

3. Ideální plyn a první věta termodynamiky

$$\text{Vztahy: } \rho = \frac{m}{V}; \quad n = \frac{m}{M}$$

Stavová rovnice ideálního plynu: $pV = nRT$

Boylův-Mariottův zákon: $pV = \text{konst.}$

Charlesův zákon: $\frac{p}{T} = \text{konst.}$

První věta termodynamická: $\Delta U = q + w$

- Systém přijímá teplo z okolí: $q > 0$
- Systém odevzdává teplo do okolí: $q < 0$
- Vnější tlak koná práci (působí silou) na systému: $w = p\Delta V$
- Systém koná práci proti vnějšímu tlaku: $w = -p\Delta V$

Konstanty:

Molární plynová konstanta $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

1. Jaký tlak vyvíjí 25 g argonu ($M_{Ar} = 39,95 \text{ g mol}^{-1}$) v nádobě o objemu $1,5 \text{ dm}^3$ při teplotě $30 \text{ }^\circ\text{C}$, pokud se chová jako ideální plyn?

Řešení:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{25}{39,95} \text{ mol} \cong 0,626 \text{ mol}$$

$$pV = nRT \Rightarrow p = \frac{nRT}{V} = \frac{0,626 \cdot 8,31 \cdot (30+273)}{0,0015} \text{ Pa} \cong \underline{1,05 \text{ MPa}}$$

2. Ideální plyn prochází izotermickou kompresí, která snižuje jeho objem o $1,80 \text{ dm}^3$. Konečný tlak plynu je 197 kPa a konečný objem plynu $2,14 \text{ dm}^3$. Vypočítejte původní tlak plynu.

Řešení:

$$pV = \text{konst.} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow p_1 = \frac{p_2 V_2}{V_1} = \frac{197 \cdot 2,14}{2,14+1,80} \text{ kPa} = \underline{107 \text{ kPa}}$$

3. Vodík má při teplotě $23 \text{ }^\circ\text{C}$ tlak 125 kPa . Jaký je jeho tlak při teplotě $11 \text{ }^\circ\text{C}$?

Řešení:

$$\frac{p}{T} = \text{konst.} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_1 = \frac{p_2 T_1}{T_2} = \frac{125 \cdot (11+273)}{23+273} \text{ kPa} \cong \underline{120 \text{ kPa}}$$

4. Majitel domu k vytápění domu za rok spotřebuje $4\,000 \text{ m}^3$ zemního plynu. Předpokládejme, že všechny zemní plyn je pouze metan ($M_{methan} = 16,04 \text{ g mol}^{-1}$) a že metan se při tlaku 101325 Pa a teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$ chová jako ideální plyn. Jaká je za těchto podmínek hmotnost použitého plynu?

Řešení:

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT} = \frac{101325 \cdot 4000}{8,31 \cdot (20+273)} \text{ mol} \cong 1,66 \cdot 10^5 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = nM = 1,66 \cdot 10^5 \cdot 16,04 \text{ g} = \underline{2,67 \text{ tun}}$$

5. Při teplotě $100 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku 16 kPa je hustota par fosforu ($M_p = 31,0 \text{ g mol}^{-1}$) $0,6388 \text{ kg m}^{-3}$. Jaký je molekulový vzorec fosforu za těchto podmínek?

Řešení:

$$pV = nRT = \frac{m}{M} RT \Rightarrow M = \frac{m RT}{V p} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{0,6388 \cdot 8,31 \cdot (100+273)}{16000} \text{ kg mol}^{-1} \cong 0,124 \text{ kg mol}^{-1} = 124 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{124}{31,0} = 4 \Rightarrow \text{P}_4$$

6. Chemická reakce probíhá v nádobě s pístem o ploše 50,0 cm². Při reakci vzniká plyn, který píst vytlačí o 15 cm proti vnějšímu tlaku 121 kPa. Vypočítejte změnu vnitřní energie.

Řešení: $\Delta U = w = -p\Delta V = -pSl = -121000 \cdot 0,005 \cdot 0,15 \text{ J} = \underline{-90,75 \text{ J}}$

7. Objem 2 mol helia se při konstantní teplotě 22 °C zvětšil z 22,8 dm³ na 31,7 dm³. Vypočítejte změnu vnitřní energie, přijaté/odevzdané teplo a práci, kterou plyn vykonal, jestliže v okolí byl

(i) konstantní vnější tlak rovný konečnému tlaku helia.

Řešení:

$\Delta U = 0$, protože vnitřní energie ideálního plynu závisí jen na teplotě a ta se nemění.

$$pV = nRT \Rightarrow p = \frac{nRT}{V} = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot (22 + 273)}{0,0317} \text{ Pa} \cong 155 \text{ kPa}$$

$$w = -p\Delta V = -155000 \cdot (0,0317 - 0,0228) \text{ J} = \underline{-1379,5 \text{ J}}$$

$$\Delta U = q + w = 0 \Rightarrow q = -w = \underline{1379,5 \text{ J}}$$

(ii) nulový vnější tlak.

Řešení:

$\Delta U = 0$, protože vnitřní energie ideálního plynu závisí jen na teplotě a ta se nemění.

$w = 0$, protože vnější tlak je nulový.

$$\Delta U = q + w = 0 \Rightarrow q = -w = \underline{0 \text{ J}}$$