

Martin Klajmon

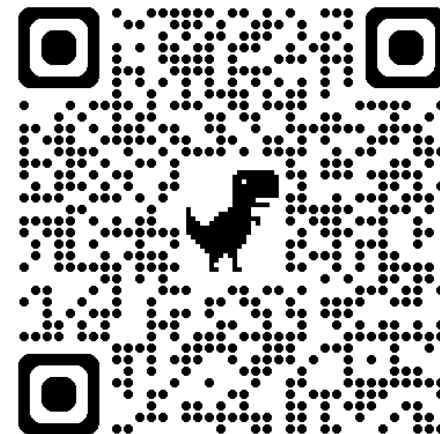
Budova B, místnost [B4312](#), martin.klajmon@vscht.cz

Podmínky pro udělení zápočtu:

- 2 testy na cvičeních: 6. a 11. týden (23.10. a 27.11.)
- Každý test: 4 výpočetní příklady; 60 minut; max. 100 bodů
- Zápočet: průměr z testů alespoň 50 bodů
- *Souhrnný zápočtový test*
- Více informací o zápočtu a pravidlech FCH I na [E-learningu](#) (nebo ufch.vscht.cz/studium/bc)

Organizace cvičení:

- Úvod do tématu + příklady
- Obrázky z e-tabule + další materiály na:
sites.google.com/view/cervinkagroup/people/martin-klajmon/fch-i →
- Video cvičení doc. Vopičky (E-learning)
- Konzultace
- **Pá 20.11. (10. týden) odpadá – rektorský den**



Fyzikální chemie – Co to je?

Náplň prvního cvičení:

1. Složení směsí: Koncentrační veličiny a jejich přepočty
2. Stavové chování, ideální plyn a jeho stavová rovnice

1. Koncentrační veličiny a jejich přepočty

Látkové množství:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$[n] = \text{mol}$$

Hustota:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \cdot M}{V}$$

$$[\rho] = \text{kg m}^{-3}, \text{g cm}^{-3}$$

Molární zlomek:

$$x_i = \frac{n_i}{\sum_{j=1}^N n_j}$$

$$\sum_i x_i = 1$$

Hmotnostní zlomek:

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_{j=1}^n m_j} \quad \sum w_i = 1$$

Objemový zlomek:

$$\phi_i = \frac{V_i}{\sum V_j} \quad \sum \phi_i = 1$$

Obecně: $x_i \neq w_i \neq \phi_i$

Procenta: mol.? hm.? obj.?
Musí být specifikováno

Látková (molární) koncentrace (někdy také „koncentrace látkového množství“):

$$c_i = \frac{n_i}{V} \quad \left[\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right]$$

Molalita:

$$\underline{m}_i = \frac{n_i}{m_{\text{rozpouštědlo}}} \quad \left[\frac{\text{mol}}{\text{kg}} \right]$$

Střední molární hmotnost:

$$\overline{M} = \sum_i x_i M_i$$

Přepočet hmotnostního zlomku na molární zlomek:

• $w_i \rightarrow x_i$

$$x_i = \frac{n_i}{\sum_j n_j} = \frac{\frac{w_i}{M_i} \frac{1}{m}}{\sum_j \frac{w_j}{M_j} \frac{1}{m}} = \frac{\frac{w_i}{M_i}}{\sum_j \frac{w_j}{M_j}}$$

Přepočet molárního zlomku na hmotnostní zlomek:

• $x_i \rightarrow w_i$

$$w_i = \frac{x_i M_i}{\sum_j x_j M_j}$$

8. Výpočet složení v různých jednotkách

V 1 kg vody byl rozpuštěn 1 mol chloridu sodného. Hustota vzniklého roztoku je $\rho = 1,05 \text{ g cm}^{-3}$.

Vypočtěte: (a) molalitu NaCl, (b) látkovou koncentraci NaCl, (c) látkovou koncentraci vody, (d) molární zlomek NaCl v roztoku (předpokládejte $M_{\text{NaCl}} = 58,5 \text{ g mol}^{-1}$, $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g mol}^{-1}$).

$$\text{NaCl} \dots (1) \quad n_1 = 1 \text{ mol}$$

$$\text{H}_2\text{O} \dots (2) \quad m_2 = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$$

$$a) \quad m_1 = \frac{n_1}{m_2} = \frac{1}{1} = 1 \text{ mol kg}^{-1}$$

$$b) \quad c_1 = \frac{n_1}{V} = \frac{1}{1,0081} = 0,992 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$V: \quad \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{m_1 + m_2}{\rho} = \frac{n_1 M_1 + m_2}{\rho} = \frac{1 \cdot 58,5 + 1000}{1,05} = 1008,1 \text{ cm}^3 = 1,0081 \text{ dm}^3$$

V 1 kg vody byl rozpuštěn 1 mol chloridu sodného. Hustota vzniklého roztoku je $\rho = 1,05 \text{ g cm}^{-3}$. Vypočtěte: (a) molalitu NaCl, (b) látkovou koncentraci NaCl, (c) látkovou koncentraci vody, (d) molární zlomek NaCl v roztoku (předpokládejte $M_{\text{NaCl}} = 58,5 \text{ g mol}^{-1}$, $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g mol}^{-1}$).

$$(c) \quad C_2 = \frac{n_2}{V} = \frac{\frac{m_2}{M_2}}{V} = \frac{\frac{1000}{18}}{1,0081} = 55,1 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$(d) \quad x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{n_1}{n_1 + \frac{m_2}{M_2}} = \frac{1}{1 + \frac{1000}{18}} = 0,0177$$

$$\Rightarrow 1,77 \text{ mol}\%$$

P2

Příprava roztoku pomocí odměrného válce

Vypočítejte, jaké objemy čistého methanolu (1) a benzenu (2) je třeba smíchat, abychom získali 1000 cm³ roztoku, který má (a) 30 hm.% methanolu, (b) látkovou koncentraci methanolu $c_1 = 2 \text{ mol dm}^{-3}$. Předpokládejte, že při míšení látek nedochází ke změně objemu.

Data: $M_1 = 32 \text{ g mol}^{-1}$, $M_2 = 78 \text{ g mol}^{-1}$, $\rho_1^* = 0,7912 \text{ g cm}^{-3}$, $\rho_2^* = 0,8789 \text{ g cm}^{-3}$.

$$a) \quad V = 1000 \text{ cm}^3$$

$$\rho_1^*, \rho_2^*$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$$

$$w_1 = 0,30 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} = \frac{\rho_1^* V_1^*}{\rho_1^* V_1^* + \rho_2^* V_2^*}$$

$$V_1^* + V_2^* = V \Rightarrow V_2^* = V - V_1^*$$

$$\frac{\rho_1^* V_1^*}{\rho_1^* V_1^* + \rho_2^* (V - V_1^*)} = w_1$$

$$\Rightarrow \rho_1^* V_1^* = w_1 \rho_1^* V_1^* + w_1 \rho_2^* V - w_1 \rho_2^* V_1^*$$

$$V_1^* (\rho_1^* - w_1 \rho_1^* + w_1 \rho_2^*) = w_1 \rho_2^* V$$

$$V_1^* = 322,15 \text{ cm}^3$$

$$V_2^* = V - V_1^* = 677,5 \text{ cm}^3$$

Příprava roztoku pomocí odměrného válce

Vypočítejte, jaké objemy čistého methanolu (1) a benzenu (2) je třeba smíchat, abychom získali 1000 cm³ roztoku, který má (a) 30 hm.% methanolu, (b) látkovou koncentraci methanolu $c_1 = 2 \text{ mol dm}^{-3}$. Předpokládejte, že při míšení látek nedochází ke změně objemu.

Data: $M_1 = 32 \text{ g mol}^{-1}$, $M_2 = 78 \text{ g mol}^{-1}$, $\rho_1^* = 0,7912 \text{ g cm}^{-3}$, $\rho_2^* = 0,8789 \text{ g cm}^{-3}$.

$$b) \quad c_1 = 2 \text{ mol dm}^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol cm}^{-3}$$

$$c_1 = \frac{m_1}{V} = \frac{\frac{m_1}{M_1}}{\frac{V}{M_1}} = \frac{\rho_1^* V_1^*}{\frac{M_1}{V}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol cm}^{-3}$$

$$V_1^* = \frac{c_1 V M_1}{\rho_1^*} = 80,9 \text{ cm}^3 \quad V_2^* = V - V_1^*$$

P3

Uvažujte vzduch o složení 21 mol. % kyslíku a 79 mol. % dusíku. Jakému počtu molů odpovídá 1 kg vzduchu? Jaké je složení vzduchu v **hmotnostních** zlomcích? Molární hmotnosti: $O_2 = 32 \text{ g mol}^{-1}$, $N_2 = 28 \text{ g mol}^{-1}$.

$$m_{\text{vzd}} = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$$

$$x_{O_2} = 0,21$$

$$x_{N_2} = 0,79$$

$$n = ?$$

$$n = \frac{m_{\text{vzd}}}{\bar{M}_{\text{vzd}}} = \frac{1000}{28,84} = 35 \text{ mol}$$

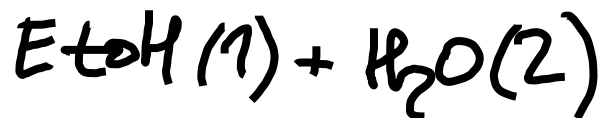
$$\bar{M}_{\text{vzd}} = \sum x_i M_i = x_{O_2} M_{O_2} + x_{N_2} M_{N_2} = 28,84 \text{ g mol}^{-1}$$

$$w_i = \frac{x_i M_i}{\sum x_j M_j}$$

$$w_{O_2} = \frac{x_{O_2} M_{O_2}}{x_{O_2} M_{O_2} + x_{N_2} M_{N_2}} = 0,233 \Rightarrow 23,3 \text{ hm \%}$$

17. Přepočet objemových procent na hmotnostní

Obsah ethanolu v pivu se vyjadřuje v objemových procentech. Má-li pivo 5 obj.% ethanolu, určete obsah $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ($M = 46 \text{ g mol}^{-1}$) v hmotnostních procentech. Počítejte s hustotou ethanolu $0,789 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,000 \text{ g cm}^{-3}$ u vody



$$\phi_1 = 0,05$$

$$\phi_1 = \frac{V_1}{V} \Rightarrow V_1 = \phi_1 \cdot V$$

$$\phi_2 = 1 - \phi_1$$

$$w_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2} = \frac{\cancel{\rho_1} \phi_1 \cancel{V}}{\cancel{\rho_1} \phi_1 \cancel{V} + \cancel{\rho_2} \phi_2 \cancel{V}} = \frac{\rho_1 \phi_1}{\rho_1 \phi_1 + \rho_2 (1 - \phi_1)}$$

$$= \frac{0,789 \cdot 0,05}{0,789 \cdot 0,05 + 1,000(1 - 0,05)} = 0,0399 \Rightarrow 4 \text{ hm. \%}$$

Doporučený domácí úkol:

Ředění kyseliny

Do půllitrové odměrné baňky bylo odpipetováno 10 cm^3 96%ní kyseliny dusičné (hmotnostní procenta) a doplněno vodou. Vypočítejte látkovou koncentraci kyseliny dusičné v tomto roztoku. Hustota použité 96%ní kyseliny byla $1,27\text{ g.cm}^{-3}$. Molární hmotnost kyseliny dusičné je 63 g.mol^{-1} .

$$[c_{\text{HNO}_3} = 0,387\text{ mol dm}^{-3}]$$

2. Stavové chování, ideální plyn

Stavy systému, stavové proměnné:

$$T, P, V, n$$

$$f(T, P, V, n) = 0$$

Stavová rovnice ideálního plynu:

$$pV = nRT$$

p ... tlak [Pa]

V ... objem [m^3]

n ... látk. množ. [mol]

R ... univ. plyn. konst. [$\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$] $R = 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$

T ... termodyn. tepl. [K] $T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15$

Předpoklady modelu ideálního plynu:

- Částice (atomy, molekuly) jsou hmotné body – nemají vlastní objem
- Částice na sebe nepůsobí žádnými silami

Stavová rovnice ideálního plynu: rozbor

$$pV = nRT$$

$$1) V_m = \frac{V}{n} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \right]$$

$$p \frac{V}{n} = RT \Rightarrow p V_m = RT$$

$$2) \rho = \frac{m}{V}$$

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow p = \frac{\frac{m}{V}}{M} RT = \frac{\rho}{M} RT$$

3) Korespondující jednotky p a V :

$$\text{Pa} \sim \text{m}^3$$

$$\text{kPa} \sim \text{dm}^3$$

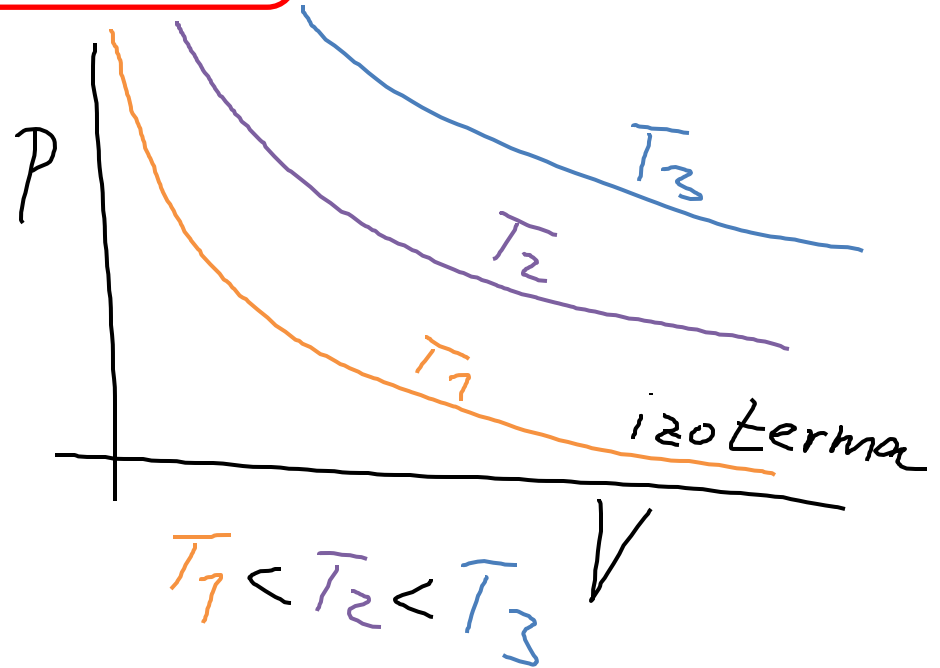
$$\text{MPa} \sim \text{cm}^3$$

Stavová rovnice ideálního plynu: rozbor

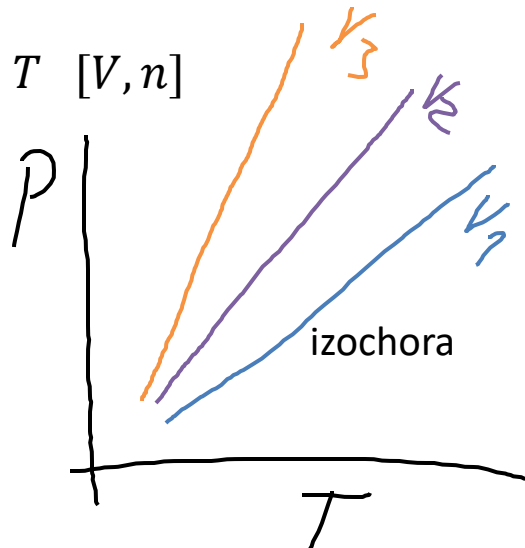
$$pV = nRT$$

- $p \propto \frac{1}{V}$
[T, n]

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



- $p \propto T$ [V, n]



$$V_1 > V_2 > V_3$$

1. Stavová rovnice ideálního plynu

Uvažujme určité množství ideálního plynu při výchozí teplotě 20°C a tlaku 100 kPa . Vypočtete:

(a) Při jakém tlaku bude plyn za dané teploty vykazovat poloviční objem?

(b) Na jakou teplotu by bylo nutno ochladit původně přítomné množství plynu (za konstantního tlaku), aby se jeho objem zmenšil na 75% původní hodnoty.

$$T_1 = 273,15 + 20 = 293,15\text{ K}$$

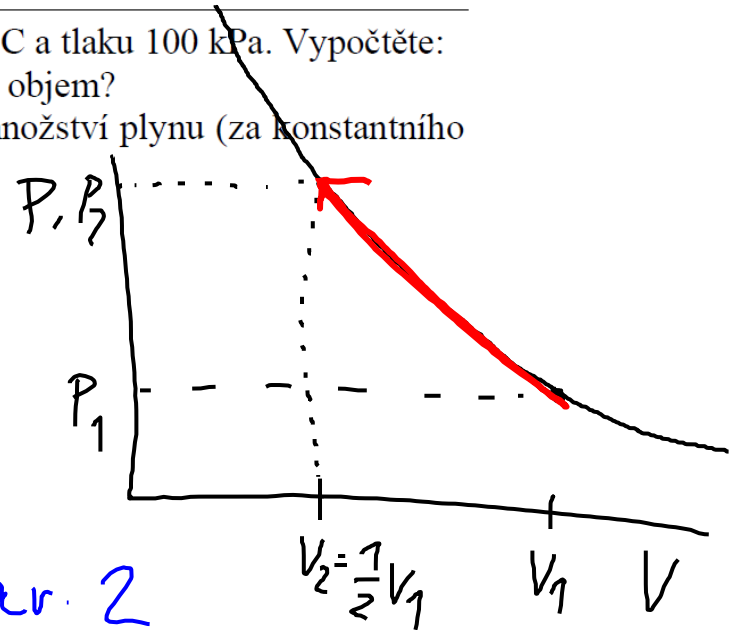
$$P_1 = 100\text{ kPa}$$

a) Var. 1

$$V_2 = \frac{1}{2} V_1$$

$$\frac{\cancel{n_2 R T_2}}{P_2} = \frac{1}{2} \frac{\cancel{n_1 R T_1}}{P_1}$$

$$P_2 = 2 P_1 = 2 \cdot 100 = 200\text{ kPa}$$



Var. 2

- ① $P_1 V_1 = n_1 R T_1$
- ② $P_2 V_2 = n_2 R T_2$

$$\frac{①}{②} = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{\cancel{n_1 R T_1}}{\cancel{n_2 R T_2}}$$

$$\cancel{P_1 V_1} = \cancel{P_2 V_2} = P_2 \frac{1}{2} \cancel{V_1}$$

$$P_2 = 2 P_1$$

1. Stavová rovnice ideálního plynu

Uvažujme určité množství ideálního plynu při výchozí teplotě 20°C a tlaku 100 kPa. Vypočtete:

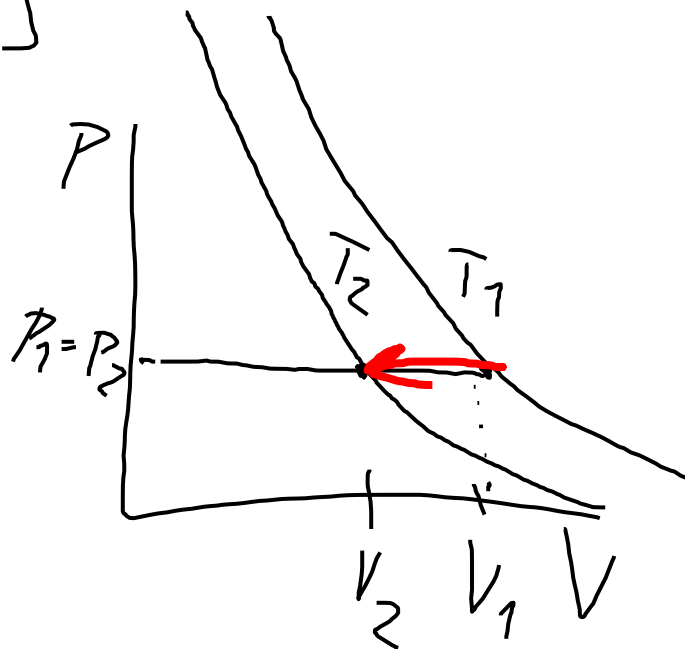
(a) Při jakém tlaku bude plyn za dané teploty vykazovat poloviční objem?

(b) Na jakou teplotu by bylo nutno ochladit původně přítomné množství plynu (za konstantního tlaku), aby se jeho objem zmenšil na 75% původní hodnoty.

$$b) T_2 = ?$$

$$V_2 = 0,75 V_1$$

[P]



Var. 2

①

②

$$\frac{P_1 V_1 = n_1 R T_1}{P_2 V_2 = n_2 R T_2}$$

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

$$= T_1 \frac{0,75 V_1}{V_1} =$$

$$= 220 \text{ K}$$