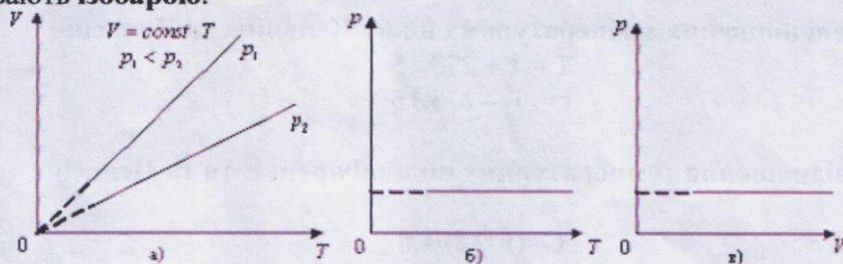
Ізотермічним можна вважати процес стиснення повітря компресором, або розширення під поршнем насоса газу внаслідок відкачування його з посудини.

2. Ізобарний процес ($p = \text{const}$).

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

- **закон Гей-Люссака**, для деякої маси газу відношення об'єму газу до температури при $p = \text{const}$ є сталою величиною.

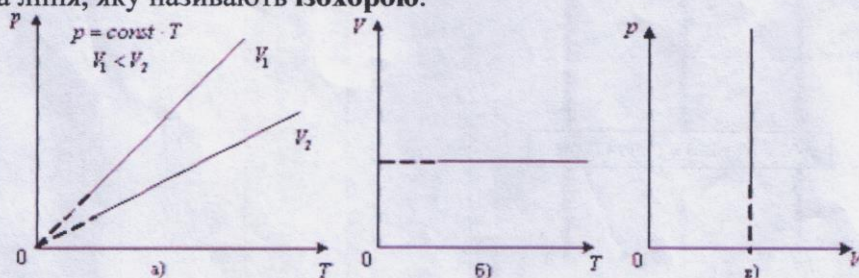
Графік залежності об'єму від температури за сталого тиску є прямою лінією, яку називають **ізобарою**.



3. Ізохорний процес ($V = \text{const}$).

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

; Графіком залежності тиску від температури за сталого об'єму є пряма лінія, яку називають **ізохорою**.



Газ подібний до пружини, яка завжди стиснута. Тиск газу можна змінювати, змінюючи його об'єм або температуру. Крім того, тиск газу залежить від його маси. Збільшуючи масу газу в будь-якому замкненому об'ємі, можна підвищити тиск. Так роблять, накачуючи повітрям автомобільну шину або футбольний м'яч.

Гази порівняно з рідинами і твердими тілами легко стискаються. Велика стисливість газів дає змогу запасати їх у великих кількостях у балонах, зручних для зберігання. Стиснутий природний газ транспортують по трубах на відстані в тисячі кілометрів. Тиск і об'єм газів значно збільшуються з підвищенням температури.

Велика стисливість і легкість, можливість регулювання тиску - усе це робить газ одним із найдосконаліших амортизаторів, який застосовують в багатьох пристроях. Газ - робоче тіло теплових двигунів.

ДОДАТКОВО

Співвідношення температурних шкал Кельвіна та Цельсія

$$T = t + 273,15$$

$$t = T - 273,15$$

Співвідношення температурних шкал Фаренгейта та Цельсія

$$C = (F - 32) / 1,8$$

$$F = 1,8C + 32$$



(Домашнє завдання:

1. Короткий конспект лекції
2. §2.3, 2.4
3. Задачі письмово: №2.1, 2.3, 2.4 (стор 37)
4. Підготувати реферат на тему «Температурні шкали та історія їх винаходу»)