

Ideální plyn

1. Určete střední kvadratickou rychlost molekul a) kyslíku O₂ při teplotě 132 °C, b) helia při teplotě 10 K.

$$\text{a) } v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_m}} = \sqrt{\frac{3kT}{M_r m_u}} = 562 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{b) } v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_a}} = \sqrt{\frac{3kT}{A_r m_u}} = 250 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2. Při které teplotě je střední kvadratická rychlost molekul plynu právě poloviční vzhledem k rychlosti při teplotě 19 °C?

$$\sqrt{\frac{3kT_2}{m_m}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3kT_1}{m_m}} \Rightarrow T_2 = \frac{1}{4} T_1 = 73 \text{ K}$$
$$t_2 = -200 \text{ °C}$$

3. Při které teplotě je střední kvadratická rychlost molekul oxidu uhličitého 720 km · h⁻¹?

$$T = \frac{v_k^2 M_r m_u}{3k} = 71 \text{ K}, \quad t = -202 \text{ °C}$$

4. Vypočítejte počet molekul vodíku H₂ v objemu 1 cm³, je-li jeho tlak 2,6 · 10⁴ Pa a střední kvadratická rychlost molekul plynu je 2 400 m · s⁻¹.

$$p = \frac{1}{3} N_V m_m v_k^2 = \frac{1}{3} \frac{N}{V} M_r m_u v_k^2,$$

pro H₂ je M_r = 2; počet molekul

$$N = \frac{3Vp}{M_r m_u v_k^2} = 4,1 \cdot 10^{18}.$$

5. Určete střední kvadratickou rychlost vodní kapky o poloměru 10⁻⁸ m, vznášející se ve vzduchu při teplotě 17 °C.

$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

$$m = V\rho = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$$

$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{\frac{4}{3} \pi r^3 \rho}} = 1,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

6. Ideální plyn má při teplotě 27 °C tlak 1,2 Pa. Kolik molekul je v objemu 1 cm³ plynu?

$$p = N_V kT = \frac{N}{V} kT, \quad N = \frac{pV}{kT} = 2,9 \cdot 10^{14}$$

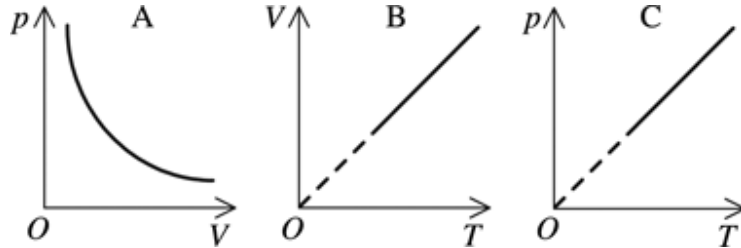
7. V nádobě o objemu 2,0 l je 6 · 10²⁰ molekul plynu. Tlak plynu je 2,6 · 10³ Pa. Jaká je jeho teplota?

$$p = N_V kT = \frac{N}{V} kT, \quad T = \frac{pV}{Nk} = 628 \text{ K}, \quad t = 355 \text{ °C}$$

8. Vypočítejte střední kvadratickou rychlost molekul plynu, který má při tlaku $1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ hustotu $8,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

$$p = \frac{1}{3} \rho v_k^2 \Rightarrow v_k = \sqrt{\frac{3p}{\rho}} = 190 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

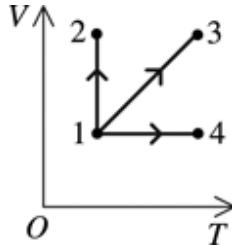
9. Na obr. jsou písmeny A, B, C označeny tři diagramy, znázorňující děje probíhající s ideálním plynem. a) Který diagram znázorňuje izochorický děj? b) Který diagram znázorňuje izobarický děj? c) Který diagram znázorňuje izotermický děj?



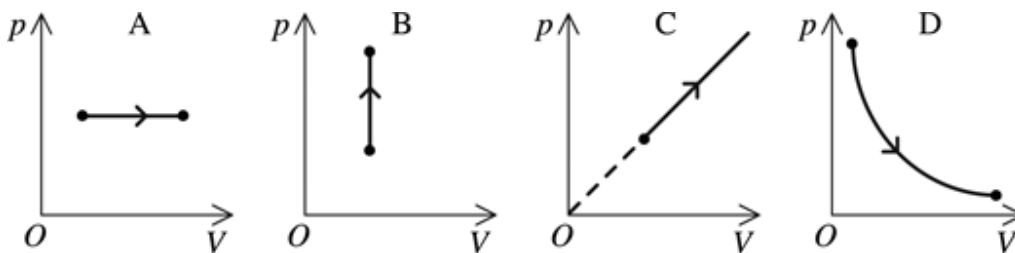
Obr.

a) diagram C, b) diagram B, c) diagram A.

10. Na grafu znázorňujícím objem V ideálního plynu jako funkci teploty T plynu jsou znázorněny tři děje, při nichž plyn o stálé hmotnosti přechází ze stavu zobrazeného bodem 1 do jednoho ze stavů zobrazených body 2, 3, nebo 4 (obr.). Na dalším obr. jsou čtyři grafy, označené A, B, C, D, znázorňující tlak plynu p jako funkci jeho objemu V . Určete a) který z grafů odpovídá ději 1-2, tj. přechodu ideálního plynu ze stavu zobrazeného bodem 1 do stavu zobrazeného bodem 2, b) který z grafů odpovídá ději 1-3, c) který z grafů odpovídá ději 1-4.



Obr.



Obr.

a) graf D – děj je izotermický, b) graf A – děj je izobarický, c) graf B – děj je izochorický.

11. Stlačený plyn v tlakové láhvi má při teplotě $18 \text{ }^\circ\text{C}$ tlak $8,5 \text{ MPa}$. Jaký tlak bude mít, snížili-li se teplota na $-23 \text{ }^\circ\text{C}$? Změnu objemu tlakové láhve při ochlazení zanedbejte.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 7,3 \text{ MPa}$$

12. Ideální plyn má při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ objem V_0 . Při jaké teplotě bude mít plyn objem $V = 2V_0/3$? Tlak plynu je konstantní.

$$\frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0}$$

$$\frac{2V_0}{3T} = \frac{V_0}{T_0} \Rightarrow T = \frac{2}{3}T_0 = 182\text{ K}$$

$$t = -91\text{ }^{\circ}\text{C}$$

13. Ve fotbalovém míči je při teplotě $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ tlak 75 kPa . Na jakou hodnotu se změní tlak v míči, ohřeje-li se při hře na $30\text{ }^{\circ}\text{C}$? Změnu objemu míče neuvažujte.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 80\text{ kPa}$$

14. Určete tlak kyslíku O_2 o hmotnosti 4 kg , uzavřeného v nádobě o objemu 2 m^3 při teplotě $27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$pV = \frac{m}{M_m} R_m T \Rightarrow p = \frac{mR_m T}{VM_m} = 1,6 \cdot 10^5\text{ Pa}$$

15. Vodík má při teplotě $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tlaku $1,5 \cdot 10^5\text{ Pa}$ objem 2 l . Jaký bude tlak vodíku, zmenší-li se objem na $1,5\text{ l}$ a teplota se zvýší na $30\text{ }^{\circ}\text{C}$?

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1} = 2,1 \cdot 10^5\text{ Pa}$$

16. Vypočítejte hustotu kyslíku při tlaku 10 MPa a teplotě $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Předpokládejte, že kyslík má za daných podmínek vlastnosti ideálního plynu.

$$pV = \frac{m}{M_m} R_m T$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM_m}{R_m T} = 128\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

17. Kyslík O_2 o hmotnosti $0,32\text{ kg}$ je zahříván za stálého tlaku z počáteční teploty $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Určete teplo, které musíme plynu dodat, aby jeho objem vzrostl na trojnásobek počáteční hodnoty.

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

$$T_2 = 3T_1 = 750\text{ K} \quad T_2 - T_1 = 500\text{ K}$$

$$\text{Dodané teplo} \quad Q = mc_p(T_2 - T_1) = 146\text{ kJ.}$$

18. S ideálním plynem mohou probíhat různé děje. Uvažujme, že proběhnou postupně: děj izochorický, děj izobarický, děj izotermický a děj adiabatický. a) Při kterém ději se nemění vnitřní energie plynu? b) Při kterém ději plyn nekoná práci? c) Při kterém ději plyn nevyměňuje teplo s okolím?

a) při izotermickém, b) při izochorickém, c) při adiabatickém.

19. O kolik se zvětší vnitřní energie dusíku N_2 o hmotnosti 0,2 kg a jakou práci plyn vykoná, ohřeje-li se z teploty 20 °C na teplotu 100 °C a) při izochorickém ději, b) při izobarickém ději?

a) $\Delta U = mc_V(t_2 - t_1) = 12 \text{ kJ}, W = 0$ (při izochorickém ději se práce nekoná),

b) $\Delta U = mc_V(t_2 - t_1) = 12 \text{ kJ}, W = Q - \Delta U = m(c_p - c_V) \cdot (t_2 - t_1) = 4,8 \text{ kJ}.$

20. Počáteční tlak plynu je $12 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Jaký bude tlak plynu, rozpne-li se adiabatickým dějem na pětinasobný objem? Plyn je a) jednoatomový, b) dvouatomový.

$$p_2 = p_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\kappa$$

a) $p_2 = 0,85 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

b) $p_2 = 1,26 \cdot 10^5 \text{ Pa}$