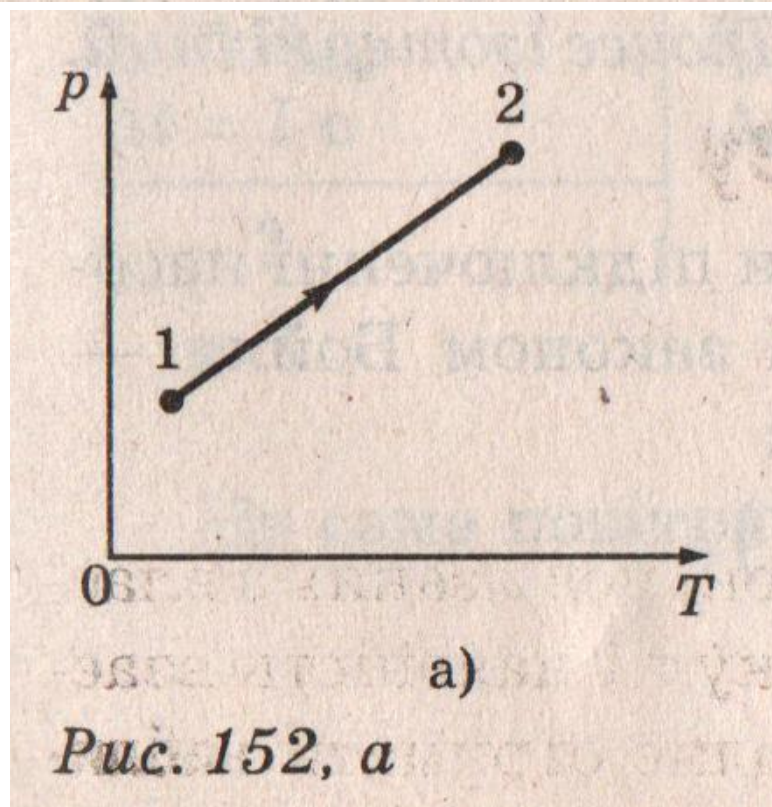


Модуль 2. Окремі розділи класичної фізики

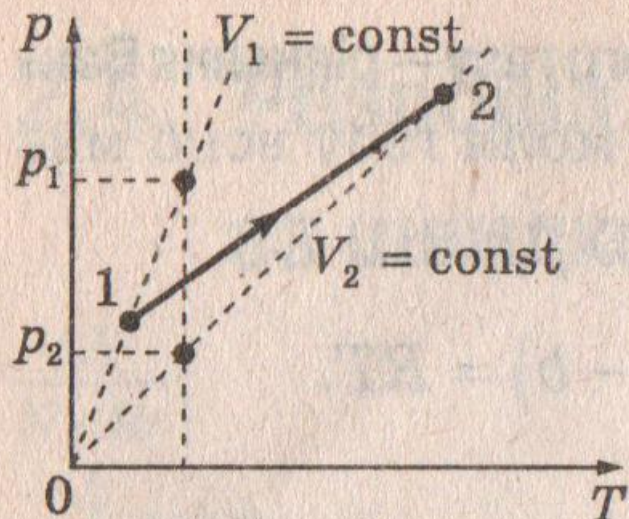
Практична робота 2.1

Газові закони

Для деякої маси газу залежність тиску від температури має такий вигляд (рис. 152, а). Як змінюється об'єм газу?



Задача 1. Розв'язання



б)

Рис. 152, б

Виконаємо додаткові побудови (рис. 152, б).

Проводимо дві ізохори через точку 1 ($V_1 = \text{const}$) і точку 2 ($V_2 = \text{const}$) і одну

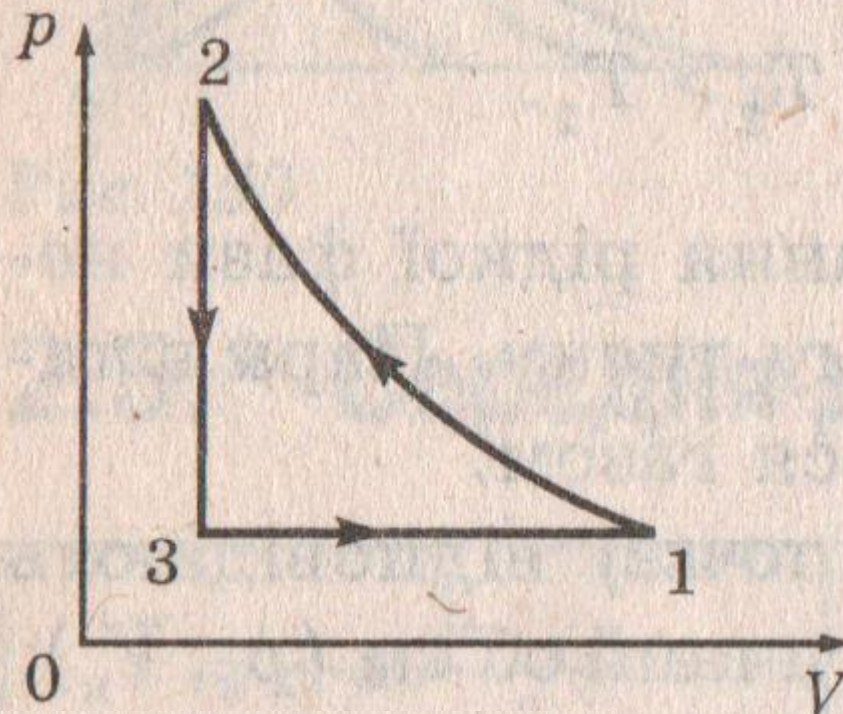
ізотерму, яка перетинає дві ізохори. Точки перетину ізохор з ізотермою дають можливість визначити графічно p_1 і p_2 .

Застосовуємо закон Бойля — Маріотта:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \text{ при } T = \text{const } m = \text{const.}$$

Із графіка видно, що $p_1 > p_2$ отже, $V_1 < V_2$, тобто об'єм збільшується.

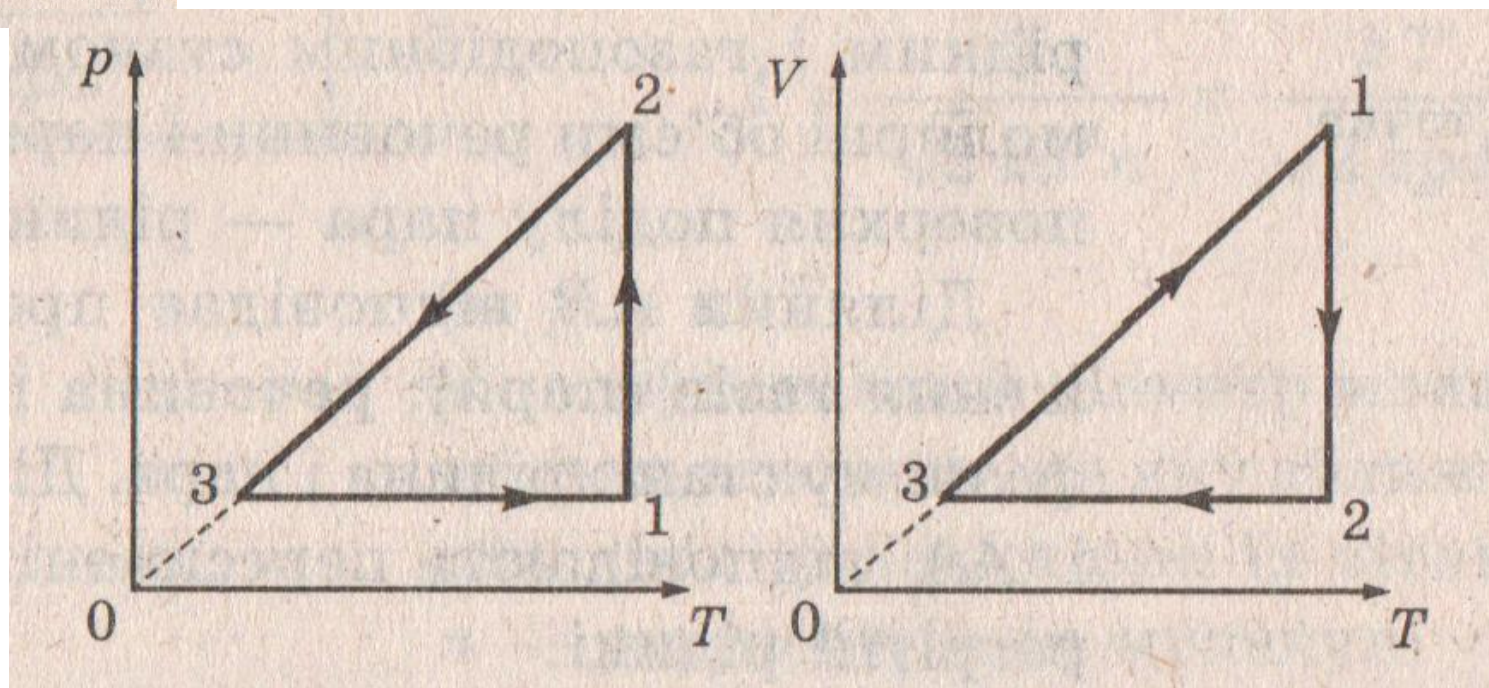
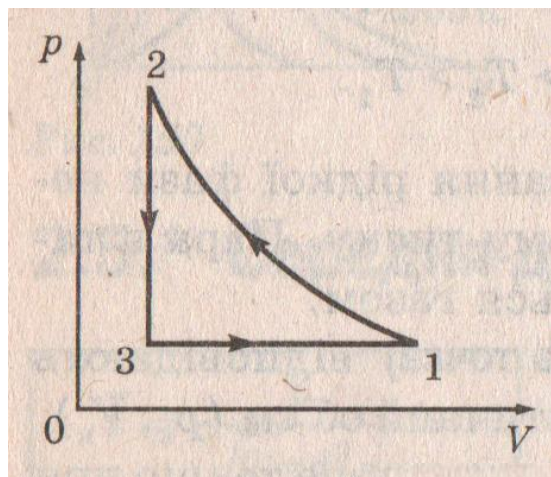
Дано графік циклу $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ для ідеального газу даної маси в координатах p, V :



Побудувати графік у координатах p, T і V, T .

Задача 2

Розв'язання



За скільки помахів поршневого насоса ємністю V_0 можна відкачати газ у скляному балоні ємністю V до тиску p , якщо спочатку тиск у балоні дорівнював атмосферному p_0 ? Процес ізотермічний.

Дано:

V_0

V

p_0

p

$T = \text{const}$

n — ?

Розв'язання:

У балоні газ у стані p_0, V . При підключенні насоса — об'єм $(V_0 + V)$, тиск p . За законом Бойля — Маріотта після першого помаху:

$$p_0 V = p_1 (V_0 + V).$$

Звідси
$$p_1 = \frac{p_0 V}{V_0 + V}.$$

Задача 3

Розв'язання

Після другого помаху $p_1 V = p_2 (V_0 + V)$.

$$\text{Звідси } p_2 = \frac{p_1 V}{V + V_0} = \frac{p_0 V^2}{(V + V_0)^2} = p_0 \left(\frac{V}{V + V_0} \right)^2.$$

Після n помахів: $p_n = p_0 \left(\frac{V}{V + V_0} \right)^n$.

Прологарифмуємо вираз: $\lg \frac{p_n}{p_0} = n \lg \left(\frac{V}{V + V_0} \right)$.

Задача 3

Розв'язання

Прологарифмуємо вираз: $\lg \frac{p_n}{p_0} = n \lg \left(\frac{V}{V + V_0} \right)$.

$$\text{Звідси } n = \frac{\lg \frac{p_n}{p_0}}{\lg \left(\frac{V}{V + V_0} \right)}.$$

$$\text{Відповідь: } n = \frac{\lg \frac{p_n}{p_0}}{\lg \left(\frac{V}{V + V_0} \right)}.$$

У повітряній кулі об'ємом 1400 м^3 знаходиться водень при температурі $7 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску 720 мм рт. ст. Визначити силу тяжіння цього водню.

Дано:

$$V = 1400 \text{ м}^3$$

$$T = (7 + 273) \text{ К} = 280 \text{ К}$$

$$p = 720 \text{ мм рт. ст.}$$

$$M(\text{H}_2) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$mg \text{ — ?}$$

СІ:

$$V = 1,4 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

$$T = (7 + 273) \text{ К} = 280 \text{ К}$$

$$p \approx 9,6 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$M(\text{H}_2) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

Задача 4

Розв'язання

Рівняння Клапейрона — Менделєєва:

$$pV = \frac{m}{M} RT, \quad m = \frac{pVM}{RT},$$

тоді $mg = \frac{pVMg}{RT}$.

Обчислення:

$$[mg] = \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг} \cdot \text{К} \cdot \text{моль} \cdot \text{м}}{\text{Дж} \cdot \text{моль} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{К}} = \text{Н},$$

$$\{mg\} = \frac{9,6 \cdot 10^4 \cdot 1400 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{8,31 \cdot 280} = 1132.$$

Відповідь: $mg = 1,13 \text{ кН}$.

У циліндричній посудині з площею основи 250 см^2 міститься 10 г азоту, стисненого поршнем, на якому лежить гиря масою $12,5 \text{ кг}$. Визначити роботу газу при його нагріванні від $25 \text{ }^\circ\text{C}$ до $625 \text{ }^\circ\text{C}$. Атмосферний тиск 760 мм рт. ст. Чи залежить робота від маси гирі?

Дано:

$$S = 250 \text{ см}^2$$

$$m = 10 \text{ г}$$

$$m_1 = 12,5 \text{ кг}$$

$$t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 625 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$$

$$M(\text{N}_2) = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

A — ?

СІ:

$$S = 250 \cdot 0,0001 \text{ м}^2 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$m = 10 \cdot 0,001 \text{ кг} = 10^{-2} \text{ кг}$$

$$m_1 = 12,5 \text{ кг}$$

$$T_1 = (273 + 25) \text{ К} = 298 \text{ К}$$

$$T_2 = (273 + 625) \text{ К} = 898 \text{ К}$$

$$p_0 = 760 \cdot 133,3 \text{ Па} = 10^5 \text{ Па}$$

$$M(\text{N}_2) = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

Задача 5

Розв'язання

$A = p\Delta V$, оскільки процес ізобарний.

Знайдемо p :
$$p = p_{\text{атм}} + \frac{m_1 g}{S}.$$

За рівнянням Клапейрона — Менделєєва визначимо $V_1, V_2, V_2 - V_1$:

$$pV_1 = \frac{m}{M} RT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{mRT_1}{Mp},$$

$$pV_2 = \frac{m}{M} RT_2 \Rightarrow V_2 = \frac{mRT_2}{Mp}.$$

Тоді

$$A = \frac{mR}{Mp} (T_2 - T_1) p = \frac{mR}{M} (T_2 - T_1),$$

$$A = \frac{mR}{M} (T_2 - T_1).$$

Робота не залежить від маси гирі і від площі основи посудини.

Задача 5

Розв'язання

Обчислення:

$$[A] = \frac{\text{кг} \cdot \text{моль} \cdot \text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К} \cdot \text{моль}} = \text{Дж},$$

$$\{A\} = \frac{10^{-2} \cdot 8,31 \cdot (898 - 298)}{28 \cdot 10^{-3}} = 1780.$$

Відповідь: $A = 1,78$ кДж.

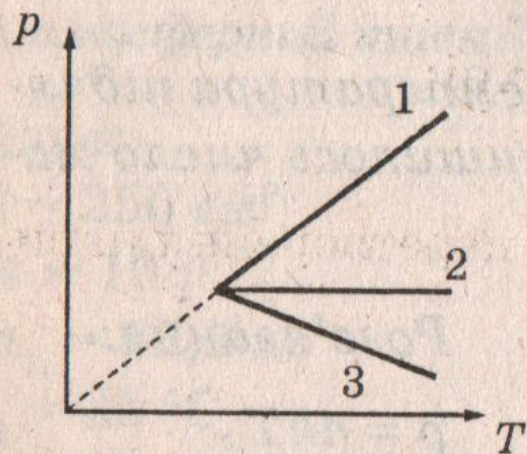


Рис. 155

Процеси, зображені на рисунку 155, ізохорні. Поясніть їх.

Аналіз і розв'язування:

На графіку 1 — ізохорний процес ($V = \text{const}$). На графіку 2 показано, що при нагріванні тиск не змінюється ($p = \text{const}$), що може бути лише при витіканні газу, яке компенсує зростання тиску, зумовлене нагріванням. На графіку 3 витікання газу спричиняє падіння тиску.