



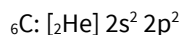
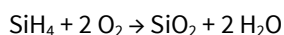
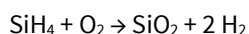
58. ročník

2021/2022

KRAJSKÉ KOLO

Kategorie E

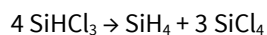
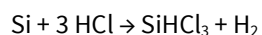
Teoretická část – Řešení

ANORGANICKÁ CHEMIE**12 BODŮ****Úloha 1 Křemík vs. uhlík a jejich (an)organická chemie****6 bodů****1) Elektronové konfigurace:***Za správnou konfiguraci à 0,25 bodu.***Celkem 0,50 bodu.****2) Důvod:** Nejedná se o kovy.*Za správnou úvahu 0,25 bodu.***3) Rozhodnutí:** Reaktivnější budou sloučeniny křemíku.**Zdůvodnění:** Sloučeniny křemíku nebudou stálé v takové míře jako uhlíková analoga, menší vazebná energie značí slabší vazbu, náchylnější k reakcím.*Za správně rozhodnutí 0,10 bodu.**Za správně zdůvodnění 0,40 bodu.***Celkem 0,50 bodu.****4) Rozhodnutí:** Z výše uvedeného vysvětlení vyplývá, že méně termicky stabilní jsou silany (vazebná energie Si – H je nižší, než C – H).*Za správné rozhodnutí konzistentní s předchozí úvahou 0,25 bodu.***5) Rozhodnutí:** Silany budou mít obecně vyšší teploty varu.**Zdůvodnění:** Atom křemíku je větší, než atom uhlíku, je tedy snáze polarizovatelnější. Polarizovatelnost tedy hraje klíčovou roli v tomto rozhodnutí.*Za správně rozhodnutí 0,25 bodu.**Za správně zdůvodnění 0,50 bodu.***Celkem 0,75 bodu.****6) Rovnice:** Methan nevzplane na vzduchu explozivně, na rozdíl od silanu (viz obecná reaktivita). Správně je tedy pouze jedna rovnice.*Za správnou úvahu 0,50 bodu.**Za správně vyčíslenou rovnicí (jednu z uvedených) 0,50 bodu.**V případě uvedení obou vyčíslených rovnic udělit celkem jen 0,50 bodu.***Celkem 1,00 bodu.**

7) **A = HCl**

B = SiHCl₃

Rovnice:

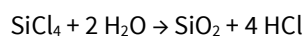


Za správný vzorec sloučenin à 0,25 bodu.

Za správně vyčíslenou rovnicí à 0,25 bodu.

Celkem 1,00 bodu.

8) **Rovnice:** Reaktivita chloridu křemičitého je vysvětlována přes možnost využití prázdných 3d orbitalů. Uhlík (resp. chlorid uhličitý) volné d orbitaly nemá, proto je vůči hydrolyze inertní.



Za správnou úvahu 0,50 bodu.

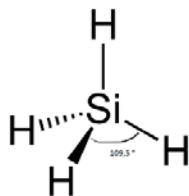
Za správně vyčíslenou rovnicí 0,50 bodu.

V případě uvedení obou vyčíslených rovnic udělit pouze 0,50 bodu.

Celkem 1,00 bodu.

9) **Tvar molekuly:** tetraedr

Obrázek:

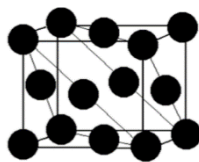


Za správně uvedený tvar molekuly slovně 0,20 bodu.

Za správně kvalitativně nakreslený obrázek včetně znázornění prostorové orientace 0,35 bodu.

Za přibližnou velikost úhlu (tolerance 1 °) 0,20 bodu.

Celkem 0,75 bodu.

Úloha 2 Hliník a krystalová mřížka**5 bodů****1) Obrázek:**

V pozici teček je umístěn hliník.

Za správně zakreslenou buňku 0,40 bodu.

Za vyznačení hliníku 0,10 bodu.

Celkem 0,50 bodu

2) Kvalifikovaný odhad počtu atomů:

U FCC leží atomy (hliníku) vždy ve vrcholu krychle a uprostřed každé stěny. Atomy, které jsou umístěny ve vrcholech, jsou však sdíleny celkem 8 krychlemi, na 1 elementární buňku tedy připadá $1/8$ atomu. Těchto vrcholů je však 8, proto $8 \cdot (1/8) = 1$. Atom uprostřed stěny je sdílen 2 krychlemi, proto na 1 elementární buňku připadá $1/2$ atomu. Těchto atomů je v elementární buňce 6, proto $6 \cdot (1/2) = 3$. Celkově pak $1+3 = 4$. Základní buňka krystalu tedy obsahuje celkem **4** uzlové body v případě uspořádání FCC.

Výpočet:

Nejprve je třeba vypočítat objem celé buňky.

$$V_{\text{buňka}} = a^3 = (0,405 \cdot 10^{-7} \text{ cm})^3 = 6,64 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$$

Poté je třeba vypočítat molární objem hliníku.

$$V_m = \frac{M_{Al}}{\rho} = \frac{27,00 \text{ g mol}^{-1}}{2,70 \text{ g cm}^{-3}} = 10,0 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

Víme-li, že V_m se vztahuje na 1 mol, tj. $6,022 \cdot 10^{23}$ částic, pak dopočteme pomocí přímé úměry, kolika počtu částic je roven objem buňky.

$$N_{\text{buňka}} = \frac{V_{\text{buňka}} \cdot N_A}{V_m} = \frac{6,64 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{10 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}} = \mathbf{4,00}$$

Vypočtený počet atomů: 4

Za kvalifikované zdůvodnění odhadu počtu atomů 0,50 bodu.

Za logicky správný výpočet objemu buňky 0,25 bodu.

Za logicky správný výpočet molárního objemu 0,50 bodu.

Za logicky správný výpočet počtu atomů buňce 0,50 bodu.

Za numericky správné celé řešení 0,25 bodu.

Celkem 2,00 bodu.

3) Výpočet:

Úhlopříčka stěny krychle je tvořena celkem čtyřmi poloměry r (viz obrázek v úkolu 4), ta je rovna $\sqrt{2} \cdot a$.

$$r = \frac{\sqrt{2} \cdot a}{4} = \frac{\sqrt{2} \cdot 0,405 \text{ nm}}{4} = 0,143 \text{ nm}$$

Za správný postup výpočtu 0,25 bodu.

Za numericky správné řešení včetně jednotek 0,25 bodu.

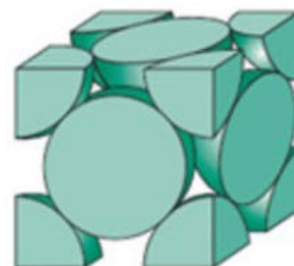
Celkem 0,50 bodu.

4) Výpočet:

Pro přehlednost uvádíme obrázek vpravo níže. Úhlopříčka stěny je tvořena celkem 2 atomy s neznámým poloměrem. Z Pythagorovy věty je zřejmé, že celá úhlopříčka má velikost $\sqrt{2} \cdot a$, zároveň však odpovídá $4r$.

$$a = \frac{4r}{\sqrt{2}}$$

$$V = a^3 = \left(\frac{4r}{\sqrt{2}}\right)^3 = \frac{32r^3}{\sqrt{2}}$$



Víme-li, že v elementární buňce jsou 4 atomy, pak jejich objem je $4 \times$ objem koule, tedy

$$V_{Al} = 4 \cdot \frac{4\pi r^3}{3} = \frac{16\pi r^3}{3}$$

Zaplnění prostoru pak spočteme podělením V_{Al}/V , z čehož je patrné, že nepotřebujeme znát žádnou hodnotu poloměru.

$$\frac{V_{Al}}{V} = \frac{\frac{16\pi r^3}{3}}{\frac{32r^3}{\sqrt{2}}} = \frac{16\sqrt{2}\pi}{96} = \frac{\sqrt{2}}{6}\pi = 0,74$$

Zaplnění prostoru: 74 %.

Za správný postup výpočtu objemu krychle 0,50 bodu.

Za výpočet objemu atomů hliníku v buňce 0,50 bodu.

Za výpočet zaplnění prostoru 0,25 bodu.

Za numericky správné celé řešení 0,25 bodu.

Celkem 1,50 bodu.

5) Další uspořádání: Primitivní kubická mřížka a tělesně (prostorově) centrovaná kubická mřížka.

Zaplnění prostoru: Menší (FCC je nejtěsnější kubické uspořádání).

Za správně uvedená uspořádání 0,25 bodu (dílčí body se neudělují).

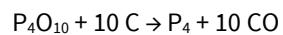
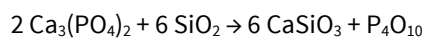
Za správné kvalitativní určení zaplnění 0,25 bodu (dílčí body se neudělují).

Celkem 0,50 bodu.

Úloha 3 Trocha technologie na závěr

1 bod

1) Rovnice:



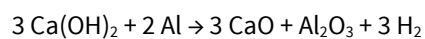
Za správně vyčíslenou rovnicí à 0,25 bodu (dílčí body se neudělují).

Celkem 0,50 bodu.

2) Název: Struska.

Za správný název 0,25 bodu.

3) Rovnice:



Za správně vyčíslenou rovnicí 0,25 bodu.

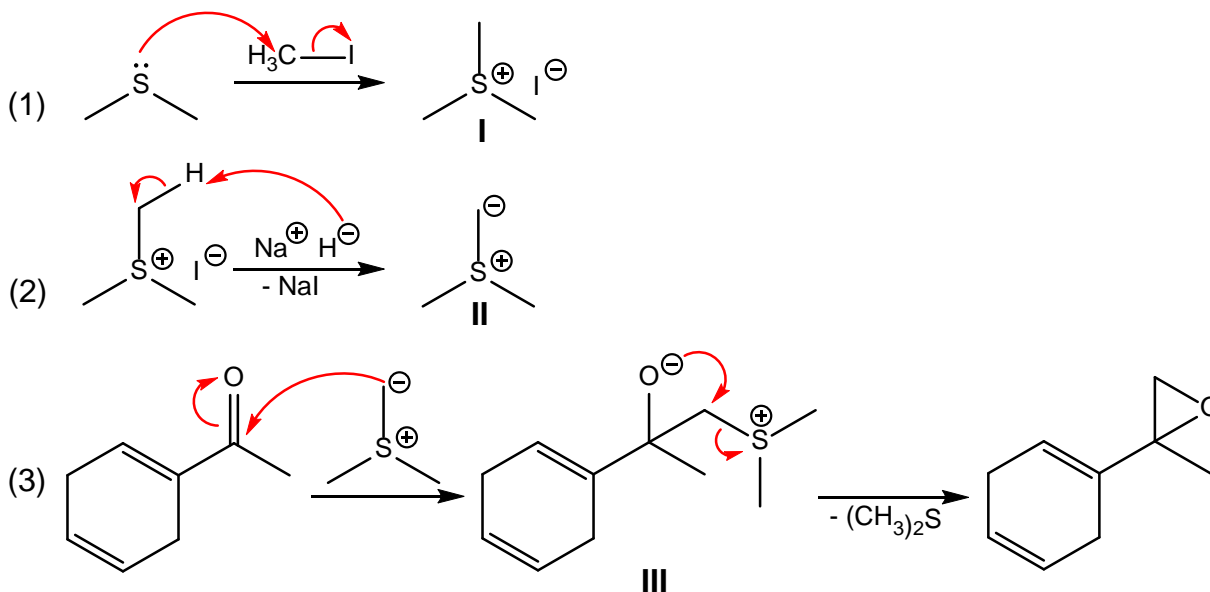
ORGANICKÁ CHEMIE

12 BODŮ

Úloha 1 Syntéza epoxidů s využitím organických sloučenin síry

4 body

1) Mechanismus:



Za každou správnou strukturu I, II, III 0,40 bodu.

Za každou správnou šipku 0,075 bodu.

(Celkový zisk se zaokrouhluje dolů s přesností na 0,10 bodu).

Celkem 1,80 bodu.

2) Systematické názvy:

Látka 1: trimethylsulfonium jodid

Látka 2: dimethylsulfonium-methylid

Za každý správný systematický název 0,30 bodu.

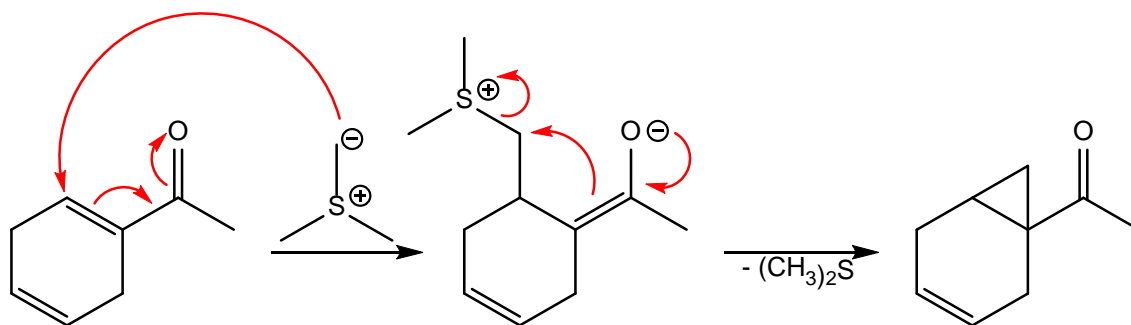
(V případě látky 2 je možné uznat i „dimethylsulfonium-ylid“ za 0,15 bodu).

Celkem 0,60 bodu.

3) Alternativní název: konjugovaná adice nebo Michaelova adice.

Za uvedení správného názvu 0,20 bodu.

4) Reakční mechanismus:



Za správnou strukturu meziproduktu 0,55 bodu.

Za každou správnou šipku 0,075 bodu.

(Celkový zisk se zaokrouhuje dolů s přesností na 0,10 bodu).

Celkem 1,00 bodu.

5) Odůvodnění 1,4-adice:

Atakovaná dvojná vazba je v konjugaci s karbonylovou skupinou, přičemž druhá dvojná vazba je izolovaná. Na dvojně vazbě konjugované s karbonylovou skupinou je snížena elektronová hustota, a je tak aktivována pro atak nukleofilu.

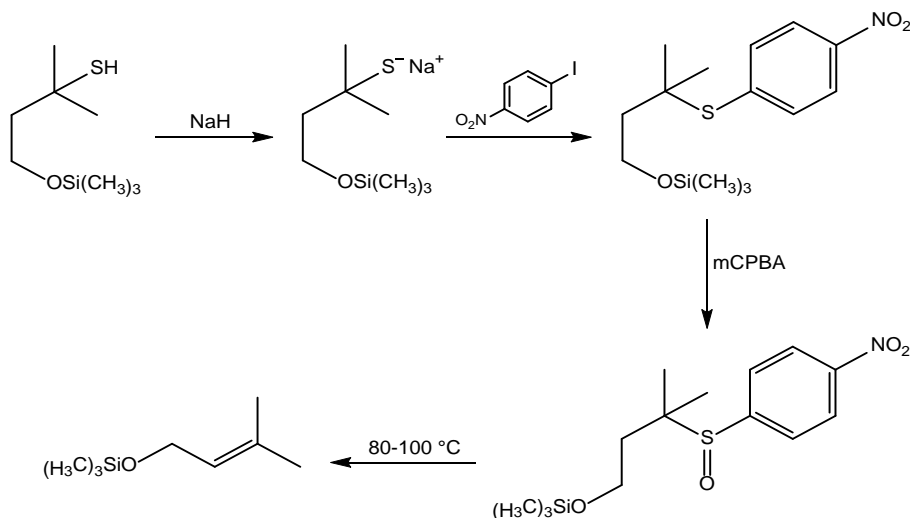
Za správné odůvodnění **0,40 bodu.**

Úloha 2 Příprava prenolu

5 bodů

1) Návrh přípravy prenolu z výchozí látky:

Prvním krokem přípravy je deprotonace thiolu báží, jako je hydrid sodný NaH, hydroxid sodný NaOH či uhličitany alkalických kovů M_2CO_3 . Následujícím krokem je alkylace (arylace) siřného nukleofilu jakýmkoliv aromatickým halogenderivátem, jak je ukázáno ve schématu (jelikož není testována znalost S_NAr , tak aromatické sloučeniny nemusí být deaktivovány navázanými substituenty). Poté je sulfid oxidován na sulfoxid jedním ekvivalentem peroxidu vodíku, peroxykyselinou (např. mCPBA) či kyselinou jodistou HIO_4 . Posledním krokem je zahřívání (reflux), čímž dochází k eliminaci siřné funkční skupiny a přípravě chráněného prenolu.



Za uvedení jakékoliv báze pro deprotonaci thiolu z popisku výše 1,00 bodu.

Za reakci siřného nukleofilu s aromatickým halogenderivátem 1,00 bodu.

Za uvedení jakéhokoliv oxidačního činidla z popisku výše 1,00 bodu.

Za uvedení zahřívání (refluxu), i bez uvedení přesných teplot, 1,00 bodu.

Celkem 4,00 bodu.

2) Přiřazení spekter: A) 1, B) 2, C) 3

Za každé správně přiřazené spektrum 0,25 bodu.

Celkem 0,75 bodu.

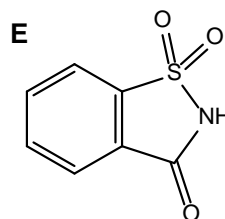
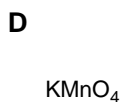
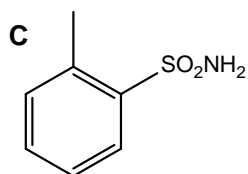
3) Zdůvodnění 2 vlnočtů pro vibraci skupiny $-NH_2$.

Při vibraci skupiny $-NH_2$ může dojít k symetrické vibraci, kdy dochází ke kontrakci obou vazeb N-H a následně k jejich elongaci, či k asymetrické vibraci, kdy se jedna z vazeb N-H prodlužuje a druhá se zkracuje. Tyto dva typy vibrací zapříčiňují dvě hodnoty vlnových čísel v IR spektru látek obsahujících skupinu $-NH_2$.

Za správné vysvětlení 0,25 bodu.

Úloha 3 Chlorsulfonace toluenu**3 body**1) **Činidlo Y:** kyselina chlorsírová (chlorsulfonová), HSO_3Cl *Za uvedení správného činidla (název nebo vzorec) 0,20 bodu.*2) **Triviální název látky A:** tosylchlorid*Za uvedení správného triviálního názvu 0,20 bodu.*3) **Využití tosylchloridu v organické syntéze:**

- Zlepšuje schopnost alkoholové skupiny chovat se jako dobře odstupující skupina.
- Při nukleofilní substituci ovlivňuje konfiguraci atomu uhlíku, na kterém je alkoholová skupina. Umožňuje ovlivnit konfiguraci produktu při $\text{S}_{\text{N}}2$ substituci, tzn. je možné provést inverzi konfigurace při přípravě alkoholu či při substituci hydroxyskupiny.
- Slouží jako chránicí skupina pro hydroxyskupinu a aminoskupinu.

*Za uvedení jednoho z využití 0,20 bodu.*4) **Látky C až E:***Za každou látku 0,50 bodu.***Celkem 1,50 bodu.**5) **Název a primární využití látky E:** sacharin – umělé sladidlo*Za uvedení názvu 0,45 bodu.**Za uvedení primárního využití 0,45 bodu.***Celkem 0,90 bodu.**

FYZIKÁLNÍ CHEMIE

16 BODŮ

Úloha 1 Sulfan a rozpustnost

5 bodů

1) Rovnice disociace:



Rovnovážné konstanty:

$$K_1 = \frac{[\text{HS}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad K_2 = \frac{[\text{S}^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HS}^-]}$$

(Uznat se může i zápis podle alternativních zápisů disociace a rovněž pokud studenti místo rovnovážných koncentrací použijí aktivity.)

*Za každou správnou rovnici disociace 0,25 bodu.
Za každý výraz pro disociační konstantu 0,25 bodu.*

Celkem 1,00 bodu.

2) Odvození:

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{K_2 \cdot [\text{HS}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} \quad [\text{HS}^-] = \frac{K_1 \cdot [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{K_2 \cdot [\text{HS}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} = \frac{10^{-pK_{a1}} \cdot 10^{-pK_{a2}} \cdot [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}$$

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{10^{-7,02} 10^{-13,89} \cdot 0,1}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} \doteq 1,23 \cdot 10^{-22} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^{-2}$$

(Plný počet bodů studenti dostanou i pokud $[\text{S}^{2-}]$ vyjádří numericky až v úloze 4))

Za správné odvození 0,50 bodu.

3) Orientační výpočet:

Vypočteme, při jaké koncentraci sulfidových aniontů se začnou srážet jednotlivé ionty ze součinu rozpustnosti:

$$[\text{Fe}^{2+}] = [\text{Pb}^{2+}] = [\text{Tl}^+] = 0,1$$

$$K_s(\text{FeS}) = [\text{Fe}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] \rightarrow [\text{S}^{2-}] = \frac{K_s(\text{FeS})}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

$$K_s(\text{PbS}) = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] \rightarrow [\text{S}^{2-}] = \frac{K_s(\text{PbS})}{[\text{Pb}^{2+}]}$$

$$K_s(\text{Tl}_2\text{S}) = [\text{Tl}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}] \rightarrow [\text{S}^{2-}] = \frac{K_s(\text{Tl}_2\text{S})}{[\text{Tl}^+]^2}$$

$$[\text{S}^{2-}]_{\text{init,FeS}} = \frac{K_s(\text{FeS})}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{10^{-18,1}}{0,1} \doteq 7,9 \cdot 10^{-18}$$

$$[\text{S}^{2-}]_{\text{init,PbS}} = \frac{K_s(\text{PbS})}{[\text{Pb}^{2+}]} = \frac{10^{-27,5}}{0,1} \doteq 3,2 \cdot 10^{-27}$$

$$[\text{S}^{2-}]_{\text{init,Tl}_2\text{S}} = \frac{K_s(\text{Tl}_2\text{S})}{[\text{Tl}^+]^2} = \frac{10^{-21,2}}{0,1^2} \doteq 6,3 \cdot 10^{-20}$$

Pořadí: $\text{Pb}^{2+} > \text{Tl}^+ > \text{Fe}^{2+}$

Za správné seřazení 1,00 bodu. Dílčí body se neudělují.

4) Výpočet:

Koncentraci pro thallné ionty dosadíme do výsledku z otázky 2):

$$[\text{S}^{2-}] = 1,23 \cdot 10^{-22} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^{-2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{init,Tl}_2\text{S}} = \sqrt{\frac{1,23 \cdot 10^{-22}}{[\text{S}^{2-}]_{\text{init,Tl}_2\text{S}}}} = \sqrt{\frac{1,23 \cdot 10^{-22}}{6,3 \cdot 10^{-20}}} \doteq 0,044$$

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log_{10} 0,044 \doteq 1,36$$

*Za správný postup výpočtu pH 0,75 bodu.
Za numericky správný výsledek 0,25 bodu.*

Celkem 1,00 bodu.

5) Výpočet:

Vypočteme, při jaké koncentraci volných iontů odpovídá 99,9% vysrážení:

$$[\text{Fe}^{2+}] = [\text{Pb}^{2+}] = [\text{Tl}^+] = 0,1 \cdot (100 - 99,9) \cdot 10^{-2} = 1 \cdot 10^{-4}$$

Dále vyjádříme koncentraci sulfidů:

$$[\text{S}^{2-}]_{99,9\%,\text{FeS}} = \frac{K_s(\text{FeS})}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{10^{-18,1}}{1 \cdot 10^{-4}} \doteq 7,9 \cdot 10^{-15}$$

$$[\text{S}^{2-}]_{99,9\%,\text{PbS}} = \frac{K_s(\text{PbS})}{[\text{Pb}^{2+}]} = \frac{10^{-27,5}}{1 \cdot 10^{-4}} \doteq 3,2 \cdot 10^{-24}$$

$$[\text{S}^{2-}]_{99,9\%,\text{Tl}_2\text{S}} = \frac{K_s(\text{Tl}_2\text{S})}{[\text{Tl}^+]^2} = \frac{10^{-21,2}}{1 \cdot 10^{-4}} \doteq 6,3 \cdot 10^{-14}$$

*Za správnou koncentraci iontů při 99,9% vysrážení 0,25 bodu.
Za správný postup výpočtu koncentrace sulfidů 0,50 bodu.
Za každý numericky správný výsledek 0,25 bodu.*

Celkem 1,50 bodu.

Úloha 2 Zeolity a čištění odpadních vod**9 bodů****1) Výpočet:**

Sečteme počty atomů a podělíme počtem buněk ve kterých jsou sdíleny:

$$\text{Na} - 8 \text{ atomů uvnitř:} \quad a = 8 \cdot \frac{1}{1} = 8$$

$$\text{Si, Al} - 2 \text{ atomy v každé stěně:} \quad b = c = 2 \cdot 6 \cdot \frac{1}{2} = 6$$

$$\text{Cl} - 8 \text{ atomů v rohu, každý sdílen s 8 buňkami, 1 uprostřed:} \quad d = 8 \cdot \frac{1}{8} + 1 = 2$$

Sumární vzorec: $\text{Na}_8\text{Si}_6\text{Al}_6\text{Cl}_2\text{O}_{24}$ Za správný sumární vzorec **1,00 bodu**. Dílčí body se neudělují.**2) Výpočet:**

$$M_{\text{sodalit}} = 8 \cdot 22,99 + 6 \cdot 28,09 + 6 \cdot 26,98 + 2 \cdot 35,45 + 24 \cdot 16 = 969,24 \text{ g mol}^{-1}$$

$$V_{m,\text{sodalit}} = N_a \cdot L^3 = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot (8,9 \cdot 10^{-8} \text{ cm})^3 \doteq 424,53 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

$$\rho_{\text{sodalit}} = \frac{M_{\text{sodalit}}}{V_{m,\text{sodalit}}} = \frac{969,24 \text{ g mol}^{-1}}{424,53 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}} \doteq 2,28 \text{ g cm}^{-3}$$

Za správnou hodnotu molární hmotnosti sodalitu 0,25 bodu.

Za jakýkoliv smysluplný postup výpočtu 0,75 bodu.

Za numericky správnou hodnotu hustoty včetně jednotek 0,50 bodu.

Celkem 1,50 bodu.**3) Výpočet:**

Pro hmotnostní zlomek sodíku v sodalitu platí:

$$w_{\text{Na}} = \frac{8 \cdot M_{\text{Na}}}{M_{\text{sodalit}}}$$

Kapacita a koncentrace:

$$q_s = \frac{8 \cdot M_{\text{Na}}}{M_{\text{sod}}} \cdot \frac{1}{M_{\text{Na}}} = \frac{8}{M_{\text{sod}}} = \frac{8}{969,24 \text{ g mol}^{-1}} \doteq 0,00825 \text{ mol g}^{-1} = 8,25 \text{ meq g}^{-1}$$

$$c_s = q_s \cdot \rho_{\text{sodalit}} = 8,25 \cdot 10^{-3} \text{ meq g}^{-1} \cdot 2,28 \cdot 10^3 \text{ g dm}^{-3} \doteq 18,81 \text{ eq dm}^{-3}$$

Druh iontomeniče: ANEX x KATEX

Za jakýkoliv správný postup výpočtu kapacity 0,50 bodu.

Za jakýkoliv správný postup výpočtu koncentrace 0,25 bodu.

Za každý numericky správný výsledek 0,25 bodu.

Za správné rozhodnutí 0,25 bodu.

Celkem 1,50 bodu.

4) Rovnovážná konstanta

$$K = \frac{[\text{ZPb}]}{[\text{Z}^{2-}] \cdot [\text{Pb}^{2+}]}$$

Za rovnovážnou konstantu **0,25 bodu**.

5) Výpočty:

Rovnice platí také pro koncentraci iontů v zeolitu vztáženou na hmotnost:

$$q_s^{\text{mol}} = \frac{c_s^{\text{mol}}}{\rho} = \frac{c_{s,\text{max}}^{\text{mol}}}{\rho} K \cdot \frac{c_m^{\text{mol}}}{(1 + K \cdot c_m^{\text{mol}})} = q_{s,\text{max}}^{\text{mol}} K \cdot \frac{c_m^{\text{mol}}}{(1 + K \cdot c_m^{\text{mol}})}$$

Dále rovnici upravíme, abychom mohli dosazovat hmotnostní koncentrace, (molární hmotnost v jednotkách mg mol^{-1})

$$\frac{q_s^{\text{hm}}}{M_{\text{Pb}}} = \frac{q_{s,\text{max}}^{\text{hm}}}{M_{\text{Pb}}} \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}} \right) \cdot \frac{c_m^{\text{hm}}}{\left(1 + \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}} \right) \cdot c_m^{\text{hm}} \right)} \rightarrow q_s^{\text{hm}} = q_{s,\text{max}}^{\text{hm}} \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}} \right) \cdot \frac{c_m^{\text{hm}}}{\left(1 + \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}} \right) \cdot c_m^{\text{hm}} \right)}$$

$$q_s^{\text{hm}} \left(1 + \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}} \right) \cdot c_m^{\text{hm}} \right) = q_{s,\text{max}}^{\text{hm}} \cdot \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}} \right) \cdot c_m^{\text{hm}} \rightarrow \frac{1}{q_s^{\text{hm}}} = \frac{1}{q_{s,\text{max}}^{\text{hm}} \cdot \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}} \right)} \cdot \frac{1}{c_m^{\text{hm}}} + \frac{1}{q_{s,\text{max}}^{\text{hm}}}$$

Porovnáním:

$$\frac{1}{q_s^{\text{hm}}} = 0,0541 \text{ g dm}^{-3} \frac{1}{c_m^{\text{hm}}} + 0,0095 \text{ g mg}^{-1}$$

$$\frac{1}{q_s^{\text{hm}}} = \frac{1}{\underbrace{q_{s,\text{max}}^{\text{hm}} \cdot \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}} \right)}_{0,0541 \text{ g dm}^{-3}}} \cdot \frac{1}{c_m^{\text{hm}}} + \frac{1}{0,0095 \text{ g mg}^{-1}}$$

$$\frac{1}{q_{s,\text{max}}^{\text{hm}}} = 0,0095 \text{ g mg}^{-1} \rightarrow q_{s,\text{max}}^{\text{hm}} = \frac{1}{0,0095 \text{ g mg}^{-1}} \doteq 105,26 \text{ mg g}^{-1}$$

$$\frac{1}{q_{s,\text{max}}^{\text{hm}} \cdot \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}} \right)} = 0,0541 \text{ g dm}^{-3} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}} \right) = \frac{1}{0,0541 \text{ g dm}^{-3} \cdot q_{s,\text{max}}^{\text{hm}}} = \frac{1}{0,0541 \text{ g dm}^{-3} \cdot 105,26 \text{ mg g}^{-1}} \doteq 0,176 \text{ dm}^3 \text{ mg}^{-1}$$

$$K = 0,176 \text{ dm}^3 \text{ mg}^{-1} \cdot M_{\text{Pb}} = 0,176 \text{ dm}^3 \text{ mg}^{-1} \cdot 207,2 \cdot 10^3 \text{ mg mol}^{-1} \doteq 36467,2 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

$$q_{s,\text{max}}^{\text{hm}} = 105,26 \text{ mg g}^{-1}$$

$$K = 36467,2 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

Za správný způsob linearizace 1,00 bodu.

Za správný postup určení koeficientů 1,00 bodu.

Za každý numericky správný výsledek včetně odpovídající jednotky 0,50 bodu.

Celkem 3,00 bodu.

6) Výpočet:

Izoterma favorizuje adsorpci a předpokládáme rovnovážný průběh, koncentrační vlna se bude zaostřovat a využijeme prakticky maximální kapacitu kolony.

Spočítáme hmotnost iontoměniče:

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot L = \pi \cdot \frac{(0,1 \text{ m})^2}{4} \cdot 0,5 \text{ m} = 0,004 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{sodalit}} = V \cdot \varepsilon \cdot \rho = 0,004 \text{ m}^3 \cdot 0,6 \cdot 2,28 \cdot 10^6 \text{ g m}^{-3} \doteq 5472,0 \text{ g}$$

Vypočteme rovnovážnou koncentraci olovnatých iontů v sodalitu:

$$q_s^{\text{hm}} = q_{s,\text{max}}^{\text{hm}} \cdot \frac{\left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}}\right) \cdot c_m^{\text{hm}}(\text{Pb}^{2+})}{1 + \left(\frac{K}{M_{\text{Pb}}}\right) c_m^{\text{hm}}(\text{Pb}^{2+})}$$

$$q_s^{\text{hm}} = 100 \text{ mg g}^{-1} \cdot \frac{\left(\frac{36500 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}}{207,2 \cdot 10^3 \text{ mg mol}^{-1}}\right) \cdot 10 \text{ mg dm}^{-3}}{1 + \left(\frac{36500 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}}{207,2 \cdot 10^3 \text{ mg mol}^{-1}}\right) \cdot 10 \text{ mg dm}^{-3}} \doteq 63,79 \text{ mg g}^{-1}$$

Hmotnost olovnatých iontů v koloně je tak:

$$m_{\text{Pb}} = q_s^{\text{hm}} \cdot m_{\text{sodalit}} = 63,79 \text{ mg g}^{-1} \cdot 5472,0 \text{ g} = 349,06 \cdot 10^3 \text{ mg}$$

Maximální objem zpracované vody:

$$V_{\text{zprac}} = \frac{m_{\text{Pb}}}{c_m^{\text{hm}}(\text{Pb}^{2+})} = \frac{349,06 \cdot 10^3 \text{ mg}}{10 \text{ mg dm}^{-3}} \doteq 34,9 \text{ m}^3$$

Objem zpracované odpadní vody: 34,9 m³

Za jakýkoliv správný postup výpočtu 1,00 bodu.

Za numericky správný výsledek včetně správných jednotek 0,50 bodu.

Celkem 1,50 bodu.

7) Regenerace: Regeneraci lze provést nasyceným roztokem sodné soli, např. NaCl,

Za správnou odpověď 0,25 bodu.

Úloha 3 Adsorpční izotermy

2 body

1) **Odpověď:**

Izoterma A favorizuje adsorpci (konkávní, prohnutá nahoru). Už při nízkých koncentracích v mobilní fázi dochází k prudkému nárůstu koncentrace ve stacionární fázi. A naopak je nevýhodná pro desorpci.

Izoterma B favorizuje desorpci (konvexní, prohnutá dolů) a není výhodná pro adsorpci, protože až při vysokých koncentracích v mobilní fázi dosáhneme obdobného nasycení stacionární fáze jako u izotermy A.

Za správné zdůvodnění 0,50 bodu.

2) **Odpověď:** Izoterma A je Langmuirova.

Za správnou odpověď 0,50 bodu.

3) **Odpověď:** Řešíme úvahou izoterma A favorizuje adsorpci (prohnutá nahoru), místa o nízké koncentraci se rychle zakoncentrovávají. Izoterma B naopak favorizuje desorpci (prohnutá dolů), místa o nízké koncentraci se desorbují zcela.

I) Izoterma: **B**, ~~Adsorpce~~ x Desorpce

II) Izoterma: **A**, Adsorpce x ~~Desorpce~~

III) Izoterma: **A**, ~~Adsorpce~~ x Desorpce

IV) Izoterma: **B**, Adsorpce x ~~Desorpce~~

Za správné určení dvojice vlastností (dílní body se neudělují) po 0,25 bodu.

Celkem 1,00 bodu.