Fyzikální chemie I

19.9.2025

Martin Klajmon
Budova B, místnost ZB4-06 (4312), martin.klajmon@vscht.cz

Podmínky pro udělení zápočtu:

- 2 testy na cvičeních: 6. a 11. týden (24.10. a 28.11.)
- Každý test: 4 výpočetní příklady; 60 minut; max. 100 bodů
- Zápočet: průměr z testů alespoň 49 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 21.11. (10. týden) odpadá – rektorský den
- Příští týden – Ing. Pavliš

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:

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

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

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

$[n]$ = mol

Hustota:

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

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

Molární zlomek:

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

$$\sum_i x_i = 1$$

Hmotnostní zlomek:

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

Objemový zlomek:

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

Obecně: $x_i \neq w_i \neq \phi_i$

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

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

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

Molalita:

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

Střední molární hmotnost:

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

Přepočet hmotnostního zlomku na molární zlomek:

- $w_i \longrightarrow x_i$

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

(w_i = $\frac{m_i}{m}$)

Přepočet molárního zlomku na hmotnostní zlomek:

- $x_i \longrightarrow w_i$

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

P1

8. Výpočet složení v různých jednotkách

V 1 kg vody byl rozpuštěn 1 mol chloridu sodného. Hustota vzniklého roztoku je $\rho = 1{,}05\ \mathrm{g\ cm^{-3}}$. Vypočtěte: (a) molalitu NaCl, (b) látkovou koncentraci NaCl, (c) látkovou koncentraci vody, (d) molární zlomek NaCl v roztoku (předpokládejte $M_{NaCl} = 58{,}5\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$, $M_{H_2O} = 18\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$) .

NaCl ... (1) $n_1 = 1\ \mathrm{mol}$

H_2O ... (2) $m_2 = 1\ \mathrm{kg} = 1000\ \mathrm{g}$

a) $\underline{m}_1 = \frac{n_1}{m_2} = \frac{1}{1} = 1\ \mathrm{mol\ kg^{-1}}$

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

V: $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{m_1 + m_2}{\rho} = \frac{n_1 M_1 + m_2}{\rho} = \frac{1 \cdot 58{,}5 + 1000}{1{,}05} =$

$= 1008{,}1\ \mathrm{cm^3} = 1{,}0081\ \mathrm{dm^3}$

P1

8. Výpočet složení v různých jednotkách

V 1 kg vody byl rozpuštěn 1 mol chloridu sodného. Hustota vzniklého roztoku je $\rho = 1{,}05\ \mathrm{g\ cm^{-3}}$. Vypočtěte: (a) molalitu NaCl, (b) látkovou koncentraci NaCl, (c) látkovou koncentraci vody, (d) molární zlomek NaCl v roztoku (předpokládejte $M_{NaCl} = 58{,}5\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$, $M_{H_2O} = 18\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$) .

(c) $$c_2 = \frac{n_2}{V} = \frac{\frac{m_2}{M_2}}{V} = \frac{\frac{1000}{18}}{1{,}0081} = 55{,}1\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$$

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

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

P2

Příprava roztoku pomocí odměrného válce

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

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

a) $V = 1000\ cm^3$

ρ_1^*, ρ_2^*

$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m_1 = \rho \cdot V$

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

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

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

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

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

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

P2

Příprava roztoku pomocí odměrného válce

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

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

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

$$c_1 = \frac{n_1}{V} = \frac{\frac{m_1}{M_1}}{V} = \boxed{\frac{\frac{\rho_1 V_1^\bullet}{M_1}}{V} = 2 \cdot 10^{-3}\ mol\ cm^{-3}}$$

$$V_1^\bullet = \frac{c_1 V M_1}{\rho_1} = 80{,}9\ cm^3 \qquad V_2^\bullet = V - V_1^\bullet$$

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 g mol^{-1}, N_2 = 28 g mol^{-1}.

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

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

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

$n = ?$

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

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

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

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

P4

17. Přepočet objemových procent na hmotnostní

Obsah ethanolu v pivu se vyjadřuje v objemových procentech. Má-li pivo 5 obj.% ethanolu, určete obsah C_2H_5OH ($M = 46$ g mol^{-1}) v hmotnostních procentech. Počítejte s hustotou ethanolu 0,789 g cm^{-3} a 1,000 g cm^{-3} u vody

EtOH (1) + H_2O (2)

$\phi_1 = 0{,}05$

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

$\phi_2 = 1 - \phi_1$

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

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

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 $g.cm^{-3}$. Molární hmotnost kyseliny dusičné je 63 $g.mol^{-1}$.

[c_{HNO3} = 0,387 mol dm^{-3}]

2. Stavové chování, ideální plyn

Stavy systému, stavové proměnné:

T, p, V, n $\quad f(T, p, V, n) = 0$

Stavová rovnice ideálního plynu:

$$pV = nRT$$

p ... tlak [Pa]

V ... objem [m^3]

n ... látk. množ. [mol]

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

T ... termodyn. tepl. [K] $T(K) = t(°C) + 273{,}15$

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

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

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

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

3) Korespondující jednotky *P* a *V*:

$Pa \sim m^3$

$kPa \sim dm^3$

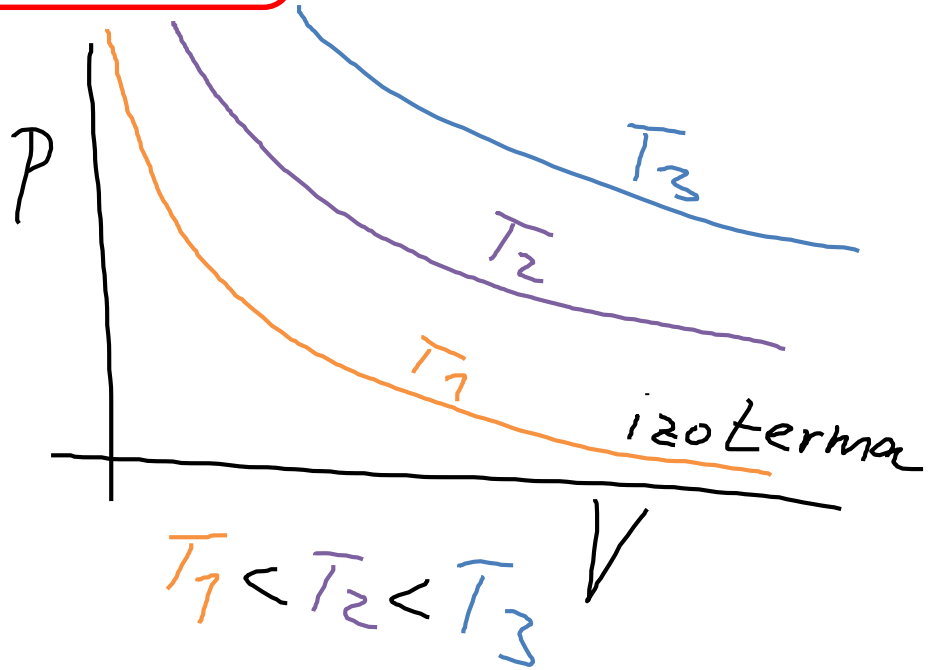
$MPa \sim cm^3$

Stavová rovnice ideálního plynu: rozbor

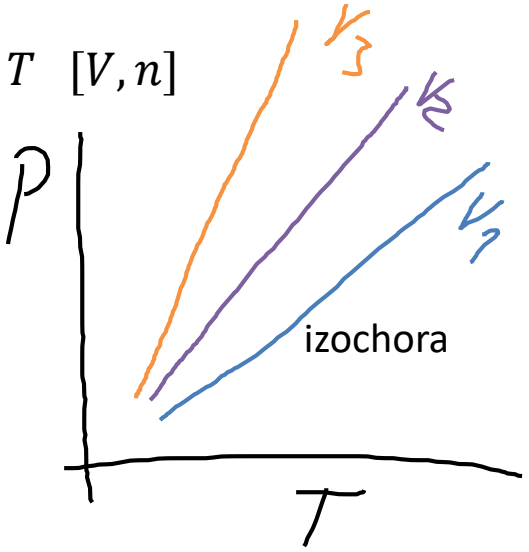
$$pV = nRT$$

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

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



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

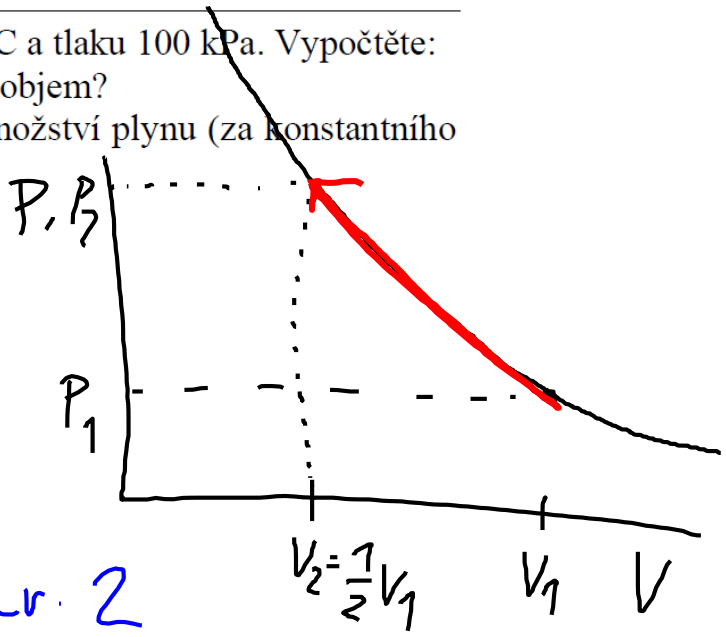


$V_1 > V_2 > V_3$

P5

1. Stavová rovnice ideálního plynu

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



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

$p_1 = 100\ kPa$

a)

Var. 1

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

$\frac{n_2 R T_2}{p_2} = \frac{1}{2} \frac{n_1 R T_1}{p_1}$

$p_2 = 2 p_1 = 2 \cdot 100 = 200\ kPa$

Var. 2

① $p_1 V_1 = n_1 R T_1$

② $p_2 V_2 = n_2 R T_2$

$\frac{①}{②} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{n_1 R T_1}{n_2 R T_2}$

$p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_2 \frac{1}{2} V_1$

$p_2 = 2 p_1$

P5

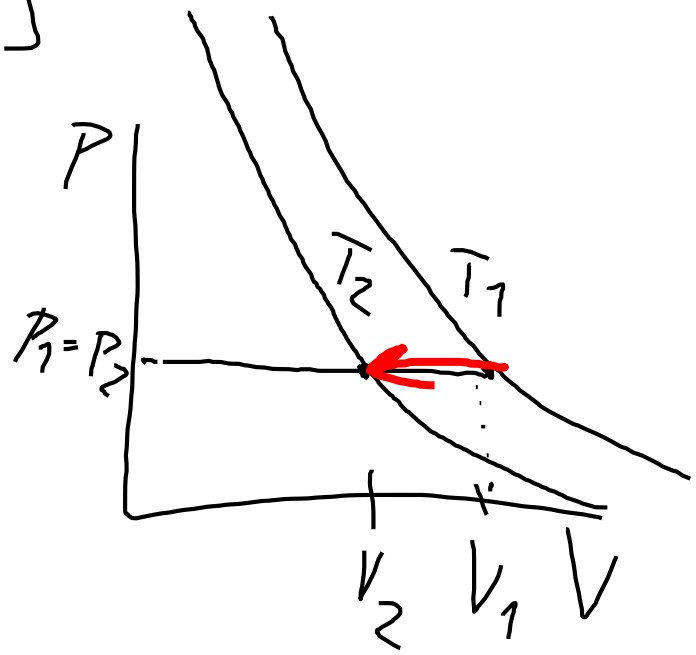
1. Stavová rovnice ideálního plynu

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

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{n_1 R T_1}{n_2 R T_2} \quad \begin{matrix}(1)\\(2)\end{matrix}$$

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

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

$$= 220\,K$$