



58. ročník

2021/2022

ŠKOLNÍ KOLO

Kategorie E

ŘEŠENÍ TEORETICKÉ ČÁSTI (20 BODŮ)

ANORGANICKÁ CHEMIE

6 BODŮ

Úloha 1 Anorganicko-technologické pojmy

2 body

1) Doplnění křížovky:

1.							K	A	M	E	N	E	C			
2.	K	A	L	C	I	N	A	C	E							
3.			S	I	N	T	R	O	V	Á	N	Í				
4.			A	M	F	I	B	O	L	Y						
5.							O	P	Á	L						
6.						K	R	Y	O	L	I	T				
7.				B	A		U	X	I	T						
8.							N	Í	S	T	Ě	J				
9.			T	R	I		D	Y	M	I	T					
10.				A	L		U	M	I	N	A					
11.			A	L	U		M	I	N	O	T	E	R	M	I	E

Karborundum je karbid křemičitý se vzorcem SiC.

*Za každý správně uvedený název à 0,15 bodu.
Za správně uvedený vzorec karborunda 0,10 bodu.
Za správně uvedený systematický název 0,10 bodu.*

Celkem 2,00 bodu.

Úloha 2 Čištění vody**3 body****1) Příklad textu:**

Úpravou pitné vody se rozumí sled několika kroků, kdy se vychází z co nejméně znečištěné vody tak, aby výsledná voda splňovala požadavky pro pitnou vodu dané zákonem. Po samotném odběru je třeba odstranit hrubé a drobné nečistoty, následně jemné nesedimentující částice. V koagulačních nádržích dochází k zachycování koloidních nesedimentujících částic včetně mikroorganismů, proces nazýváme **koagulace**. Při odstraňování nesedimentujících částic je nejprve třeba upravit pH vody (zpravidla přidavkem Ca(OH)_2). Přidáním (nejčastěji) síranu hlinitého nebo železitého k vodě hovoříme o tzv. **flokulaci**, kdy vzniká příslušný hydroxid tvořící sraženinu, označovanou jako vločkový mrak. **Čiřením** se pak míní vznik sedimentu a jeho částečné odstranění v tzv. čířících. **Filtrace** probíhá zpravidla na pískových filtrech, které jsou vždy zapotřebí nejméně 2 (jeden se čistí a druhý filtruje). Následně je zapotřebí vodu zbavit mikroorganismů, nejčastěji chlorací nebo ozonizací – hovoříme o tzv. **desinfekci**. Vodu je třeba zbavit železa a manganu, dále vhodně upravit pH vody a pitnou vodu distribuovat.

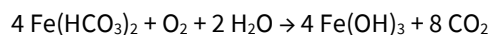
*Za smysluplný text, kde bylo využito všech požadovaných slov **0,50 bodu**.*

2) Negativní vlastnosti:

Hydrogenuhličitanu a sírany Fe^{2+} a Mn^{2+} způsobují především trpkou chuť vody, její zabarvení a podporují tvorbu bakterií.

Za každou správnou vlastnost à 0,10 bodu.

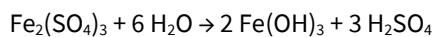
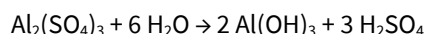
Celkem 0,20 bodu.

3) Rovnice:

*Za správnou rovnici včetně vyčíslení **0,30 bodu**.*

4) Soli + rovnice:

Jedná se především o sírany hlinité a železité.



Za správně uvedenou sůl 0,10 bodu.

Za každou správně uvedenou rovnici à 0,30 bodu.

Celkem 0,70 bodu.

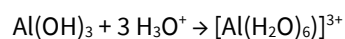
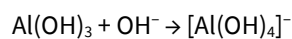
5) pH:

Síran hlinitý se přidává při cca neutrálním prostředí (pH = 6,5 – 7,5), síran železitý při slabě bazickém (pH = 8,5).

Za každé správně uvedené pH à 0,10 bodu.

Celkem 0,20 bodu.

6) Rovnice:



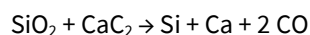
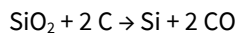
Produkt první reakce je tetrahydroxohlinitanový anion (tetrahydroxidohlinitan), produktem druhé reakce je hexaaquahlinitý kation. V případě obou reakcí dochází k rozpuštění bílé sraženiny hydroxidu hlinitého.

Za každou správně vyčíslenou rovnicí à 0,25 bodu.

Za každý správně pojmenovaný produkt à 0,20 bodu.

Za každé správně popsání chování à 0,10 bodu.

Celkem 1,10 bodu.

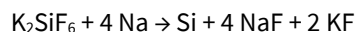
Úloha 3 Křemík X krát jinak**1 bod****1) Rovnice:**

Vedlejší jedovatou sloučeninou je oxid uhelnatý, CO.

Za správně vyčíslenou rovnicí à 0,10 bodu.

Za správný vzorec i název 0,10 bodu.

Celkem 0,30 bodu.

2) Rovnice:

Za správně vyčíslenou rovnicí 0,10 bodu.

3) Proces: Jedná se o zonální tavbu.

Za správně uvedený název 0,10 bodu.

4) Výpočet:

Nejprve vypočteme látkové množství uvolněného plynu ze stavové rovnice ideálního plynu:

$$n_{\text{CO}} = \frac{p \cdot V_{\text{CO}}}{R \cdot T} = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 200 \text{ m}^3}{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}} = 8175,3 \text{ mol}$$

Z rovnice zapsané v úkolu 1) je patrné, že:

$$n_{\text{SiO}_2} = \frac{n_{\text{CO}}}{2} = \frac{8175,3 \text{ mol}}{2} = 4087,6 \text{ mol}$$

Zbývá vypočítat hmotnost SiO₂

$$m_{\text{SiO}_2} = n_{\text{SiO}_2} \cdot M_{\text{SiO}_2} = 4087,6 \text{ mol} \cdot 60,09 \text{ g mol}^{-1} = 245\,628 \text{ g}$$

Vypočtená hmotnost je výrazně nižší, než v zadání, je tedy třeba vypočítat, kolik procent SiO₂ zreagovalo (a započítat, že SiO₂ obsahuje hlušinu).

$$w = \frac{m_{\text{SiO}_2}}{m_{\text{ruda}} \cdot 0,90} = \frac{245\,628 \text{ g}}{500000 \text{ g} \cdot 0,90} = 54,6 \%$$

Za správný postup výpočtu 0,40 bodu.

Za numericky správné řešení 0,10 bodu.

Celkem 0,50 bodu.

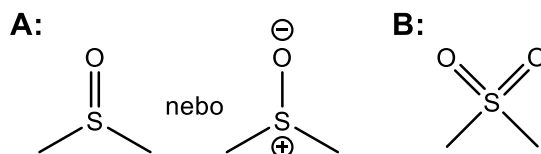
ORGANICKÁ CHEMIE

6 BODŮ

Úloha 1 Oxidace dimethylsulfidu

3 body

1) Struktury látek A a B:



Oxidační čísla atomů síry: látka A: 0, látka B: +II, dimethylsulfid: -II.

*Za každou správnou strukturu 0,50 bodu.
Za každé správně určené oxidační číslo 0,20 bodu.*

Celkem 1,60 bodu.

2) Názvy funkčních skupin: látka A: sulfoxid, látka B: sulfon.

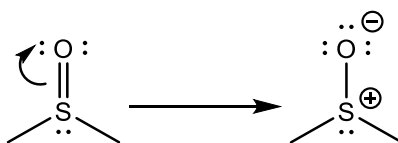
Za každý správný název funkční skupiny 0,20 bodu.

Celkem 0,40 bodu.

3) Typ rozpouštědla z pohledu polariry: polární rozpouštědlo, či aprotické dipolární.

Za správné určení typu rozpouštědla 0,10 bodu.

4) Rezonanční struktura látky A:



Za správné určení rezonanční struktury 0,50 bodu.

5) Název reakce a funkce dimethylsulfidu:

Reakce se nazývá ozonolýza. Dimethylsulfid se používá jako redukční činidlo pro redukci meziprojektu (trioxolanu) na dvě oxoskupiny.

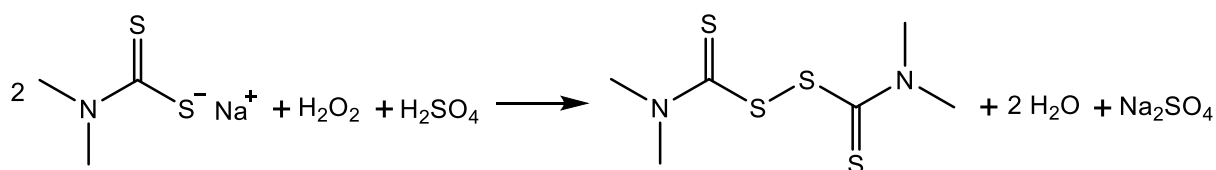
*Za správné označení reakce 0,20 bodu.
Za správnou funkci dimethylsulfidu 0,20 bodu.*

Celkem 0,40 bodu.

Úloha 2 Aditiva polymerů obsahující síru**1,5 bodu****1) Vysvětlení pojmu vulkanizace**

Vulkanizace je proces, při kterém dochází k reakci činidla obsahujícího síru, nejčastěji elementární síry, s lineárními polymery za vzniku produktu s prostorově zesítenou strukturou pomocí vazeb C-S.

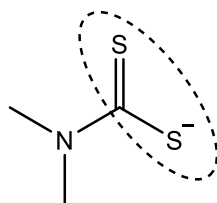
Za správné vysvětlení 0,40 bodu.

2) Vyčíslená reakce oxidace dimethyldithiokarbamátu sodného na thiram:

Za správně uvedenou vyčíslenou reakci 0,60 bodu.

Za uvedení schématu bez stechiometrických koeficientů pouze 0,30 bodu.

Celkem 0,60 bodu.

3) Určení části molekuly, kde dochází k vazbě v komplexech s přechodnými kovy

Vazebné místo látky je vyznačené přerušovanou čarou.

Za určení vazebného místa 0,50 bodu.

Úloha 3 Pterostilben a IR spektroskopie

1,5 bodu

1) Funkční skupiny pterostilbenu viditelné IR spektroskopii:

Alkohol: $3600\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$

Dvojná vazba: $1640\text{-}1590\text{ cm}^{-1}$

Aromát: 1600 cm^{-1} , 1580 cm^{-1} , 1500 cm^{-1}

Za každou správnou funkční skupinu 0,25 bodu.

Za každé rozmezí vlnových čísel 0,25 bodu.

Celkem 1,50 bodu.

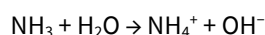
FYZIKÁLNÍ CHEMIE

8 BODŮ

Úloha 1 Iontový dril

6 bodů

1) Rovnice:



Přiřazení:

NH_3 = báze a NH_4^+ = konjugovaná kyselina

H_2O = kyselina a OH^- = konjugovaná báze

Za správně zapsanou rovnicí 0,20 bodu.

Za přiřazení celkem 0,10 bodu (dílní body se neudělují).

Celkem 0,30 bodu.

2) Odpověď: Brønsted–Löwryho teorie.

Za správnou odpověď 0,10 bodu.

3) Rovnice: $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ (lze uznat i $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$)

Označení: Obojí charakter mají amfoterní látky, v případě H_2O lze hovořit i o amfiprotním chování. Pozn.: Amfolyty nejsou zcela správnou odpovědí, neboť se jedná o látky, které mají jak kyselé, tak bazické skupiny (např. aminokyseliny). Přesto však za použití pojmu amfolyty nestrhávat body.

Za správnou rovnicí 0,20 bodu.

Za správnou odpověď 0,10 bodu.

Celkem 0,30 bodu.

4) Termodynamické rovnovážné konstanty:

$$K_1 = \frac{a(\text{NH}_4^+) \cdot a(\text{OH}^-)}{a(\text{NH}_3) \cdot a(\text{H}_2\text{O})} \quad \text{a} \quad K_2 = \frac{a(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot a(\text{OH}^-)}{a(\text{H}_2\text{O})^2}, \text{ kde } a(\text{H}_2\text{O}) = 1$$

Podíly termodynamických a koncentračních rovnovážných konstant:

$$\frac{K_1}{K_{c1}} = \frac{\gamma(\text{NH}_4^+) \cdot \gamma(\text{OH}^-)}{\gamma(\text{NH}_3) \cdot \gamma(\text{H}_2\text{O})} \quad \text{a} \quad \frac{K_2}{K_{c2}} = \frac{\gamma(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot \gamma(\text{OH}^-)}{\gamma(\text{H}_2\text{O})^2}, \text{ kde } \gamma(\text{H}_2\text{O}) = 1$$

Za každou rovnici pro rovnovážnou konstantu po 0,20 bodu.

Za správný podíl 0,10 bodu.

Celkem 0,30 bodu.

5) Vztah mezi veličinami:

$$K_a = \frac{a(\text{NH}_3) \cdot a(\text{H}_3\text{O}^+)}{a(\text{NH}_4^+) \cdot a(\text{H}_2\text{O})} \quad \text{a} \quad K_w = K_2 = \frac{a(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot a(\text{OH}^-)}{a(\text{H}_2\text{O})^2}, \text{ kde } a(\text{H}_2\text{O}) = 1$$

$$\Rightarrow K_a = \frac{K_w}{K_1}$$

Za rovnici disociační konstanty 0,10 bodu.

Za odvození 0,15 bodu.

Celkem 0,25 bodu.

6) Látková bilance:

$$c(\text{NH}_3) = [\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+]$$

Elektroneutrální bilance:

$$[\text{NH}_4^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$$

Aktivita: V těchto dvou bilancích aktivita látek nevystupuje.

Za každou správnou rovnici bilance 0,10 bodu.

Za správnou odpověď o aktivitě 0,10 bodu.

Celkem 0,30 bodu.

7) Výpočet:

Známe bilanční rovnice a disociační konstanty:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]$$

$$[\text{NH}_4^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$$

$$c(\text{NH}_3) = [\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+]$$

$$10^{-\text{p}K_a} = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

a)

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}$$

$$[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-]$$

$$[\text{NH}_3] = c(\text{NH}_3)$$

$$10^{-\text{p}K_a} = \frac{c(\text{NH}_3) \cdot \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}}{[\text{OH}^-]} \rightarrow [\text{OH}^-] = \sqrt{c(\text{NH}_3) \cdot K_w \cdot 10^{\text{p}K_a}}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{0,001 \cdot 10^{-14} \cdot 10^{9,245}} = 1,33 \cdot 10^{-4}$$

Za postup výpočtu 0,25 bodu.

Za numericky správný výsledek 0,25 bodu.

b)

$$\begin{aligned}
 [\text{H}_3\text{O}^+] &= \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} \\
 [\text{NH}_4^+] &= [\text{OH}^-] \\
 [\text{NH}_3] &= c(\text{NH}_3) - [\text{OH}^-] \\
 10^{-\text{p}K_a} &= \frac{(c(\text{NH}_3) - [\text{OH}^-]) \cdot \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}}{[\text{OH}^-]} \rightarrow \frac{10^{-\text{p}K_a}}{K_w} \cdot [\text{OH}^-]^2 + [\text{OH}^-] - c(\text{NH}_3) = 0 \\
 \frac{10^{-9,245}}{10^{-14}} \cdot [\text{OH}^-]^2 + [\text{OH}^-] - 0,001 &= 0 \rightarrow [\text{OH}^-] \doteq 1,24 \cdot 10^{-4}
 \end{aligned}$$

Za postup výpočtu 0,50 bodu.

Za numericky správný výsledek 0,25 bodu.

c)

$$\begin{aligned}
 [\text{H}_3\text{O}^+] &= K_w/[\text{OH}^-] \\
 [\text{NH}_4^+] &= [\text{OH}^-] - \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} \\
 [\text{NH}_3] &= c(\text{NH}_3) - [\text{OH}^-] + \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} \\
 10^{-\text{p}K_a} &= \frac{\left(c(\text{NH}_3) - [\text{OH}^-] + \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}\right) \cdot \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}}{[\text{OH}^-] - \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}} \\
 10^{-\text{p}K_a} \cdot [\text{OH}^-]^3 + K_w \cdot [\text{OH}^-]^2 - (10^{-\text{p}K_a} + c(\text{NH}_3)) \cdot K_w \cdot [\text{OH}^-] - K_w^2 &= 0 \\
 10^{-9,245} \cdot [\text{OH}^-]^3 + 10^{-14} \cdot [\text{OH}^-]^2 - (10^{-9,245} + 0,001) \cdot 10^{-14} \cdot [\text{OH}^-] - 10^{-14 \cdot 2} &= 0 \\
 [\text{OH}^-] &\doteq 1,24 \cdot 10^{-4}
 \end{aligned}$$

Za správný postup výpočtu 0,75 bodu.

Za numericky správný výsledek 0,25 bodu.

Celkem za všechny výpočty 2,25 bodu.**8) Relativní porovnání jednotlivých výsledků:**

$$\frac{[\text{OH}^-]_a}{[\text{OH}^-]_c} = 1,07 \quad \text{Dopouštíme se 7% chyby při použití postupu z otázky a).}$$

$$\frac{[\text{OH}^-]_b}{[\text{OH}^-]_c} = 1,00 \quad \text{Nedopouštíme se chyby při použití postupu z otázky b).}$$

(Pokud řešitel nevyřešil úlohu c), tak stačí porovnání a)/b) tj. 7% chyba)

Za porovnání (stačí jedno) **0,25 bodu.**

9) Výpočet:

$$I = 0,5 \cdot \sum_i c_i \cdot z_i^2 = 0,5 \cdot (c(\text{Na}^+) \cdot (z(\text{Na}^+))^2 + c(\text{Cl}^-) \cdot (z(\text{Cl}^-))^2)$$

$$I = 0,5 \cdot (0,1 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 1^2 + 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 1^2) = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$$

Za postup výpočtu 0,25 bodu.

Za numericky správný výsledek 0,20 bodu.

Celkem 0,45 bodu.

10) Výpočet aktivitních koeficientů:

$$-\log_{10}(\gamma(\text{H}_3\text{O}^+)) = \frac{0,5 \cdot (z(\text{H}_3\text{O}^+))^2 \cdot \sqrt{I}}{1 + (3,3/\text{nm}) \cdot \alpha(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot \sqrt{I}}$$

$$-\log_{10}(\gamma(\text{H}_3\text{O}^+)) = \frac{0,5 \cdot 1^2 \cdot \sqrt{0,1 \text{ mol dm}^{-3}}}{1 + (3,3/\text{nm}) \cdot 0,9 \cdot \sqrt{0,1 \text{ mol dm}^{-3}}}$$

$$\gamma(\text{H}_3\text{O}^+) \doteq 0,9349$$

$$\gamma(\text{NH}_4^+) \doteq 0,9260$$

$$\gamma(\text{OH}^-) \doteq 0,9275$$

$$\gamma(\text{NH}_3) = 1$$

Výpočet koncentrace OH^- :

$$K_w = \gamma(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot \gamma(\text{OH}^-) [\text{OH}^-]$$

$$[\text{NH}_4^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$$

$$c(\text{NH}_3) = [\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+]$$

$$10^{-\text{p}K_a} = \frac{\gamma(\text{NH}_3) [\text{NH}_3] \cdot \gamma(\text{H}_3\text{O}^+) [\text{H}_3\text{O}^+]}{\gamma(\text{NH}_4^+) [\text{NH}_4^+]}$$

$$10^{-\text{p}K_a} = \frac{\gamma(\text{NH}_3) \cdot \gamma(\text{H}_3\text{O}^+)}{\gamma(\text{NH}_4^+)} \cdot \frac{(c(\text{NH}_3) - [\text{OH}^-] + \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}) \cdot \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}}{[\text{OH}^-] - \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}}$$

$$[\text{OH}^-] \doteq 1,33 \cdot 10^{-4}$$

Relativní porovnání obou $[\text{OH}^-]$:

$$\frac{[\text{OH}^-]_{6c})}{[\text{OH}^-]_{10})} = \frac{1,24 \cdot 10^{-4}}{1,33 \cdot 10^{-4}} \doteq 0,93$$

Za správný postup výpočtu aktivitních koeficientů 0,50 bodu.

Za správný postup výpočtu koncentrace hydroxidových iontů 0,50 bodu.

Za numericky správný výsledek koncentrace hydroxidových iontů 0,25 bodu.

Za srovnání 0,25 bodu.

Celkem 1,50 bodu.

Úloha 2 Iontoměniče**2 body****1) Přiřazení:**

- | | |
|--|---|
| a) R-SO ₃ H = silně kyselý | e) R-AsO ₃ H ₂ = slabě kyselý |
| b) R ₂ NH ₂ ⁺ = slabě zásaditý | f) R-CH ₂ -N(CH ₂ -COOH) ₂ = chelatotvorný |
| c) R-N ⁺ (CH ₃) ₃ = silně zásaditý | g) S ⁺ R ₃ = silně zásaditý |
| d) R-COOH = slabě kyselý | |

Za každou správnou odpověď 0,10 bodu.

Celkem 0,70 bodu.**2) Rovnovážná konstanta (selektivita):**

$$K(\text{Ca}^{2+}/\text{H}^+) = \frac{[(\text{RSO}_3)_2\text{Ca}] \cdot (\gamma(\text{H}^+))^2 [\text{H}^+]^2}{[\text{RSO}_3\text{H}]^2 \cdot \gamma(\text{Ca}^{2+}) \cdot [\text{Ca}^{2+}]}$$

(lze uznat i s H₃O⁺)Za vztah pro rovnovážnou konstantu **0,30 bodu.****3) Výpočty:**

$$K(\text{Na}^+/\text{H}^+) = \frac{[\text{RSO}_3\text{Na}] \cdot \gamma(\text{H}_3\text{O}^+) [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{RSO}_3\text{H}] \cdot \gamma(\text{Na}^+) [\text{Na}^+]}$$

$$K(\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+) = \frac{[(\text{RSO}_3)_2\text{Ca}] \cdot (\gamma(\text{Na}^+))^2 [\text{Na}^+]^2}{[\text{RSO}_3\text{Na}]^2 \cdot \gamma(\text{Ca}^{2+}) \cdot [\text{Ca}^{2+}]} = \frac{K(\text{Ca}^{2+}/\text{H}^+)}{K(\text{Na}^+/\text{H}^+)}$$

$$K(\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+) = \frac{4,06}{1,56^2} \doteq 1,67$$

Za správný postup výpočtu 0,80 bodu

Za numericky správný výsledek 0,20 bodu.

Celkem 1,00 bodu.