

Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta



Vzdělávací ikurz pro budoucí chemiky

Řešení úkolů 1. série

16. ročník (2025/2026)

S1 – Čím bys chtěl/a být, až vyrosteš? (první úvodní úloha)

Autor: Vojtěch Langer (e-mail: 578944@mail.muni.cz)

5 bodů

Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity

1. Albert Einstein, 1905. Broglie později vztáhl tuto hypotézu na všechny částice a věnoval se přímo duálnímu charakteru. To ale nemění nic na tom, že prvním byl Einstein se svým fotoelektrickým jevem.

(0,5 b.)

2. Částicový charakter – např. působení gravitační síly a magnetického pole, ...
Vlnový charakter – difrakce elektronů, dvouštěrbinový experiment, ...

(1,0 b.)

3. Valenční elektrony.

(0,5 b.)

4. Diboran. Obsahuje formálně dvou vazný vodík a čtyřvazný bor. Zejména dvojevazný vodík se vymyká. Tato sloučenina obsahuje tzv. třícenterní dvouelektronovou vazbu.

V řešeních jste často uváděli NO či CO, ale ani jedna tato molekula nepřekračuje možnosti vaznosti, které jí poskytují její orbitály. CO dokonce splňuje oktet. Dále se často uvádělo BF₃ s odkazem na oktet. Je důležité si ale uvědomit, že oktet je spíše pomůcka než pravidlo. Oktet neplatí vždy a nelze se na něj spoléhat. Bor v této sloučenině opět nepřekračuje možnosti vaznosti, jelikož tři vazby tvoří díky svému excitovanému stavu (3 nepárové elektrony).

(0,5 b.)

5. Energie vazebného MO nedokáže vyrovnat energii protivazebného MO, jelikož je též obsazený.

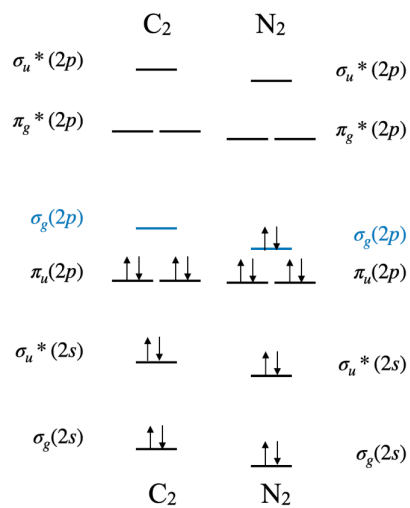
Uznáváno i vysvětlení založené na řádu vazby. Uznáváno i vyrovnání energií dvou MO, i když to neodpovídá skutečnosti.

(1,0 b.)

6. Highest Occupied Molecular Orbital – HOMO.

(0,5 b.)

7. Na základě analýzy molekulových orbitalů vzniklých z valenčních atomových orbitalů můžeme pozorovat dřívější zaplnění π -vazebných molekulových orbitalů elektrony za vzniku dvou π -vazeb u molekuly C₂. V molekule N₂, tedy s dalšími dvěma valenčními elektrony navíc, lze vidět následné zaplnění σ -vazebného molekulového orbitalu, a tedy tvorbu σ -vazby. Tudíž toto tvrzení není vždy pravdivé, může docházet ke vzniku vazeb i v obráceném pořadí než uvádí dané tvrzení.



(1,0 b.)

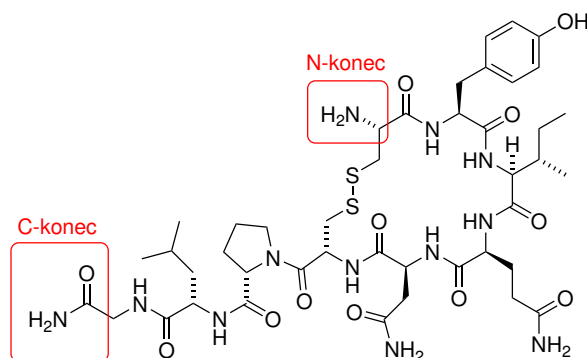
S2 – Láaska pod napětím (druhá úvodní úloha)

Autor: Michal Jaroš (e-mail: 562629@mail.muni.cz)

5 bodů

Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity

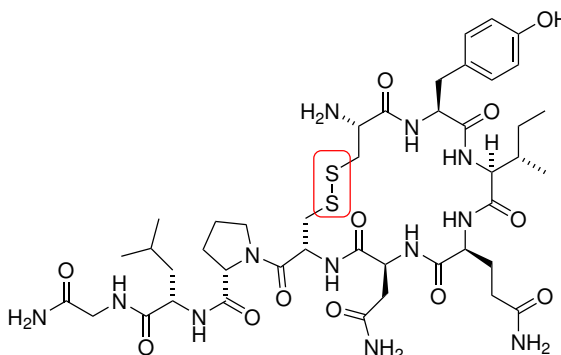
1. Řešení:



Navázána je amidová skupina $-\text{CONH}_2$.

(1,0 b.)

2. Řešení:



Jde o disulfidický můstek (SS-můstek). Vzniká mezi dvěma cysteiny. Možná činidla jsou například β -merkaptoethanol nebo dithiothreitol. Dá se však přistoupit i k enzymatickému řešení, a sice za použití glutaredoxinu, či je možné využít redukčního činidla TCEP (tris(2-karboxyethyl)fosfin) hojně využívaného v molekulární biologii.

(1,0 b.)

3. Cys – Tyr – Ile – Gln – Asn – Cys – Pro – Leu – Gly – $(\text{CO})\text{NH}_2$.

(1,0 b.)

4. Při $\text{pH} = 5$ bude mít náboj pouze skupina N-koncová skupina $-\text{NH}_2$ protonizovaná na $-\text{NH}_3^+$. Ostatní aminokyseliny náboj neponesou. Celkový náboj peptidu bude tak +1 a bude migrovat ke katodě.

Při $\text{pH} = 12$ bude N-koncová skupina $-\text{NH}_2$ již deprotonována. Postranní řetězec tyrosinu bude deprotonován na fenyl- O^- . Celkový náboj peptidu tak bude -1 a bude migrovat k anodě.

(1,0 b.)

5. Při $\text{pH} = 5$ nebude docházet k žádné změně. $-\text{SH}$ skupina zůstane protonizována.

Při $\text{pH} = 12$ budou obě $-\text{SH}$ skupiny deprotonovány a každá bude přispívat jedním záporným nábojem do celkového náboje peptidu. Náboj peptidu tak bude roven -3 a bude migrovat rychleji než bez rozrušení disulfidické vazby.

Pozn. Při rozrušení disulfidické vazby stoupne $\text{p}K_{a2}$ N-koncového cysteinu na hodnotu okolo 9 z důvodu vyšší míry solvatace.

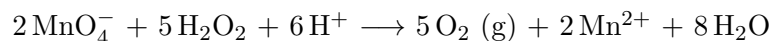
(1,0 b.)

A1 – Manganometrie třikrát jinakAutor: *Maxmilián Vlk*

15 bodů

*(e-mail: 521593@mail.muni.cz)**Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity*

1. Řešení:

**(0,5 b.)**

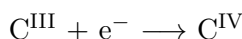
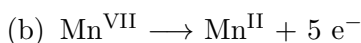
2. Řešení:

- (a) V neutrálním prostředí probíhá reakce pomalu a srážející se MnO_2 (burel) tvoří tmavý zákal. V kyselém prostředí je reakce rychlá a v bodě ekvivalence dochází ke značné vizuální změně (čirá \rightarrow fialová). Kyselá stanovení jsou tak jednodušší a chyba způsobená špatným odhadem konce titrace je nižší. Teoreticky lze okrajově i uvažovat, že tvořící sraženina může mít tendenci strhávat část analytu a snižovat tím správnost stanovení (významnější u malých analytů).
- (b) Důvodem je kinetika reakce. Pro mnohé analyty jsou za zvolených podmínek termodynamicky možné ($\Delta G^\circ < 0$) obě reakce, ale redukce manganistanu na Mn^{2+} probíhá výrazně rychleji. Je to způsobeno autokatalytickým účinkem vznikajícího produktu (Mn^{2+} iontů) a snadnější dostupností reaktantů – H_3O^+ je značně lepším donorem protonů než H_2O . Díky vyšší rychlosti a efektivitě reakce je tak pomalejší redukce KMnO_4 na MnO_2 potlačena.
- (c) Při stanovení dochází k tvorbě sraženiny MnO_2 , která sorbuje na svůj povrch/strhává z roztoku ionty Mn^{2+} . Přídavkem nadbytku Zn^{2+} se výrazně snižuje chyba stanovení způsobená zablokováním části analytu Mn^{2+} sraženinou.

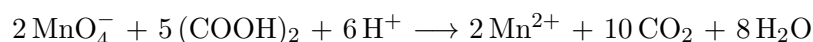
(1,0 b. + 1,0 b. + 1,5 b.)

3. Řešení:

- (a) Manganistan draselný není tzv. základní látkou a kvůli své nestabilitě nemá v čase stálé vlastnosti. Pro určení přesné koncentrace se tedy provádí standardizace – proces, kdy připravenému roztoku přiřadíme přesnou koncentraci skrze jinou látku, standard, který má přesně definované vlastnosti, které se s časem nemění.



- (c) Rovnice reakce:

**(1,0 b. + 1,0 b. + 0,5 b.)**

4. Řešení:

(a)

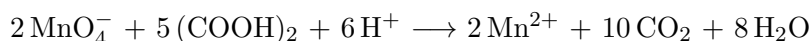
$$\text{pH} = -\log c_{\text{H}^+} = -\log \left(\frac{0,05 \cdot 2 \cdot 10}{100} \right) = 2$$

(b) Kapka KMnO_4 se během zahřívání zredukuje na Mn^{2+} , který je autokatalyzátorem. Při následné titraci se roztok odbarvuje během jednotek sekund. Pokud by se před zahřátím nepřidalo malé množství KMnO_4 , v reakci by nebyl připraven žádný katalyzátor a počáteční přídavky manganistanu by se odbarvovaly mnohem déle. S rostoucí dobou roste riziko vedlejších reakcí, což v případě množství větší jak jedna kapka může vést ke značné chybě stanovení.

(c)

$$c_{(\text{COOH})_2} = \frac{n}{V} = \frac{m \cdot M}{V}$$

$$c_{(\text{COOH})_2} = \frac{0,9782 \text{ g}}{126,06 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,1 \text{ l}} = 0,07760 \text{ mol/l}$$



$$n_{\text{MnO}_4^-} = \frac{2}{5} \cdot n_{(\text{COOH})_2}$$

$$c_{\text{MnO}_4^-} = \frac{2}{5} \cdot \frac{c_{(\text{COOH})_2} \cdot V_{(\text{COOH})_2}}{V_{\text{MnO}_4^-}}$$

$$\bar{V}_{\text{MnO}_4^-} = \frac{(12,75 + 12,60 + 12,65) \text{ ml}}{3} = 12,67 \text{ ml}$$

$$c_{\text{MnO}_4^-} = \frac{2}{5} \cdot \frac{0,07760 \text{ mol/l} \cdot 0,0200 \text{ l}}{0,01267 \text{ l}} = 0,04901 \text{ mol/l}$$

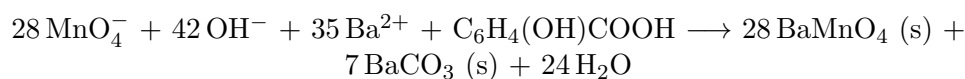
(0,5 b. + 1,0 b. + 2 b.)

5. Řešení:

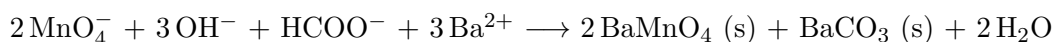
(a)

$$n = c \cdot V = 0,04901 \text{ mol/l} \cdot 25 \times 10^{-3} \text{ l} = 1,225 \times 10^{-3} \text{ mol} = 1,225 \text{ mmol}$$

(b) Nejprve si vyřešíme stechiometrii reakce analytu a manganistanu v nadbytku a poté zpětné titrace zbytku manganistanu mravenčanem.



$$n_{\text{MnO}_4^-} = 28 \cdot n_{\text{šťavelová}}$$



$$n_{\text{MnO}_4^-} = 2 \cdot n_{\text{HCOO}^-}$$

Dále vyjádříme princip zpětné titrace pomocí rovnice:

$$n_{\text{MnO}_4^-} (\text{nadbytek}) = n_{\text{MnO}_4^-} (\text{analyt}) + n_{\text{MnO}_4^-} (\text{mravenčan})$$

kde víme, že nadbytek manganistanu jsme pipetovali, mravenčanem titrovali a analyt, ten chceme zjistit pomocí vzájemného úbytku. Jednoduchou úpravou vyjádříme množství analytu a přidáme ještě faktor násobící výsledek podle ředění vzorku.

$$n_{\text{MnO}_4^-} (\text{analyt}) = \left(n_{\text{MnO}_4^-} (\text{nadbytek}) - n_{\text{MnO}_4^-} (\text{mravenčan}) \right) \cdot f_{\text{zř}}$$

Nyní do rovnice dosadíme vyjádřené stechiometrie, upravíme a dosadíme známé hodnoty:

$$28 \cdot n_{\text{šťavelová}} = \left(n_{\text{MnO}_4^-} - 2 \cdot n_{\text{HCOO}^-} \right) \cdot f_{\text{zř}}$$

$$28 \cdot \frac{m_{\text{šťavelová}}}{M_{\text{šťavelová}}} = \left(c_{\text{MnO}_4^-} \cdot V_{\text{MnO}_4^-} - 2 \cdot c_{\text{HCOO}^-} \cdot \bar{V}_{\text{HCOO}^-} \right) \cdot \frac{V_{\text{odměrná baňka}}}{V_{\text{pipeta}}}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{šťavelová}} &= \frac{1}{28} \cdot \left(c_{\text{MnO}_4^-} \cdot V_{\text{MnO}_4^-} - 2 \cdot c_{\text{HCOO}^-} \cdot \bar{V}_{\text{HCOO}^-} \right) \cdot \frac{V_{\text{odměrná baňka}}}{V_{\text{pipeta}}} \cdot M_{\text{šťavelová}} = \\ &= \frac{1}{28} \cdot \left(0,04901 \text{ mol/l} \cdot 0,02500 \text{ l} - 2 \cdot 0,02010 \text{ mol/l} \cdot 0,01020 \times 10^{-3} \text{ l} \right) \cdot \frac{250 \text{ ml}}{20 \text{ ml}} \cdot 139,12 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$m_{\text{šťavelová}} = 50,27 \times 10^{-3} \text{ g} = 50,27 \text{ mg}$$

Ještě zbývá procentuální obsah:

$$w_{\%} = \frac{m_{\text{analyt}}}{m_{\text{vzorek}}} \cdot 100 \% = \frac{50,27 \times 10^{-3} \text{ g}}{10,0912 \text{ g}} \cdot 100 \% = 0,4981 \%$$

Zjistili jsme, že odebrané množství vzorku obsahuje 50,27 mg kyseliny salicylové, což odpovídá 0,4981 % hmotnosti vzorku.

- (c) Poměr stanoveného a deklarovaného procentuálního obsahu analytu snížíme o 100 % pro získání jednoduché odchylky a poté porovnáme s maximální přípustnou hodnotou pro odchylku.

$$s_{\%} = \left(\frac{w_{\%} (\text{stanoveno})}{w_{\%} (\text{deklarováno})} - 1 \right) \cdot 100 \% = \left(\frac{0,4981 \%}{0,5 \%} - 1 \right) \cdot 100 \% = -0,3780 \%$$

$$| -0,3780 \% | < 5 \%$$

$$|s_{\%}| < s_{\%, \text{max}}$$

Zjištěný obsah byl odchýlen od deklarované hodnoty o $-0,3780 \%$ a tedy produkt splňuje maximální přípustnou odchylku (5 % hm.)

(1,0 + 2,0 b. + 2,0 b.)

B1 – První fáze, druhá fáze, třetí pěkně vedle ní...

Autor: Radim Štůsek (e-mail: 499262@mail.muni.cz)

15 bodů

Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity

Úkol 1:

D) Není fází, neboť sklo je závislé na způsobu přípravy, neplatí, že by uvnitř něho byly při stejné teplotě a tlaku stejné intenzivní vlastnosti.

F) Není makroskopicky homogenní.

(1,0 b.)

Úkol 2: Nadmořská výška pro obě hory a tlak v příslušné nadmořské výšce i s teplotou varu jsou uvedeny v tabulce níže. Pro výpočet byla použita hodnota hustoty vzduchu při 0 °C ($\rho = 1,296 \text{ kg/m}^3$).

Hora	h / m	p / kPa	$T / ^\circ\text{C}$
Sněžka	1602	82,25	94,34
Gerlach	2655	72,15	90,79

Jednotka koeficientu C musí být $^\circ\text{C}$, jelikož ho sčítáme s teplotou. Koeficient A bude bezrozměrný, protože bychom ho mohli odčítat od dekadického logaritmu, který je ovšem sám bezrozměrný. Jednotka koeficientu B bude poté $^\circ\text{C}^{-1}$, abychom dosáhli toho, že celý zlomek bude opět bezrozměrný.

(3,0 b.)
Úkol 3:

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{0,613 - 101,325 \text{ kPa}}{273,16 - 273,15 \text{ } ^\circ\text{C}} = -10,07 \frac{\text{MPa}}{^\circ\text{C}}$$

(2,0 b.)

Úkol 4: Nejdříve stanovíme hodnotu změny molárního objemu ΔV_m .

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_m}{\Delta V_m T}$$

$$\Delta V_m = \frac{\Delta H_m}{T} \left(\frac{dp}{dT} \right)^{-1}$$

Využijeme hodnotu směrnice z předchozí úlohy. Jako hodnotu entalpie budeme užívat $-6,01 \text{ kJ/mol}$.

$$\Delta V_m = 0,0022 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

Upravíme rovnici pro změnu objemu:

$$\Delta V_m = V_{m,s} - V_{m,l}$$

$$\Delta V_m = \frac{m}{\rho_s \cdot n} - \frac{m}{\rho_l \cdot n} = \frac{M}{\rho_s} - \frac{M}{\rho_l}$$

$$\frac{\Delta V_m}{M} = \frac{1}{\rho_s} - \frac{1}{\rho_l}$$

$$\frac{\Delta V_m}{M} + \frac{1}{\rho_l} = \frac{1}{\rho_s}$$

$$\frac{\Delta V_m \rho_l + M}{M \rho_l} = \frac{1}{\rho_s}$$

$$\frac{M \rho_l}{\Delta V_m \rho_l + M} = \rho_s$$

$$\rho_s = 0,89 \text{ g ml}^{-1}$$

(3,0 b.)

Úkol 5: Pro změnu molárního objemu během odparu můžeme zapsat:

$$\Delta V_m = V_{m,g} - V_{m,l}$$

Pro molární objem kapaliny jednoduše dopočítáme přes hustotu:

$$\Delta V_m = V_{m,g} - \frac{m}{n \cdot \rho_l}$$

Plyn podle stavové rovnice:

$$\Delta V_m = \frac{RT}{p} - \frac{m}{n \cdot \rho_l}$$

$$\Delta V_m = \frac{RT}{p} - \frac{M}{\rho_l} = 30,60 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

(2,0 b.)

Úkol 6: Vyjdeme z Clausiovy-Clapeyronovy rovnice:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_m}{\Delta V_m T}$$

$$\Delta H_{m, \text{vap}} = \frac{dp}{dT} \cdot \Delta V_{m,g} T$$

Využijeme hodnotu $V_{m,g}$ z předchozího úkolu pro vodu, dostáváme tedy:

$$\Delta H_{m, \text{vap}}(\text{H}_2\text{O}) = 40,65 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Hodnotu $V_{m,g}$ pro diethylether musíme vypočítat znovu pro jeho teplotu varu. Dostáváme potom entalpii:

$$\Delta H_{m, \text{vap}}(\text{Et}_2\text{O}) = 26,03 \text{ kJ mol}^{-1}$$

(2,0 b.)

Úkol 7: Můžeme si pomoci tím, že zapíšeme rovnost:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta p}{\Delta T}$$

$$\Delta p = \frac{dp}{dT} \cdot \Delta T$$

$$\Delta p = 134,6 \frac{\text{bar}}{^{\circ}\text{C}} \cdot 0,65 \text{ } ^{\circ}\text{C} = 87,49 \text{ bar}$$

(2,0 b.)

C1 – Proč dýcháme kyslík?

Autoři: Robin Durník

10 bodů

(e-mail: robin.durnik@recetox.muni.cz)

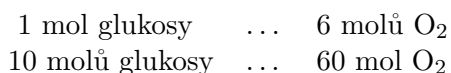
Centrum RECETOX, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity

1. Řešení:

- (a) Dýchací řetězec / respirační řetězec / oxidativní fosforylace / elektronový transportní řetězec. (0,3 b.)
- (b) Voda. (0,3 b.)
- (c) Redukci. (0,3 b.)
- (d) Komplex IV – cytochrom c oxidasa. (0,3 b.)
- (e) Proces se odehrává na vnitřní membráně mitochondrií. (0,3 b.)
- (f) Mezimembránový prostor bude mít vyšší koncentraci protonů – nižší pH – než mitochondriální matrix. (0,3 b.)
- (g) Reactive oxygen species / Reaktivní formy kyslíku (0,3 b.)
- (h) 8-Oxoguanin, guanin. (0,3 b.)

2. Řešení:

- (a) Anaerobní glykolýza; Za pomoci kreatinfosfátu; Adenylátkinasova reakce ($\text{ATP} + \text{AMP} \rightleftharpoons 2\text{ADP}$). (0,7 b.)
- (b) Anaerobní metabolismus glukosy pouze na laktát (jen 2 molekuly ATP). Dýchací řetězec potřebuje kyslík, neproběhne oxidativní fosforylace. (0,7 b.)
- (c) Rovnice reakce:



(0,8 b.)

3. Řešení:

$$n = \frac{w \cdot V}{V_m} = \frac{0,2 \cdot 0,5 \text{ dm}^3}{22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} = 0,00446 \text{ mol} = 4,46 \text{ mmol}$$

(1,5 b.)

4. Řešení:

$$N = N_A \cdot \frac{p \cdot V \cdot w}{R \cdot T} = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 0,2}{8,314 \text{ m}^3 \text{ Pa K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}} = 2,46 \times 10^{21}$$

(2,5 b.)

5. Řešení:

(a) Zvýšená koncentrace CO_2 sníží pH v krvi.



(0,7 b.)

(b) Pokud je pH nízké, pak je vazba hemoglobin-kyslík slabá, naopak s vyšším pH se zvyšuje i síla vazby. Tedy vyšší koncentrace CO_2 vedou ke snížení pH a tím pádem ke snazšímu uvolnění O_2 do tkáně.

(0,7 b.)