

Фізика 10**Урок 59 Рівняння стану ідеального газу. Ізопроцеси****Мета уроку:**

Навчальна: Формувати уявлення учнів про ізопроцеси, формувати знання щодо газових законів і вміння застосовувати їх для розв'язування задач, будувати й аналізувати графіки ізопроцесів.

Розвивальна. З метою розвитку мислення розвивати вміння аналізувати навчальний матеріал, умову задачі, хід розв'язання задач; пояснювати подібні матеріали; виявляти аналогії; розкривати загальне і конкретне; встановлювати закономірності.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку**I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП****II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ**

Як пов'язані між собою тиск, об'єм і температура?

Хто проводив дослідження, щоб пов'язати параметри, які визначають стан газу?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ**1. Рівняння стану ідеального газу**

$$p = nkT \quad n = \frac{N}{V} \quad \Rightarrow \quad pV = NkT \quad N = \frac{m}{M}N_A$$

$$pV = \frac{m}{M}N_A kT$$

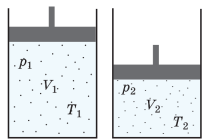
Універсальна газова стала (R) – це добуток числа Авогадро N_A на сталу Больцмана k .

$$R = N_A k = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

Рівняння стану ідеального газу (рівняння Менделєєва-Клапейрона):

$$pV = \frac{m}{M}RT \quad \text{або} \quad pV = \nu RT$$

Назване на честь російського хіміка й фізика Дмитра Івановича Менделєєва (1834–1907) і французького фізика Бенуа Поля Еміля Клапейрона (1799–1864).

2. Рівняння Клапейрона

Для кожного стану запишемо рівняння Менделєєва – Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M}RT_1 \quad p_2 V_2 = \frac{m}{M}RT_2$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{m}{M}R \quad \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{m}{M}R$$

Рівняння Клапейрона:

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

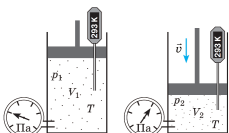
Для даного газу деякої маси відношення добутку тиску на об'єм до температури газу є незмінним.

3. Ізопроцеси

Ізопроцес – це процес, у ході якого один із макроскопічних параметрів (тиск, об'єм, температура) даного газу деякої маси залишається незмінним.

4. Ізотермічний процес. Закон Бойля-Маріотта

Ізотермічний процес – процес змінювання стану даного газу деякої маси, що відбувається за незмінної температури.



Якщо повільно опускати поршень, температура газу під поршнем буде лишатися незмінною і дорівнюватиме температурі навколишнього середовища. Тиск газу при цьому буде збільшуватися.

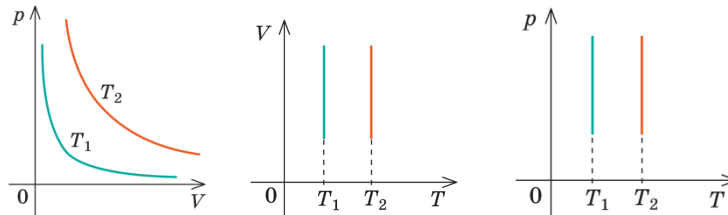
$$\frac{p_1 V_1}{T} = \frac{p_2 V_2}{T} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Закон Бойля-Маріотта: Для даного газу деякої маси добуток тиску газу на його об'єм є незмінним, якщо температура газу не змінюється:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad \text{або} \quad pV = \text{const} = \frac{m}{M} RT$$

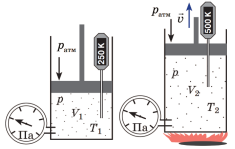
Цей закон незалежно один від одного відкрили ірландський фізик і хімік Роберт Бойль (1627–1691) у 1662 р. і французький фізик Едм Маріотт (1620–1684) у 1676р.

Ізотерми – це графіки ізотермічних процесів ($T_1 < T_2$).



5. Ізобарний процес. Закон Гей-Люссака

Ізобарний процес – процес змінювання стану даного газу деякої маси, що відбувається за незмінного тиску.



Якщо газ перебуває під важким поршнем масою M і площею S , який може переміщуватися практично без тертя, то в разі збільшення температури об'єм газу буде збільшуватися, а тиск газу лишатиметься незмінним і дорівнюватиме $p = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S}$

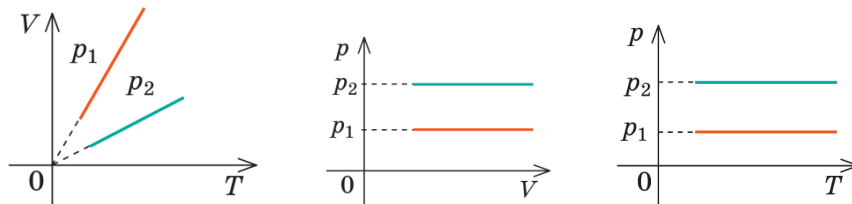
$$\frac{pV_1}{T_1} = \frac{pV_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Закон Гей-Люссака: Для даного газу деякої маси відношення об'єму газу до температури є незмінним, якщо тиск газу не змінюється:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{або} \quad \frac{V}{T} = \text{const} = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{p}$$

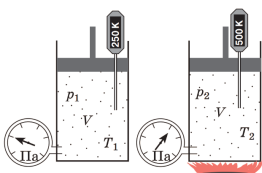
Цей закон експериментально встановив у 1802 р. французький фізик Жозеф Луї Гей-Люссак (1778–1850).

Ізобари – це графіки ізобарних процесів ($p_2 > p_1$).



6. Ізохорний процес. Закон Шарля

Ізохорний процес – процес змінювання стану даного газу деякої маси, що відбувається за незмінного об'єму.



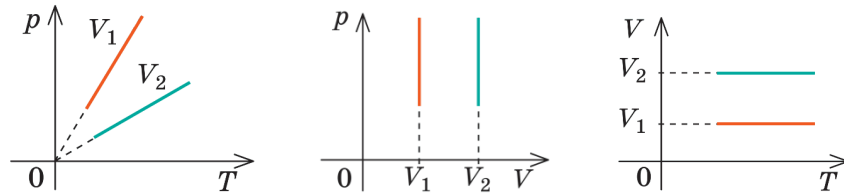
Якщо газ перебуває в циліндрі під закріпленим поршнем, то зі збільшенням температури тиск газу теж збільшуватиметься. Дослід показує, що в будь-який момент часу відношення тиску газу до його температури буде незмінним.

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

Закон Шарля: Для даного газу деякої маси відношення тиску газу до його температури є незмінним, якщо об'єм газу не змінюється:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad \text{або} \quad \frac{p}{T} = \text{const} = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{V}$$

Цей закон установив у 1787 р. французький учений Александр Сезар Шарль (1746–1823).
Ізохори – це графіки ізохорних процесів ($V_2 > V_1$).



IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Який тиск стиснутого повітря, що міститься в балоні ємністю 20 л за 12 °С, якщо маса цього повітря 2 кг?

Дано:

$$V = 20 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$T = 12 \text{ °С} = 285 \text{ К}$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

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

$$M = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$p = ?$$

Розв'язання

Рівняння Менделєєва – Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow p = \frac{mRT}{MV}$$

$$p = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 285}{29 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \approx 8,2 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$$

Відповідь: $p \approx 8,2 \text{ МПа}$.

2. Газ за тиску 0,2 МПа і температури 15 °С має об'єм 5 л. Визначте об'єм газу цієї маси за нормальних умов.

Дано:

$$p_1 = 0,2 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$T_1 = 15 \text{ °С} = 288 \text{ К}$$

$$V_1 = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$p_2 = 10^5 \text{ Па}$$

$$T_2 = 0 \text{ °С} = 273 \text{ К}$$

$$V_2 = ?$$

Розв'язання

Рівняння Клапейрона:

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

$$V_2 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 273}{10^5 \cdot 288} \approx 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)}$$

Відповідь: $V_2 \approx 9,5 \text{ л}$.

3.

Визначте густину водню за температури 127 °С і тиску 831 кПа.

Дано:

$$T = 127 \text{ °С} = 400 \text{ К}$$

$$p = 831 \text{ кПа}$$

$$= 8,31 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Розв'язання

$$M_r(H_2) = 2 \text{ а. о. м.} \quad M = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Рівняння Менделєєва – Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M}RT \quad \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{pM}{RT}$$

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

$$\rho = ?$$

$$\rho = \frac{8,31 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 400} = 0,5 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\text{Відповідь: } \rho = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

4. У приміщенні об'ємом 100 м^3 після роботи обігрівача температура повітря збільшилася від 17°C до 22°C . Яка маса повітря, що вийшло з кімнати? Атмосферний тиск 10^5 Па .

Дано:

$$V = 10^2 \text{ м}^3$$

$$T_1 = 17^\circ \text{C} = 290 \text{ К}$$

$$T_2 = 22^\circ \text{C} = 295 \text{ К}$$

$$p = 10^5 \text{ Па}$$

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

$$M = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\Delta m = ?$$

Розв'язання

Запишемо рівняння Менделєєва – Клапейрона для двох станів повітря:

$$pV = \frac{m_1}{M} RT_1 \Rightarrow m_1 = \frac{pVM}{RT_1}$$

$$pV = \frac{m_2}{M} RT_2 \Rightarrow m_2 = \frac{pVM}{RT_2}$$

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{pVM}{RT_1} - \frac{pVM}{RT_2} = \frac{pVM}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\Delta m = \frac{10^5 \cdot 10^2 \cdot 29 \cdot 10^{-3}}{8,31} \cdot \left(\frac{1}{290} - \frac{1}{295} \right) \approx 2 \text{ (кг)}$$

$$\text{Відповідь: } \Delta m \approx 2 \text{ кг.}$$

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Які макроскопічні параметри пов'язує рівняння стану ідеального газу?

2. Дайте означення ізопроцесу.

3. Який процес називають ізотермічним? Сформулюйте закон, що характеризує цей процес.

4. Який процес називають ізобарним? Сформулюйте закон, що характеризує цей процес. Опишіть дослід, за допомогою якого можна встановити цей закон.

5. Який процес називають ізохорним? Сформулюйте закон, що характеризує цей процес. Опишіть дослід, за допомогою якого можна встановити цей закон.

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 30, Вправа № 30 (1, 2)

Додаткові задачі

1. Густина деякої газоподібної речовини за температури 10°C й нормального атмосферного тиску дорівнює $2,5 \text{ кг/м}^3$. Визначте молярну масу цієї речовини.

Дано:

$$T = 10^\circ \text{C} = 283 \text{ К}$$

$$\rho = 2,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$p = 760 \text{ мм рт. ст.} = 10^5 \text{ Па}$$

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

$$M = ?$$

Розв'язання

$$760 \text{ мм рт. ст.} = 760 \cdot 133,3 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па}$$

Рівняння Менделєєва – Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow M = \frac{\rho RT}{p}$$

$$M = \frac{2,5 \cdot 8,31 \cdot 283}{10^5} \approx 59 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right)$$

$$\text{Відповідь: } M \approx 59 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}.$$

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

Дано:

$$T = 240 \text{ К}$$

$$p = 200 \text{ кПа}$$

$$= 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V = 40 \text{ л} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

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

$$\nu - ?$$

Розв'язання

Рівняння Менделєєва – Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M}RT \quad \nu = \frac{m}{M} \quad \Rightarrow \quad pV = \nu RT$$

$$\nu = \frac{pV}{RT} \quad \nu = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{8,31 \cdot 240} \approx 4 \text{ (моль)}$$

Відповідь: $\nu \approx 4$ моль.

3. Пробірку, перевернуту догори дном, занурили у воду на деяку глибину. Яка концентрація повітря у пробірці на глибині 3 м? Температура води та повітря однакові й дорівнюють 20 °С. Атмосферний тиск – 760 мм рт. ст.

Дано:

$$h = 3 \text{ м}$$

$$T = 20 \text{ °С} = 293 \text{ К}$$

$$p_a = 10^5 \text{ Па}$$

$$\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$n' - ?$$

Розв'язання

Рівняння Менделєєва – Клапейрона:

$$pV = \nu RT \quad pV = \text{const} \quad p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p = nkT \quad n = \frac{p}{kT}$$

$$n = \frac{N}{V} \quad \Rightarrow \quad V = \frac{N}{n} = \frac{NkT}{p}$$

$$p_a \cdot \frac{NkT}{p_a} = (p_a + \rho gh) \cdot \frac{N}{n'} \quad n' = \frac{p_a + \rho gh}{kT}$$

$$n' = \frac{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 3}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293} \approx 3,2 \cdot 10^{21} \text{ (м}^{-3}\text{)}$$

Відповідь: $n' \approx 3,2 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$.