

7. cvičení Stavová rovnice ideálního plynu. (Van der Waalsova rovnice.)

$$pV = nRT$$

p tlak [Pa]

V objem [m³]

n látkové množství [mol]

T termodynamická teplota [K]

R univerzální plynová konstanta $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

1 atm = 101325 Pa = 760 torr (mm Hg)

1 bar = 10⁵ Pa

Směs plynů

$$p_i V = n_i R T$$

$$p = \sum p_i$$

p_i parciální tlak složky i [Pa]

n_i látkové množství složky i [mol]

7. cvičení Stavová rovnice ideálního plynu. (Van der Waalsova rovnice.)

$$pV = nRT$$

p	tlak [Pa]
V	objem [m ³]
n	látkové množství [mol]
T	termodynamická teplota [K]
R	univerzální plynová konstanta $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Van der Waalsova rovnice

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

a	[Pa·m ⁶ ·mol ⁻²]
b	[m ³ ·mol ⁻¹]

1. Vypočítejte objem 1 molu CO_2 a objem 1 molu N_2 za teploty 273,15 K a tlaku 101325 Pa. $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

$$V = \frac{nRT}{p}$$

$$V(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CO}_2)RT}{p}$$

$$V(\text{CO}_2) = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 273,15}{101325} \text{ m}^3 = 0,0224 \text{ m}^3 = 22,4 \text{ dm}^3$$

$$V(\text{N}_2) = \frac{n(\text{N}_2)RT}{p}$$

$$V(\text{N}_2) = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 273,15}{101325} \text{ m}^3 = 0,0224 \text{ m}^3 = 22,4 \text{ dm}^3$$

2. Jak musíme změnit tlak, abychom snížili objem ideálního plynu na polovinu?

$$pV = nRT$$

$$pV = \textit{konst.}$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \qquad V_2 = \frac{V_1}{2}$$

$$p_1 V_1 = p_2 \frac{V_1}{2}$$

$$p_1 = \frac{p_2}{2}$$

$$p_2 = p_1 \cdot 2$$

3. Jak musíme změnit teplotu, aby tlak ideálního plynu poklesl na polovinu, aniž by se změnil jeho objem?

$$pV = nRT$$

$$\frac{p}{T} = \textit{konst.}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad p_2 = \frac{p_1}{2}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_1}{2T_2}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{2}$$

4. Vypočítejte pomocí stavové rovnice ideálního plynu a van der Waalsovy rovnice tlak, kterým působí molekuly 0,01 molu CO_2 na stěny nádoby o objemu 1 litr při teplotě 300 K. Vypočítejte tento tlak také pro 1 mol CO_2 .

$R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$, konstanty van der Waalsovy rovnice pro CO_2 : $a = 3,640 \cdot 10^5 \text{ Pa.l}^2.\text{mol}^{-2}$; $b = 4,267 \cdot 10^{-2} \text{ l.mol}^{-1}$.

$$p = \frac{nRT}{V}$$

$$p_{IP;0,01\text{mol}} = \frac{0,01 \cdot 8,314 \cdot 300}{0,001} \text{ Pa} = 24,94 \text{ kPa}$$

$$p_{IP;1\text{mol}} = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 300}{0,001} \text{ Pa} = 2494 \text{ kPa}$$

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT \longrightarrow p = \frac{nRT}{(V - nb)} - \frac{an^2}{V^2}$$

$$p_{vdW;0,01\text{mol}} = \frac{0,01 \cdot 8,314 \cdot 300}{(0,001 - 0,01 \cdot 4,267 \cdot 10^{-5})} - \frac{3,64 \cdot 10^{-1} \cdot (0,01)^2}{(0,001)^2} = 24,92 \text{ kPa}$$

$$p_{vdW;1\text{mol}} = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 300}{(0,001 - 1 \cdot 4,267 \cdot 10^{-5})} - \frac{3,64 \cdot 10^{-1} \cdot (1)^2}{(0,001)^2} = 2241 \text{ kPa}$$

5. Vypočítejte hustotu CO₂, a vzduchu za tlaku 101325 Pa a teploty 298,15 K. Je CO₂ těžší než vzduch a bude se držet u země, nebo je lehčí než vzduch?

M(CO₂) = 44 g.mol⁻¹, M(O₂) = 32 g.mol⁻¹, M(N₂) = 28 g.mol⁻¹, M(Cl₂) = 71 g.mol⁻¹, M(H₂) = 2 g.mol⁻¹, M(He) = 4 g.mol⁻¹; složení vzduchu vyjádřené pomocí molárních zlomků: x(N₂) = 0,8 a x(O₂) = 0,2

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \rho = \frac{m \cdot p}{n \cdot R \cdot T} = \frac{M \cdot p}{R \cdot T}$$

$$\uparrow$$

$$V = \frac{nRT}{p}$$

$$\rho(\text{CO}_2) = \frac{44 \cdot 101325}{8,314 \cdot 298,15} \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 1798 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{vzduch}} = \frac{m(\text{N}_2) + m(\text{O}_2)}{V} = \frac{M(\text{N}_2) \cdot n(\text{N}_2) + M(\text{O}_2) \cdot n(\text{O}_2)}{V} = \frac{n \cdot [M(\text{N}_2) \cdot x(\text{N}_2) + M(\text{O}_2) \cdot x(\text{O}_2)]}{V}$$

$$= \frac{n \cdot [M(\text{N}_2) \cdot x(\text{N}_2) + M(\text{O}_2) \cdot x(\text{O}_2)] \cdot p}{n \cdot R \cdot T} = \frac{[M(\text{N}_2) \cdot x(\text{N}_2) + M(\text{O}_2) \cdot x(\text{O}_2)] \cdot p}{R \cdot T}$$

$$\rho_{\text{vzduch}} = \frac{[28 \cdot 0,8 + 32 \cdot 0,2] \cdot 101325}{8,314 \cdot 298,15} \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 1177 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

6. Chlor se dodává v bombách o objemu 50 litrů pod tlakem 15 MPa. Vypočítejte, jaké množství NaCl je třeba elektrolyticky rozložit (dochází k této reakci $2 \text{NaCl} \rightarrow 2 \text{Na} + \text{Cl}_2$), aby mohla být chlorem naplněna jedna bomba.
 $T=300 \text{ K}$, $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$, $M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ g.mol}^{-1}$

$$n = \frac{pV}{RT} \quad n(\text{Cl}_2) = \frac{15000000 \cdot 0,05}{8,314 \cdot 300} = 300,7 \text{ mol}$$

$$n(\text{NaCl}) = 2 \cdot n(\text{Cl}_2) = 601,4 \text{ mol}$$

$$m(\text{NaCl}) = M(\text{NaCl}) \cdot n(\text{NaCl}) = 35,2 \text{ kg}$$

$$m(\text{NaCl}) = M(\text{NaCl}) \cdot n(\text{NaCl}) = M(\text{NaCl}) \cdot 2 \cdot n(\text{Cl}_2) = M(\text{NaCl}) \cdot 2 \cdot \frac{pV}{RT} = 35,2 \text{ kg}$$

7. V ponorkách se dříve vyráběl kyslík tak, že se vydýchaný vzduch proháněl nádobami naplněnými suchým peroxidem sodným. Přitom dochází k této reakci:

$2 \text{Na}_2\text{O}_2 + 2 \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$. Kolik kg peroxidu sodného se spotřebuje, pokud má být po prohnání vzduchu nádobami s peroxidem v ponorce o 1,3 kg kyslíku více než před prohnáním? Změní se při výrobě kyslíku nějak tlak vzduchu v ponorce? Pokud ano, vypočítejte tuto změnu. Objem vnitřního prostoru ponorky je 1000 m^3 .

$M(\text{Na}_2\text{O}_2) = 78 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{O}_2) = 32 \text{ g.mol}^{-1}$, $T = 300 \text{ K}$, $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$, tlak vzduchu v ponorce před reakcí byl 101325 Pa , předpokládejte ideální chování plynů

$$n(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} = \frac{1300}{32} \text{ mol} = 40,625 \text{ mol} \longrightarrow n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 2 \cdot n(\text{O}_2) = 81,25 \text{ mol}$$

$$m(\text{Na}_2\text{O}_2) = M(\text{Na}_2\text{O}_2) \cdot n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 6,34 \text{ kg}$$

$$\Delta p = -\frac{n_{\text{odebranýCO}_2} RT}{V} + \frac{n_{\text{dodanýO}_2} RT}{V} = \left(-n_{\text{odebranýCO}_2} + n_{\text{dodanýO}_2} \right) \frac{RT}{V}$$

$$n_{\text{odebranýCO}_2} = 2 \cdot n_{\text{dodanýO}_2} \longrightarrow \Delta p = -n_{\text{dodanýO}_2} \cdot \frac{RT}{V} \quad \Delta p = -101,3 \text{ Pa}$$