

Термодинамика.

① Дано:
 O_2
 $m = 0,24 \text{ кг}$
 $\mu = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
 $\Delta T = 100 \text{ К}$
 $\Delta U = ?$

Решение

O_2 - газ двухатомный $\Rightarrow i = 5$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{5}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{0,24}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 100 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

Ответ: $\Delta U = 1,6 \cdot 10^4 \text{ Дж} = 16 \text{ кДж}$

② $i = 3$
 $\nu = 5 \text{ моль}$
 $T = 300 \text{ К}$
 $U = ?$

Решение

$$U = \frac{i}{2} \nu R T = \frac{3}{2} \nu R T = \frac{3}{2} \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 300 = 18,7 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 18,7 \text{ кДж}$$

Ответ: $U = 18,7 \text{ кДж}$

③ Дано:
 $p_1 = p_0 = 10^5 \text{ Па}$
 $p_2 = 2 \cdot p_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$
 $V_1 = V_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $V_2 = 2V_0 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $\Delta U = ?$

Решение

$$\Delta U = U_2 - U_1; \quad U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2; \quad pV = \nu R T; \Rightarrow U_2 = \frac{3}{2} p_2 V_2; \quad U_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} \cdot (2 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} - 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) = 900 \text{ Дж}$$

Ответ: $\Delta U = 900 \text{ Дж}$

④ Дано:
 $\nu = 1 \text{ моль}$
 $V \nearrow$
 $T_1 = 300 \text{ К}$
 $A = 12,5 \cdot 10^3 \text{ Дж}$
 $\frac{V_2}{V_1} = ?$

Решение

$$pV = \nu R T; \\ p = \frac{\nu R T_1}{V_1} \quad (1)$$

$$A = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1); \quad \frac{A}{p} = V_2 - V_1 \Rightarrow V_2 = V_1 + \frac{A}{p} \quad (2)$$

$$(1) \rightarrow (2) \quad V_2 = V_1 \cdot \left(1 + \frac{A}{\nu R T_1}\right) \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 1 + \frac{A}{\nu R T_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = 1 + \frac{12,5 \cdot 10^3}{1 \cdot 8,31 \cdot 300} = 6,01$$

5) Дано: Si

$m_1 = 0,22 \text{ кг}$
 $t_1 = 330^\circ\text{C}$ $T_1 = 603 \text{ K}$
 $m_2 = 0,09 \text{ кг}$
 $t_2 = 11,5^\circ\text{C}$ $T_2 = 284,5 \text{ K}$
 $m_3 = 0,16 \text{ кг}$
 $m_4 = 0,017 \text{ кг}$
 $t_4 = 20^\circ\text{C}$ $T_4 = 293 \text{ K}$
 $t = 33,8^\circ\text{C}$ $T = 306,8 \text{ K}$
 $c_2 = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$
 $c_3 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$
 $c_4 = 840 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$
 $c_1 - ?$

Решение

1. - иско́мое вещество m_1 при $t_1 = 330^\circ\text{C}$
2. - алюминиевая чашка калориметра m_2 при $t_2 = 11,5^\circ\text{C}$
3. - вода в калориметре m_3 при $t_2 = 11,5^\circ\text{C}$
4. - стеклянный термометр m_4 при $t_4 = 20^\circ\text{C}$

равновесная температура $t = 33,8^\circ\text{C}$

Отдаёт тепло тело m_1 : Q_1
 Принимают тепло тела m_2, m_3, m_4 : Q_2, Q_3, Q_4

Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (T_1 - T)$$

$$Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot (T - T_2)$$

$$Q_3 = c_3 \cdot m_3 \cdot (T - T_2)$$

$$Q_4 = c_4 \cdot m_4 \cdot (T - T_4)$$

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (T_1 - T) = c_2 \cdot m_2 \cdot (T - T_2) + c_3 \cdot m_3 \cdot (T - T_2) + c_4 \cdot m_4 \cdot (T - T_4)$$

$$c_1 = \frac{(T - T_2) \cdot (c_2 \cdot m_2 + c_3 \cdot m_3) + c_4 \cdot m_4 \cdot (T - T_4)}{m_1 \cdot (T_1 - T)}$$

$$c_1 = \frac{(306,8 - 284,5) \cdot (920 \cdot 0,09 + 4200 \cdot 0,16) + 840 \cdot 0,017 \cdot (306,8 - 293)}{0,22 \cdot (603 - 306,8)} = 247 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$$

Ответ: $c_1 = 247 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$

6) Дано:

$p = \text{const}$
 $V = 800 \text{ моль}$
 $\Delta T = 500 \text{ K}$
 $Q = 9,4 \cdot 10^6 \text{ Дж}$
 $A - ?$ $\Delta U - ?$

Решение

$$A = p \cdot \Delta V; \quad p \cdot \Delta V = \nu R \Delta T \Rightarrow A = \nu \cdot R \Delta T = 800 \cdot 8,31 \cdot 500 = 3,32 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$Q = \Delta U + A \Rightarrow \Delta U = Q - A = 9,4 \cdot 10^6 - 3,32 \cdot 10^6 = 6,1 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Ответ: $A = 3,32 \cdot 10^6 \text{ Дж}; \quad \Delta U = 6,1 \cdot 10^6 \text{ Дж}$

7) Дано:

$V = 4 \text{ моль}$
 $A \rightarrow i = 3$
 $T_1 = 300 \text{ K}$
 $Q = 900 \text{ Дж}$
 $\frac{\Delta p}{p_1} \cdot 100\% - ?$

Решение.

$$V = \text{const} \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A = p \cdot \Delta V = 0;$$

$$Q = A + \Delta U \Rightarrow Q = \Delta U; \quad \Delta U = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = Q \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{2 \cdot Q}{3 \nu R} + T_1 = \frac{2 \cdot 900}{3 \cdot 4 \cdot 8,31} + 300 = 318,1 \text{ K}$$

$$V = \text{const} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{318,1}{300} = 1,06$$

$$\frac{\Delta p}{p_1} \cdot 100\% = \frac{p_2 - p_1}{p_1} \cdot 100\% = \frac{1,06 p_1 - p_1}{p_1} \cdot 100\% = 6\% \quad \text{Ответ: } 6\%$$

8) Дано:
 $\text{He} \Rightarrow i=3$
 $V = 10^3 \text{ м}^3$
 $p = \text{const}$
 $\Delta T = 30 \text{ K}$

ΔU ? A ? Q ?

Решение

$$A = p \cdot \Delta V; \quad p \Delta V = \nu R \Delta T; \Rightarrow A = \nu R \Delta T = 10^3 \cdot 8,31 \cdot 30 = 249,3 \text{ кДж}$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 30 = 374 \text{ кДж}$$

$$Q = \Delta U + A = 374 \cdot 10^3 + 249 \cdot 10^3 = 623 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 623 \text{ кДж}$$

Ответ: $A = 249,3 \text{ кДж}$; $\Delta U = 374 \text{ кДж}$; $Q = 623 \text{ кДж}$

9) Дано:
 $T_1 = 288 \text{ K}$
 $T_2 = 340 \text{ K}$
 $Q_p = 5 \cdot 10^3 \text{ Дж}$
 $Q_v = 3,56 \cdot 10^3 \text{ Дж}$
 $p = 19,6 \cdot 10^3 \text{ Па}$

V ?

Решение.

$$p \cdot \Delta V = \nu R \Delta T; \quad A = p \Delta V = \nu R \Delta T; \quad \Delta T = T_2 - T_1$$

$$Q_p (p = \text{const}): \quad Q_p = \Delta U + A = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{i+2}{2} \nu R \Delta T$$

$$Q_v (v = \text{const}): \quad Q_v = \Delta U + 0 = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$$

$$\frac{Q_p}{Q_v} = \frac{\frac{i+2}{2} \nu R \Delta T}{\frac{i}{2} \nu R \Delta T} = \frac{i+2}{i} = 1 + \frac{2}{i} \Rightarrow \frac{2}{i} = \frac{Q_p}{Q_v} - 1$$

$$i = \frac{2}{\frac{Q_p}{Q_v} - 1} = \frac{2}{\frac{5 \cdot 10^3}{3,56 \cdot 10^3} - 1} = \frac{2}{0,4} = 5 \quad (\text{раз глукатомности})$$

$$Q_p = \frac{7}{2} \nu R (T_2 - T_1); \quad pV = \nu R T_1 \Rightarrow \nu R = \frac{pV}{T_1}$$

$$Q_p = \frac{7}{2} \frac{pV}{T_1} \cdot (T_2 - T_1) \Rightarrow V = \frac{2 Q_p \cdot T_1}{7 p \cdot (T_2 - T_1)} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 288}{7 \cdot 19,6 \cdot 10^3 \cdot 52} = 0,4 \text{ м}^3$$

Ответ: $V = 0,4 \text{ м}^3$

10) Дано:
 $Q = 0$
 $A = 400 \text{ Дж}$

ΔU ?

Решение

$$Q = \Delta U + A \Rightarrow \Delta U = -A = -400 \text{ Дж}$$

Ответ: $\Delta U = -400 \text{ Дж}$ (уменьшилась на 400 Дж)