

Урок № 5-6

Тема уроку: Рівняння стану ідеального газу

Мета уроку:

навчальна – усвідомлення учнями залежності між параметрами, які визначають стан газу;

розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

Матеріал до уроку

Стан певної маси газу визначається трьома макроскопічними параметрами — тиском p , об'ємом V і температурою T . Однак багато процесів у газах, що відбуваються в природі або здійснюються в техніці, припустимо розглядати (приблизно) як процеси, у яких змінюються лише два з них.

Рівняння, що пов'язує всі три параметри – тиск, об'єм і температуру газу для даної маси, називається рівнянням стану.

Експериментально встановлено, що рівняння стану ідеального газу має такий вигляд:

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

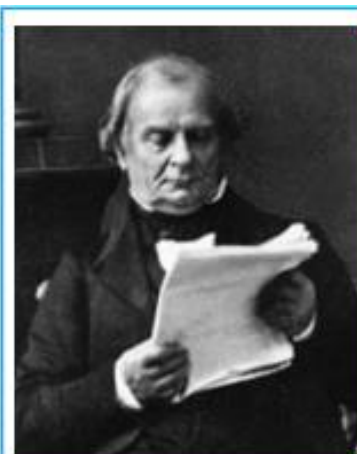
Якщо індексом 1 позначити параметри, що належать до першого стану, а індексом 2 – до другого, то для даної маси газу маємо:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Рівняння стану ідеального газу у такому вигляді було записане в 1834 р. французьким фізиком Б. П. Клапейроном і отримало назву рівняння Клапейрона (об'єднаного газового закону).

Його фізичний зміст такий: *під час переходу газу незмінної маси з одного стану в інший добуток його тиску на об'єм, поділений на термодинамічну температуру, є величиною сталою.*

Рівняння стану дає можливість визначити: один із макроскопічних параметрів (p , V , T), знаючи два інші; зміну макроскопічних параметрів ідеального під час



Французький фізик
Бенуа Клапейрон
(1799—1864)



Дмитро Менделєєв
(1834—1907)

перебігу фізичних процесів у системі; зміну стану системи під час виконання нею роботи або отримання теплоти від навколишніх тіл.

Лише за тиску в сотні атмосфер та за температур зрідження газу (внаслідок значної сили взаємодії молекул) відхилення від результатів обчислень за рівнянням стану ідеального газу стають істотними.

Ми вже знаємо, що число молекул N пов'язане з масою речовини m та його молярною масою M співвідношенням $N = \frac{m}{M} N_A$.

Добуток kN_A позначається R і називається **універсальною газовою сталою**:

$R = kN_A$ - універсальна газова стала

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

Використовуючи цю сталу, дістаємо **рівняння Менделєєва-Клапейрона**:

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

1. Яка кількість речовини міститься в газі, якщо при температурі 240 К і під тиском 200 кПа його об'єм дорівнює 40 л?

Розв'язання.

| | |
|--|---|
| $\begin{aligned} T &= 240 \text{ К} \\ p &= 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \\ V &= 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 \\ \nu &= ? \end{aligned}$ | $\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R \quad \nu = \frac{m}{M}$ $\frac{pV}{T} = \nu R \quad \nu = \frac{pV}{TR}$ $[\nu] = \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{К} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}} = \frac{\text{Н/м}^2 \cdot \text{м}^3 \cdot \text{моль}}{\text{Н} \cdot \text{м}} = \text{моль}$ $\{\nu\} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{240 \cdot 8,31} = 4 \quad \nu = 4 \text{ моль}$ |
|--|---|

2. Який тиск стиснутого повітря, що міститься в балоні місткістю 20 л при температурі 12°C, якщо маса цього повітря 2 кг?

| | |
|--|--|
| $\begin{aligned} T &= 285 \text{ К} \\ m &= 2 \text{ кг} \\ V &= 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 \\ M &= 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \\ p &= ? \end{aligned}$ | <p>Розв'язання.</p> $\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$ $p = \frac{mRT}{MV}$ $[p] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot \text{К}}{\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \text{м}^3} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} = \text{Па}$ $\{p\} = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 285}{29 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 8,17 \cdot 10^6 \quad p = 8,17 \text{ МПа}$ |
|--|--|

Узагальнення та систематизація знань

1. У посудині містилася деяка маса ідеального газу. Об'єм газу зменшили у 2 рази, а тиск — збільшили у 2 рази. Виберіть правильне твердження.

- а) температура газу не змінилася.
- б) температура газу зменшилася в 4 рази.
- в) температура газу збільшилася в 4 рази.
- г) температура газу зменшилася у 2 рази.

3. Виразіть у градусах Цельсія значення температури 673 К.

- а) 946°C
- б) 673°C
- в) 400°C
- г) неможливо визначити

5. Вкажіть основну одиницю вимірювання температури в СІ

- а) градус Цельсія
- б) кельвін
- в) фаренгейт

7. Виберіть умову, за якої виконується рівність $\frac{PV}{T} = const$:

- а) за нормального атмосферного тиску;
- б) за сталої концентрації молекул;
- в) за сталої маси газу;
- г) за сталої швидкості руху молекул.

2. Який параметр x ідеального газу можна визначити за формулою $x = \frac{3p}{nm_0}$? Виберіть правильну відповідь.

- а) температуру
- б) середню квадратичну швидкість молекул
- в) об'єм

4. У формулі $\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT$ дорівнює

- а) $6,06 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
- б) $8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$
- в) $1,38 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$
- г) немає правильної відповіді

6. Вкажіть величину, одиницею якої є м^{-3} :

- а) концентрація;
- б) об'єм;
- в) маса;
- г) кількість речовини.

8. Вкажіть на рівняння стану ідеального газу

- а) $PV = \frac{2}{3}N\overline{E_k}$
- б) $\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT$
- в) $p = \frac{1}{3}\rho\overline{E_k}$
- г) серед формул немає вірної

Підведення підсумків уроку.

Отже, на сьогоднішньому уроці ми з вами розглянули тему, яку? «Рівняння стану ідеального газу».

Оголошення домашнього завдання. Уроку 5

Запишіть домашнє завдання: опрацювати параграф §26 с.164-165, впр.1,2,6,7.

Урок № 6

Тема уроку: Ізопроееси

Мета уроку:

навчальна – ввести поняття ізопроеесу, сформуувати три газових закони для ізопроеесів;

розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

Матеріал до уроку

1. ІЗОПРОЕЕСИ

Стан певної маси газу визначається трьома макроскопічними параметрами — тиском p , об'ємом V і температурою T . Однак багато процесів у газах, що відбуваються в природі або здійснюються в техніці, припустимо розглядати (приблизно) як процеси, у яких змінюються лише два з них.

Рівняння, що пов'язує всі три параметри – тиск, об'єм і температуру газу для даної маси, називається *рівнянням стану*.

Експериментально встановлено, що рівняння стану ідеального газу має такий вигляд:

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

Якщо індексом 1 позначити параметри, що належать до першого стану, а індексом 2 – до другого, то для даної маси газу маємо:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Особливу роль у фізиці й техніці відіграють так звані ізопроееси. *Ізопроеесами називаються процеси, що протікають із певною масою газу за постійного значення одного з трьох параметрів — тиску, об'єму або температури.*

2. ІЗОТЕРМІЧНИЙ ПРОЦЕС

Зміна об'єму й температури газу за постійного тиску називається ізобарним процесом.

Під час ізобарного процесу об'єм газу прямо пропорційний його абсолютній температурі: $\frac{V}{T} = \text{const}$ за $p = \text{const}$. Це співвідношення називають законом *Гей-Люссака* — на честь французького вченого, який відкрив його на початку XIX ст.

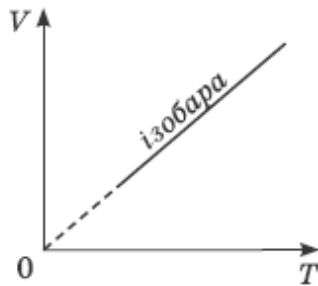
Закон Гей-Люссака дозволяє пов'язати значення об'єму і температури певної маси газу у двох різних станах, якщо тиск газу в обох станах однаковий. Позначимо

V_1 і T_1 значення об'єму й температури газу в стані 1, а V_2 і T_2 — у стані 2. Тоді зі співвідношення $\frac{V}{T} = \text{const}$ маємо:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Під час ізобарного процесу об'єм певної маси газу прямо пропорційний його абсолютній температурі.

Співвідношення між об'ємом певної маси газу й абсолютною температурою за постійного тиску зображено графічно на рисунку.



Цей графік називають *ізобарою*. Він показує, що за постійного тиску об'єм газу прямо пропорційний його абсолютній температурі.

3. ІЗОХОРНИЙ ПРОЦЕС

Зміну тиску й температури газу за постійного об'єму називають ізохорним процесом.

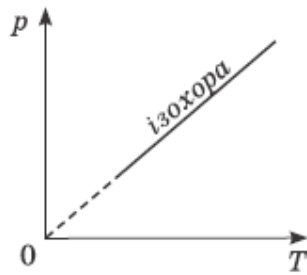
Досвід показує: якщо нагрівати газ за постійного об'єму, тиск газу збільшуватиметься прямо пропорційно абсолютній температурі.

Це означає, що під час ізохорного процесу тиск газу прямо пропорційно його абсолютній температурі: $\frac{p}{T} = \text{const}$ за $V = \text{const}$. Залежність тиску газу від температури було досліджено наприкінці XVIII ст. французьким ученим Шарлем, тому наведене співвідношення називають *законом Шарля*.

У разі ізохорного процесу тиск певної маси газу прямо пропорційний його абсолютній температурі:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Графік залежності $p(T)$ за $V = \text{const}$ називають ізохорою.



Цей графік показує, що за постійного об'єму тиск газу прямо пропорційний його абсолютній температурі.

4. ІЗОТЕРМІЧНИЙ ПРОЦЕС

Зміну тиску й об'єму газу за постійної температури називають *ізотермічним процесом*.

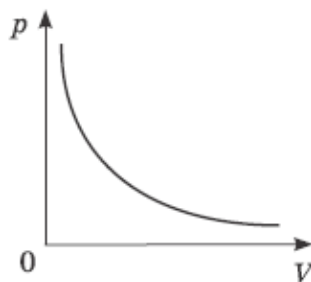
Досвід показує: якщо стискати газ за постійної температури тиск зростає обернено пропорційно об'єму. Це означає, що під час ізотермічного процесу тиск газу обернено пропорційний його об'єму: $pV = const$ за $T = const$

Це співвідношення було виявлено на досліді в другій половині XVII ст. англійським ученим Бойлем і французьким ученим Марі-оттом, тому його називають *законом Бойля-Маріотта*.

У разі ізотермічного процесу тиск певної маси газу обернено пропорційний його об'єму:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Графік залежності $p(V)$ за $T = const$ називають ізотермою.



Цей графік показує, що за постійної температури тиск газу обернено пропорційний його об'єму.

Задача 1. У балоні об'ємом 100л міститься газ під тиском $4,9 \cdot 10^5$ Па. Який об'єм займи газ за нормального атмосферного тиску ($1,01 \cdot 10^5$ Па)? Температура газу не змінюється.

Дано: $V_1 = 100 \text{ л}$ $\left| \begin{array}{l} \text{CI} \\ V_1 = 0,1 \text{ м}^3 \end{array} \right| \left| p_1 V_1 = p_2 V_2 \right| \quad V_2 = \frac{4,9 \cdot 10^5 \cdot 0,1}{1,1 \cdot 10^5} \approx 0,48$

| | | |
|--|-------------------------------|-----------------------------|
| $p_1 = 4,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $p_2 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $T = \text{const}$ | | $V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2}$ |
| $V_2 - ?$ | Відповідь: $0,48 \text{ м}^3$ | |

Задача 2. До якої температури треба ізобарно охолодити певну масу газу, початкова температура якого 37°C , щоб його об'єм зменшився при цьому вдвічі.

| | | |
|--|--|---|
| Дано: $t_1 = 37^\circ\text{C}$ $V_2 = \frac{1}{2} V_1$ | СІ $T_1 = 37 + 273 = 310 \text{ К}$ | $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ $T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1}$ $T_2 = 310 \frac{\frac{1}{2} V_1}{V_1} = 155 \text{ К}$ |
| $T_2 - ?$ | Відповідь: 155 К | |

Задача 3. За температури 5°C тиск повітря в балоні дорівнює 10^4 Па . За якої температури тиск у ньому буде $2,6 \cdot 10^4 \text{ Па}$?

| | | |
|--|---------------------------------------|---|
| Дано: $t_1 = 5^\circ\text{C}$ $p_1 = 10^4 \text{ Па}$ $p_2 = 2,6 \cdot 10^4 \text{ Па}$ | СІ $T_1 = 5 + 273 = 278 \text{ К}$ | $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ $T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1}$ $T_2 = 278 \frac{2,6 \cdot 10^4}{10^4} = 722,8 \text{ К}$ |
| $T_2 - ?$ | Відповідь: $722,8 \text{ К}$ | |

Узагальнення та систематизація знань

1. Що таке ізопроцеси?
2. Назвіть основні макропараметри газу.
3. Опишіть газові закони.

Підведення підсумків уроку.

Отже, на сьогоднішньому уроці ми з вами розглянули тему, яку? *«Ізопроцеси»*.

Оголошення домашнього завдання Уроку 6

Запишіть домашнє завдання: опрацювати параграф §26 с.165-169, виконати задачі:

1. У циліндрі під поршнем ізобарно охолоджують 20 л газу від температури 353 К до 303 К. Яким стане об'єм охолодженого газу?
2. Газ при температурі 27 °С займає певний об'єм. До якої температури його слід охолодити, щоб об'єм зменшився у 4 рази?

Зворотній зв'язок

Viber 0662728430

E-mail partitskiy.dmitro@kmrf.kiev.ua

!!!! у повідомленні з д/з не забуваєм вказувати прізвище, групу і дату уроку.