



57. ročník

2020/2021

ŠKOLNÍ KOLO

Kategorie B

Teoretická část – Řešení

20 bodů

ANORGANICKÁ CHEMIE**10 BODŮ****Úloha 1 Je libo kyselé? Nebo hořké?****2,0 bodů**

1)

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

Disociační konstanta: $K_A(\text{HB}^+) = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{B}]}{[\text{HB}^+]}$

Látková bilance: $c(\text{B}) = [\text{BH}^+] + [\text{B}]$

Nábojová bilance: $[\text{HB}^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$

Za každou rovnici 0,10 bodu.

Celkem 0,40 bodu.

2)

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^3 + (K_A + c) \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^2 - K_w \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] - K_A \cdot K_w = 0$$

Za odvození správné rovnice 0,40 bodu.

3)

Za předpokladu, že $[\text{H}_3\text{O}^+]$ lze v nábojové bilanci zanedbat (roztok je bazický), tedy $[\text{HB}^+] \doteq [\text{OH}^-]$, dostáváme:

$$c \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^2 - K_w \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] - K_A \cdot K_w = 0$$

Pokud je báze velmi slabá, je i její disociace/protonizace (záleží na arrheniovském nebo brønstedovském pojetí) zanedbatelná vůči koncentraci nedisociované/neprotonizované formy, tedy $c(\text{B}) \doteq [\text{B}]$. Pak dostáváme:

$$c \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^2 - K_A \cdot K_w = 0$$

Za bezchybné odvození libovolné z rovnic 0,30 bodu. (Pokud je zmíněn alespoň jeden ze vstupních předpokladů, ale v odvozování byla udělána chyba, udělit 0,10 bodu.)

4)

Podle první odvozené rovnice vychází:

$$c = \frac{K_w \cdot (K_A + [\text{H}_3\text{O}^+])}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Podle druhé odvozené rovnice vychází:

$$c = \frac{K_w \cdot K_A}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Je zjevné, že oba přístupy sice vedou k rámcově (řádově) podobným hodnotám koncentrace, ale je patrná značná diskrepance. Rozdíl ve výsledcích tkví v tom, že pro danou situaci je použití jednodušší (druhé) rovnice nekorektní, protože ve velmi zředěných roztocích roste stupeň disociace a tedy neplatí aproximace, že analytická koncentrace látky je přibližně rovna koncentraci její nedisociované podoby. V daném případě tedy přestává platit předpoklad, že $c(\text{NH}_3) \doteq [\text{NH}_3]$.

Správný výpočet podle rovnice uvedené řešitelem v bodě 3) 0,30 bodu (tj. i v případě, že odvozená rovnice je chybně, hodnotit správnost numerického výpočtu).

5)

$\text{p}K_A + \text{p}K_B = \text{p}K_w = 14$, tedy $\text{p}K_A = 14 - 3,3 = 10,7$. Pravděpodobně se tedy jednalo o triethylamin.

0,20 bodu.

6)

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_w} = 1,54 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{pH} = 6,81$$

0,20 bodu.

7)

S rostoucí teplotou se zvyšuje rovnovážná konstanta (tj. reakce se posouvá směrem k produktům), proto se jedná o děj endotermický (obecný trend podle Le Châtelierova principu).

0,20 bodu.

Úloha 2 Silná nebo slabá?

2,8 bodů

1)

a)

HI

0,10 bodu.

b)

Anion I^- má největší poloměr, tudíž i nejmenší povrchovou hustotu náboje, a proto je nejhůře zpětně protonován. Z nedisociované formy HI se tudíž proton odštěpí nejsnáze ze všech halogenovodíků.

Za rozumné vysvětlení 0,10 bodu.

c)

Tvorbou extrémně silných vodíkových vazeb mezi ionty F^- , což omezuje vznik volných iontů H_3O^+ , jejichž nižší koncentrace odpovídá nižší kyselosti roztoku a tedy i nižší disociační konstantě.

Za rozumné vysvětlení 0,10 bodu.

2)

Správná odpověď je d).

0,20 bodu.

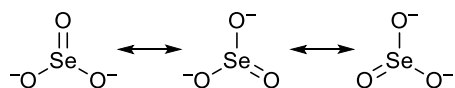
3)

- a) Např. HClO vs. HClO₄.
- b) Např. HClO vs. HClO₄.
- c) Např. H₃PO₄ vs. HClO.
- d) Správná odpověď, netřeba protipříklad.
- e) Např. H₃PO₄ vs. HClO₄.
- f) Např. H₃PO₄ vs. HClO₃.

Každý rozumný příklad dvojice kyselin 0,10 bodu.

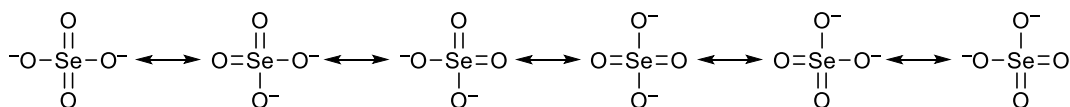
Celkem 0,50 bodu.

4)



(volné elektronové páry nejsou pro přehlednost zakresleny)

0,10 bodu.



(volné elektronové páry nejsou pro přehlednost zakresleny)

0,10 bodu.

Stabilnější je selenanový anion (více rezonančních struktur).

0,10 bodu.

Kyselina selenová je silnější, protože má po odštěpení protonů více stabilizovaný anion (lépe distribuovaný záporný náboj, což vede k menší povrchové hustotě náboje a obtížnější zpětné protonaci).

0,10 bodu.

Celkem 0,40 bodu.

5)

1 dm³ 8% AcOH má hmotnost 1010 g.

Hmotnost obsažené AcOH činí $m(\text{AcOH}) = 0,08 \cdot 1010 \text{ g} = 80,8 \text{ g}$.

Látkové množství obsažené AcOH je $n(\text{AcOH}) = m(\text{AcOH}) / M(\text{AcOH}) = 80,8 \text{ g} / (60,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 1,34 \text{ mol}$.

$c(\text{AcOH}) = n(\text{AcOH}) / V(\text{roztok}) = 1,34 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

Koncentrace iontů H₃O⁺:

Lze postupovat např. přibližným výpočtem:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_A \cdot c} = 4,83 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pH} = 2,32$$

Za výpočet molární koncentrace AcOH 0,10 bodu.

Za výpočet pH 0,10 bodu.

Celkem 0,20 bodu.

6)

V 10 ml octa je látkové množství AcOH stokrát menší než hodnota vypočtená pro 1 dm³ v podúloze 5, tedy $n(\text{AcOH}) = 0,0134 \text{ mol}$.

$c(\text{AcOH}) = n(\text{AcOH}) / V(\text{roztok}) = 0,0134 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_A \cdot c} = 4,83 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{pH} = 3,32$$

Za výpočet molární koncentrace AcOH 0,10 bodu.

Za výpočet pH 0,10 bodu.

Celkem 0,20 bodu.

7)

$$c(\text{HCl}) = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} / 36 = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$\text{pH} = 3,56$$

Za výpočet molární koncentrace HCl 0,10 bodu.

Za výpočet pH 0,10 bodu.

Celkem 0,20 bodu.

8)

Vzhledem k tomu, že koncentrace HCl je oproti koncentraci pufru zanedbatelná ($c(\text{HCl}) = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} / 36 = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$; $c(\text{pufr}) = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 35 / 36 = 0,194 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), lze usoudit, že se pH prakticky nezmění. Vzhledem k tomu, že koncentrace AcOH a AcO^- jsou stejné, bude pH rovno $\text{p}K_{\text{a}}$, tedy $\text{pH} = 4,76$.

Lze ověřit výpočtem:

$$n(\text{AcOH}) = n(\text{AcONa}) = 0,035 \text{ dm}^3 \cdot 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 3,5 \text{ mmol}$$

$$n(\text{HCl}) = 0,001 \text{ dm}^3 \cdot 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 0,01 \text{ mmol}$$

Po přidání HCl by se ekvivalentní množství AcONa formálně změnilo na AcOH a NaCl, a celkové látkové množství AcOH i AcONa by se změnilo zcela marginálně:

$$n(\text{AcOH}) = 3,51 \text{ mmol}$$

$$n(\text{AcONa}) = n(\text{AcO}^-) = 3,49 \text{ mmol}$$

Koncentrace jednotlivých složek tedy budou:

$$c(\text{AcOH}) = n(\text{AcOH}) / V(\text{celkem}) = 3,51 \text{ mmol} / 36 \text{ ml} = 0,0975 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$c(\text{AcONa}) = c(\text{AcO}^-) = 3,49 \text{ mmol} / 36 \text{ ml} = 0,0969 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Ze zlogaritmovaného vztahu pro K_{a} platí:

$$\text{pH} = \text{p}K_{\text{a}} + \log([\text{AcO}^-]/[\text{AcOH}]) = 4,758$$

Za hodnotu pH (jedno zda odhadnutou nebo vypočtenou) 0,30 bodu.

9)

$$c(\text{HCl}) = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} / 1000001 = 1 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = c(\text{Cl}^-)$$

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

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_{\text{w}} / [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Cl}^-]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 - [\text{Cl}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] - K_{\text{w}} = 0$$

Řešením dostáváme $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,051 \cdot 10^{-7}$

$$\text{pH} = 6,98$$

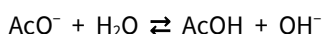
Za výpočet molární koncentrace HCl 0,10 bodu.

Za výpočet pH 0,10 bodu.

Celkem 0,20 bodu.

10)

Roztok bude bazický, protože se jedná o sůl silné zásady (NaOH) a slabé kyseliny (AcOH). Anion bude podléhat hydrolyze:



Vzhledem k vysoké koncentraci soli lze předpokládat, že množství iontů OH^- vzniklých autoprotolýzou vody lze zanedbat. Platí tedy:

$$[\text{AcOH}] \doteq [\text{OH}^-]$$

Pro analytickou koncentraci octanu sodného platí:

$c(\text{AcONa}) = [\text{AcO}^-] + [\text{AcOH}]$; díky předpokládané bazicitě roztoku bude ale koncentrace AcOH zanedbatelná. Proto:

$$c(\text{AcONa}) = [\text{AcO}^-] + [\text{AcOH}] \doteq [\text{AcO}^-]$$

$$[\text{AcO}^-] \doteq 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Dosažením do vztahu pro disociační konstantu kyseliny octové dostaneme:

$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{AcO}^-]}{[\text{AcOH}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot c}{[\text{OH}^-]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2 \cdot c}{K_w}$$

Po úpravách:

$$\text{pH} = \frac{1}{2}[\text{p}K_A + \text{p}K_w + \log(c)] = \frac{1}{2}[4,76 + 14 - 1] = 8,88$$

Za úvahu zanedbávající vliv autoprotolýzy 0,10 bodu.

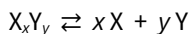
Za úvahu zanedbávající vliv AcOH 0,10 bodu.

Za výpočet 0,10 bodu.

Celkem 0,30 bodu (udělovat plný počet v případě jakéhokoliv správného výpočtu).

Úloha 3 (Ne)rozpuštěnost**1,6 bodů****1)**

Sůl X_xY_y se při rozpuštění disociuje podle obecné rovnice (náboje iontů nejsou pro přehlednost uváděny):



Pro rozpustnost (koncentraci nasyceného roztoku) tedy platí:

$$S(X_xY_y) = c(X_xY_y) = c(X) / x = c(Y) / y$$

$$S = [X_xY_y] = [X] / x = [Y] / y$$

Po dosazení do vztahu pro součin rozpustnosti dostáváme:

$$K_s(X_xY_y) = [X]^x \cdot [Y]^y = (x \cdot S)^x \cdot (y \cdot S)^y$$

Po úpravách:

$$S = \sqrt[x+y]{\frac{K_s}{x^x \cdot y^y}}$$

0,20 bodu.**2)**

$$S(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 6,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\{S(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}; S(\text{AgCl}) = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}\}$$

Za určení soli s nejvyšší molární rozpustností 0,10 bodu.

Za správnou hodnotu rozpustnosti 0,10 bodu.

Celkem 0,20 bodu.**3)**

$$x(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 22,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\{x(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 17,3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}; x(\text{AgCl}) = 2,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}\}$$

Za určení soli s nejvyšší hmotnostní rozpustností 0,10 bodu.

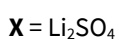
Za správnou hodnotu rozpustnosti 0,10 bodu.

Celkem 0,20 bodu.**4)**

Rozpustnost látky **X** činí:

$$1,63 \text{ g bezvodé látky X v } (6,45 - 1,63) \text{ g vody, tedy } 1,63 \text{ g} / (4,82 \text{ g H}_2\text{O}) = 0,338 \text{ g} \cdot (1 \text{ g H}_2\text{O})^{-1} =$$

$$= 33,8 \text{ g} \cdot (100 \text{ g H}_2\text{O})^{-1}. \text{ Této hodnotě je nejbližší tabelovaná hodnota pro Li}_2\text{SO}_4.$$

**0,20 bodu.**

5)

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 35 \text{ mg} / (18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 1,94 \text{ mmol}$$

$$n(\text{Li}_2\text{SO}_4) = (250 - 35) \text{ mg} / (109,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 1,96 \text{ mmol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) \sim n(\text{Li}_2\text{SO}_4)$$

Jedná se o monohydrát, $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ($n = 1$)

0,20 bodu.

6)

V 5,00 ml roztoku bylo rozpuštěno 1,63 g bezvodého Li_2SO_4 , což odpovídá 32,6 g Li_2SO_4 na 100 ml roztoku. Odpovídající látkové množství je:

$$n(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 32,6 \text{ g} / (109,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 0,297 \text{ mol}$$

Při uvažování molární hmotnosti hydrátu $M(\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 127,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ to odpovídá hmotnosti:

$$n(\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0,297 \text{ mol} \cdot 109,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 38,0 \text{ g}$$

0,20 bodu.

7)

V 5,00 ml roztoku je rozpuštěno 1,63 g Li_2SO_4 , což odpovídá látkovému množství:

$$n(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 1,63 \text{ g} / (109,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 14,8 \text{ mmol}$$

Molarita (molární koncentrace) je tedy:

$$c(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 14,8 \text{ mmol} / (5 \text{ ml}) = 2,98 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

0,20 bodu.

8)

1,63 g Li_2SO_4 je rozpuštěných v $(6,45 - 1,63) \text{ g} = 4,82 \text{ g}$ vody

Odpovídající látkové množství Li_2SO_4 je:

$$n(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 1,63 \text{ g} / (109,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 14,8 \text{ mmol}$$

Molalita je tedy:

$$m'(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 14,8 \text{ mmol} / (4,82 \text{ g}) = 3,08 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

0,20 bodu.

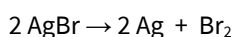
Úloha 4 (Ne)známé sloučeniny stříbra

1,6 bodů

1)

b) AgBr (nažloutlý), c) AgI (světle žlutý), e) Ag₂CrO₄ (červenohnědý)*Za každou správně vybranou sloučeninu 0,10 bodu, za každou špatně označenou sloučeninu odečíst 0,10 bodu.**Pokud jsou vybrány všechny správné odpovědi a žádná špatná, tak připočíst prémii 0,10 bodu. Pokud je více špatných odpovědí než správných, tak nepenalizovat celkovým záporným součtem, ale udělit 0 bodů.***Celkem 0,40 bodu.**

2)

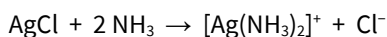
**0,10 bodu.**

3)

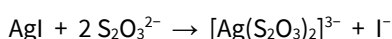
Vzhledem k tomu, že se jedná o analogické soli se stechiometrií 1:1, není potřeba výpočtu, ale na první pohled je zřejmé, že nejméně rozpustnou solí je AgI.

0,10 bodu.

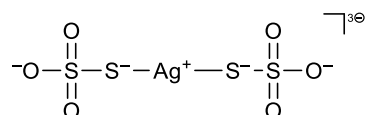
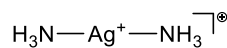
4)

(reaktantem by měl být AgCl, protože je nerozpustný, nicméně lze akceptovat i uvedení Ag⁺)**0,10 bodu.**

5)

(reaktantem by měl být AgI, protože je nerozpustný, nicméně lze akceptovat i uvedení Ag⁺)**0,10 bodu.**

6)

Vzhledem k měkkému charakteru iontů Ag⁺ (měkká kyselina) lze předpokládat koordinaci prostřednictvím atomu síry, který je měkčím donorem (měkká báze) než atom kyslíku (tvrdá báze).*Za každý správný vzorec 0,10 bodů.**Za zdůvodnění koordinace thiosíranu atomem síry 0,10 bodu.***Celkem 0,30 bodu.**

7)

Obsah AgCl a AgBr v původní směsi byl zjevně 0,80 g (1,00 g – 0,20 g AgI):

$$m(\text{AgCl}) + m(\text{AgBr}) = 0,80 \text{ g}$$

A tedy:

$$n(\text{AgCl}) \cdot M(\text{AgCl}) + n(\text{AgBr}) \cdot M(\text{AgBr}) = 0,80 \text{ g}$$

Celkové látkové množství Cl^- a Br^- odpovídá látkovému množství AgI vysráženého z filtrátu:

$$n(\text{AgCl}) + n(\text{AgBr}) = n(\text{AgI}) = m(\text{AgI}) / M(\text{AgI}) = 1,12 \text{ g} / 234,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4,77 \text{ mmol}$$

Řešením soustavy dvou rovnic pro dvě neznámé dostáváme:

$$(0,80 \text{ g} - n(\text{AgBr}) \cdot 187,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) / 143,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + n(\text{AgBr}) = 4,77 \text{ mmol}$$

$$0,80 \text{ g} - n(\text{AgBr}) \cdot 187,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + n(\text{AgBr}) \cdot 143,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4,77 \text{ mmol} \cdot 143,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 684 \text{ mg}$$

$$n(\text{AgBr}) \cdot (143,3 - 187,8) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = (684 - 800) \text{ mg}$$

$$n(\text{AgBr}) \cdot (-44,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = (-116) \text{ mg}$$

$$n(\text{AgBr}) = 2,606 \text{ mmol}$$

$$m(\text{AgBr}) = n(\text{AgBr}) \cdot M(\text{AgBr}) = 2,606 \text{ mmol} \cdot 187,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 490 \text{ mg}$$

$$m(\text{AgCl}) = 0,80 \text{ g} - 490 \text{ mg} = 310 \text{ mg}$$

Původní směs obsahovala 0,31 g AgCl a 0,49 g AgBr.

Za sestavení správných dvou rovnic pro dvě neznámé 0,10 bodu.

Za správné numerické vyřešení soustavy rovnic 0,10 bodu.

Celkem 0,20 bodu.

8)

Správná jsou tvrzení a) a d).

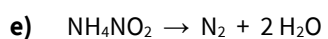
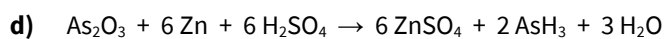
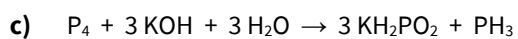
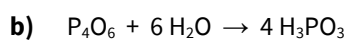
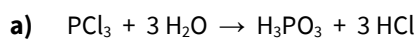
Za každé správně vybrané tvrzení 0,10 bodu, za každé špatně označené tvrzení odečíst 0,10 bodu. Pokud jsou vybrané všechny správné odpovědi a žádná špatná, tak připočíst prémii 0,10 bodu. Pokud je více špatných odpovědí než správných, tak nepenalizovat celkovým záporným součtem, ale udělit 0 bodů.

Celkem 0,30 bodu.

Úloha 5 Trocha systematiky

0,5 bodů

1)



Za každou správně doplněnou a vyčíslenou rovnicí 0,10 bodu.

Celkem 0,50 bodu.

Úloha 6 Kov sloučenin mnoha barev**1,5 bodů**

1)

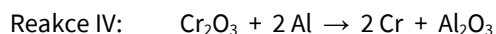
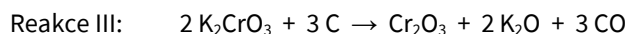
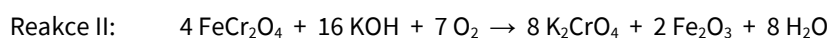
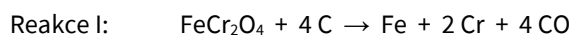
FeCr₂O₄, oxid železnato-chromitý

Za vzorec 0,10 bodu.

Za název 0,10 bodu (bodově nehodnotit variantu názvu „chromitan železnatý“).

Celkem 0,20 bodu.

2)



Za každou správně doplněnou a vyčíslenou rovnicí 0,10 bodu.

Celkem 0,40 bodu.

3)

Podle rovnice reakce II efektivně odreaguje 10 kg KOH s čtvrtinovým látkovým množstvím chromitu:

$$n(\text{FeCr}_2\text{O}_4) = 4/16 \cdot n(\text{KOH}) = m(\text{KOH}) / [4 \cdot M(\text{KOH})] = 10000 \text{ g} / (4 \cdot 56,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 44,6 \text{ mol}$$

$$m(\text{FeCr}_2\text{O}_4) = n(\text{FeCr}_2\text{O}_4) \cdot M(\text{FeCr}_2\text{O}_4) = 44,6 \text{ mol} \cdot 223,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 9981 \text{ g} = 9,98 \text{ kg}$$

$$m(\text{rudy}) = m(\text{FeCr}_2\text{O}_4) / w(\text{FeCr}_2\text{O}_4) = 9,98 \text{ kg} / 0,58 = 17,2 \text{ kg}$$

m(Cr) v 9,98 kg chromitu činí:

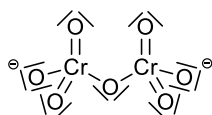
$$m(\text{Cr}) = 2 \cdot m(\text{FeCr}_2\text{O}_4) \cdot M(\text{Cr}) / M(\text{FeCr}_2\text{O}_4) = 2 \cdot 9,98 \text{ kg} \cdot 52,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / 223,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4,64 \text{ kg}$$

Za výpočet množství zpracovatelné rudy 0,10 bodu.

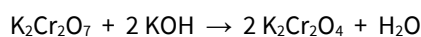
Za výpočet množství izolovatelného chromu 0,10 bodu.

Celkem 0,20 bodu.

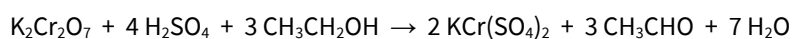
4)

**0,10 bodu.**

5)

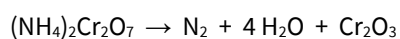
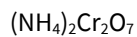
**0,10 bodu.**

6)



0,20 bodu.

7)



Za rovnici reakce 0,10 bodu. V případě, že je uveden pouze výchozí dichroman amonný, ale rovnice reakce je špatně, tak udělit pouze 0,05 bodu.

Celkem 0,10 bodu.

8)

Podle Le Châtelierova principu:

- a)** V případě obou reakcí vzniká více plynných molekul, než je přítomno na straně reaktantů. Zvýšíme-li tlak v reakční nádobě, rovnováha se posune na stranu reaktantů.

Za správný údaj 0,10 bodu.

- b)** Obě reakce jsou exotermické. Snížíme-li teplotu, posune se proto rovnováha na stranu produktů.

Za správný údaj 0,10 bodu.

Celkem 0,20 bodu.

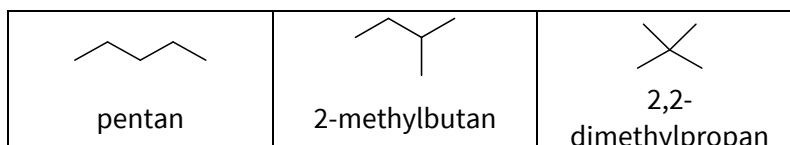
ORGANICKÁ CHEMIE

10 BODŮ

Úloha 1 Isomery pentanu

3,3 bodu

- 1) Existují tři isomery se sumárním vzorcem C_5H_{12} . Pentan, 2-methylbutan (isopentan) a 2,2-dimethylpropan (neopentan).



Za každý správný vzorec 0,06 bodu.

Za každý správný název 0,03 bodu.

Celkem 0,27 bodu.

- 2) Nejnižší bod varu má 2,2-dimethylpropan, nejvyšší bod varu má pentan.

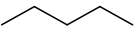
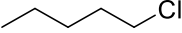
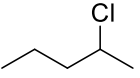
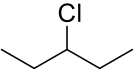
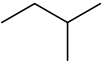
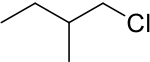
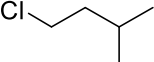
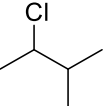
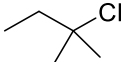

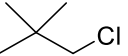
Na teplotu varu alkanů má největší vliv intenzita intermolekulárních van der Waalsových sil. Čím je alkan rozvětvenější, tím má menší povrch a tím jsou intermolekulární síly slabší. Bod varu je tudíž nejvyšší u lineárních isomerů a nejnižší u nejvíce rozvětvených isomerů.

Za správné seřazení 0,09 bodu.

Za správné zdůvodnění 0,16 bodu.

Celkem 0,25 bodu.

- 3)

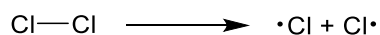
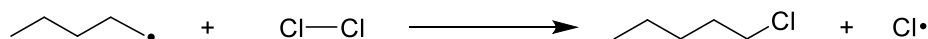
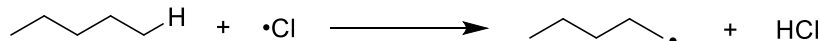
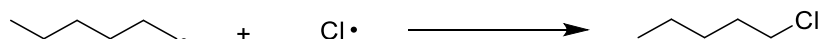
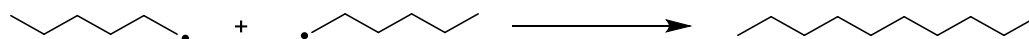
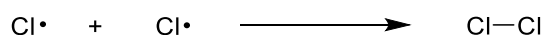
| výchozí látka | produkty | | | |
|---|---|--|--|--|
|  pentan |  1-chlorpentan |  2-chlorpentan |  3-chlorpentan | |
|  2-methylbutan |  1-chlor-2-methylbutan |  1-chlor-3-methylbutan |  2-chlor-3-methylbutan |  2-chlor-2-methylbutan |
|  2,2-dimethylpropan |  1-chlor-2,2-dimethylpropan | | | |

Za každý správný vzorec 0,06 bodu.

Za každý správný název 0,04 bodu.

Celkem 0,80 bodu.

4)

Iniciace:**Propagace:****Terminace:**

Za správně zapsanou rovnicí iniciace 0,08 bodu.

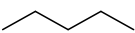
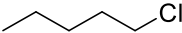
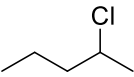
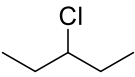
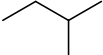
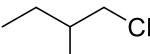
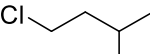
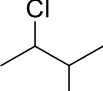
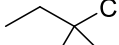


Za každou správně zapsanou rovnicí propagace 0,08 bodu.

Za každou správně zapsanou rovnicí terminace 0,08 bodu.

(Vynechání nepárového elektronu se považuje za chybu, příslušná rovnice se hodnotí 0 body.)

Celkem 0,40 bodu.

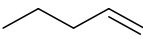
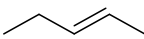
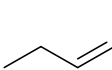
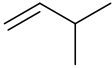
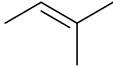
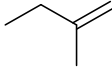
- 5) Zastoupení produktů v reakční směsi je jednak dáno relativní reaktivitou skupiny, která vede na příslušný produkt, a jednak statistickým faktorem – čím větší počet vodíkových atomů, jejichž substituce chlorem poskytne příslušný produkt, tím je vyšší zastoupení onoho produktu v reakční směsi. Vynásobením relativní reaktivity počtem vodíkových atomů dostaneme absolutní zastoupení příslušného produktu v reakční směsi. To už je dále snadno převoditelné na zastoupení relativní (procentuální).

| výchozí látka | produkty a jejich zastoupení | | | |
|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  | |
| | $1 \cdot 6 = 6$ 20 % | $4 \cdot 4 = 16$ 53 % | $2 \cdot 4 = 8$ 27 % | |
|  |  |  |  |  |
| | $1 \cdot 6 = 6$ 27 % | $1 \cdot 3 = 3$ 14 % | $4 \cdot 2 = 8$ 36 % | $5 \cdot 1 = 5$ 23 % |
|  |  | | | |
| | $1 \cdot 12 = 12$ 100 % | | | |

Za správné relativní zastoupení produktů jedné reakce (v procentech, zlomcích či desetinných číslech) 0,30 bodu.

Celkem 0,90 bodu.

6) Lze získat celkem šest různých produktů:

| | | |
|---|---|---|
|  pent-1-en |  (E)-pent-2-en |  (Z)-pent-2-en |
|  3-methylbut-1-en |  2-methylbut-2-en |  2-methylbut-1-en |

Za správný vzorec 0,05 bodu.

Za správný název 0,03 bodu.

U názvů, kde je dvojná vazba v pozici 1, lze také uznat název bez lokantu.

Místo stereodeskriptorů E/Z lze uznat též stereodeskriptory cis/trans.

Vynechání stereodeskriptoru tam, kde je nutné jej uvést, je považováno za chybu a příslušný název je hodnocen 0 body.

Celkem 0,48 bodu.

7) Z uvedených alkenů má nejnižší teplo hydrogenace 2-methylbut-2-en. S rostoucím počtem substituentů na dvojně vazbě roste stabilita alkenů, a čím je alken stabilnější, tím nižší je jeho teplo hydrogenace.

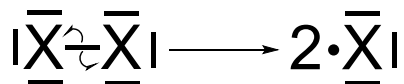
Za správnou odpověď 0,20 bodu.

Celkem 0,20 bodu.

Úloha 2 Elektron sem, elektron tam

3,7 bodu

1)

*Za produkt a stechiometrii 0,08 bodu.**Za znázornění volných elektronových párů 0,08 bodu.**Za správné uvedení šipek znázorňujících pohyb nepárových elektronů 0,08 bodu.***Celkem 0,24 bodu**

- 2) Pro homolytické rozštěpení vazby lze využít UV záření, radikálový iniciátor (například AIBN) či vysokou teplotu (1000 °C), tedy možnosti **a, d, g**.

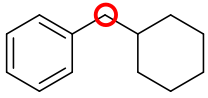
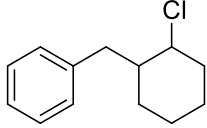
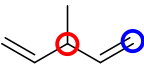
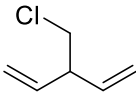

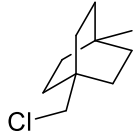
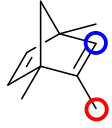
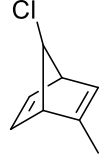
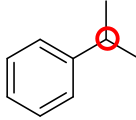
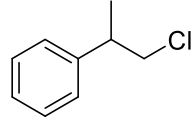
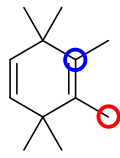
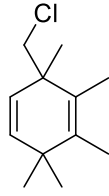
*Každá správná odpověď 0,08 bodu.**Každá chybná odpověď -0,08 bodu.***Celkem 0,25 bodu***(Nejnižší možný bodový zisk za tuto podotázku je 0 bodů.)*

- 3) Správnou odpovědí je možnost **b**. Je zapotřebí si uvědomit stechiometrii reakce (1:2) a také to, že chlor a vznikající radikály jsou v plynném skupenství. Le Chatelierův princip pohyblivé rovnováhy říká, že při zvýšení tlaku v reakci probíhající v plynném skupenství se rovnováha posune směrem na stranu s menším látkovým množstvím plynných složek a naopak.

- a)** Rovnováha reakce je posunuta směrem doleva, dochází tudíž k asociaci vzniklých radikálů.
b) Rovnováha reakce je posunuta směrem doprava, tudíž na stranu vznikajících radikálů.

*Za správný výběr bez zdůvodnění 0 bodů.**Za správný výběr se zdůvodněním 0,49 bodu.***Celkem 0,49 bodu**

4)

| Struktura výchozí látky (+ vyznačení primárně reagujícího uhlíku) | Název majoritního produktu | Struktura minoritního produktu |
|--|--|---|
|  | (chlor(cyklohexyl)methyl)benzen |  či jiný regioisomer s atomem chloru na cyklohexanovém kruhu |
|  | 3-chlor-3-methylpenta-1,4-dien nebo 5-chlor-3-methylpenta-1,3-dien |  |
|  Všechny CH ₂ skupiny v této molekule jsou ekvivalentní, lze tedy označit kteroukoli z nich. | / |  |
|  | |  či jiný regioisomer produktu s atomem chloru na jedné z nezakroužkovaných methylových skupin |
|  | (2-chloropropan-2-yl)benzen |  |
|  | 1-(chlormethyl)-2,3,3,6,6-pentamethylcyklohexa-1,4,dien (pro substituci v červené poloze) nebo 4-chlor-3,3,4,6,6-pentamethyl-5-methylidencyklohex-1-en (pro substituci v modré poloze) |  |

Nejstabilnější radikály jsou v benzylových, pak allylových a až pak terciárních a sekundárních polohách. Proto majoritní produkt radikálové substituce bude nést atom chloru převážně v těchto polohách. Je nutné si ale uvědomit, že v některých bicyklických sloučeninách mohou existovat atomy uhlíku, které se nemohou planarizovat, a proto na nich nemůže vzniknout radikál, ačkoli jsou terciární či v allylové poloze vůči dvojným vazbám. (Atomy uhlíku zvýrazněné modře vedou na produkty radikálové substituce v allylové poloze, jejich vznik zahrnuje přesmyk dvojně vazby.)

Za každou správně vyplněnou buňku 0,17 bodu.

V každé výchozí látce stačí vyznačit jen jeden primárně reagující atom uhlíku.

Pokud název hlavního produktu ve druhém sloupci odpovídá vyznačenému atomu uhlíku v prvním sloupci, je název hodnocen 0,5 body, a to bez ohledu na to, je-li uhlíkový atom v prvním sloupci označen správně či nikoli.

Celkem 2,72 bodu.

Úloha 3 Polycyklické uhlovodíky

3 body

- 1) Látka X je adamantan.



Za správný strukturní vzorec 0,55 bodu.

Za správný triviální název 0,05 bodu.

Celkem 0,6 bodu.

- 2) Molekula adamantanu neobsahuje žádný primární atom uhlíku, obsahuje šest sekundárních a čtyři terciární atomy uhlíku.

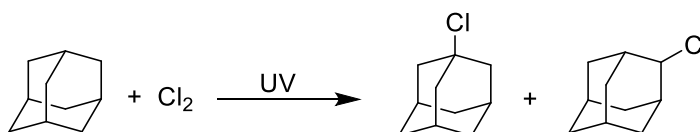
Za správný počet primárních atomů uhlíku 0,04 bodu.

Za správný počet sekundárních atomů uhlíku 0,06 bodu.

Za správný počet terciárních atomů uhlíku 0,06 bodu.

Celkem 0,16 bodu.

- 3) Radikálovou chlorací adamantanu do prvního stupně lze získat dva různé produkty, z nichž druhý uvedený je v reakční směsi nejvíce zastoupený. Relativní reaktivita terciárních a sekundárních skupin při radikálové chloraci se liší jen málo, hlavní vliv zde tedy hraje statistický faktor (4 vodíkové atomy na terciárních atomech uhlíku, oproti tomu 12 vodíkových atomů na sekundárních atomech uhlíku).



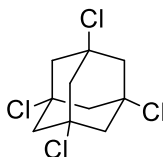
Za kompletní rovnici 0,26 bodu.

(Za rovnici s jedním chybějícím produktem 0,15 bodu.)

Za výběr nejvíce zastoupeného produktu 0,08 bodu.

Celkem 0,34 bodu.

- 4) Aby byl produkt chlorace adamantanu stejně symetrický jako výchozí látka, je třeba na něj zavést alespoň 4 atomy chloru, a to následujícím způsobem:



Za správně uvedený počet atomů chloru 0,10 bodu.

Za správný strukturní vzorec 0,30 bodu.

Celkem 0,40 bodu.

- 5) Stabilita propellanů přímo závisí na stabilitě cyklů, z nichž se skládají. Cyklopropan je méně stabilní než cyklobutan a ten je méně stabilní než cyklopentan. Nejméně stabilní je tudíž [1.1.1]propellan a nejstabilnější je [3.3.3]propellan.

Za správné seřazení podle stability 0,20 bodu.

Za správné odůvodnění 0,50 bodu.

Celkem 0,70 bodu.

- 6) Sumární vzorec kubanu je C_8H_8 . Stupeň nenasycenosti (double bond equivalent, DBE) lze pro uhlovodíky vypočítat následovně:

$$DBE = n(C) - n(H)/2 + 1$$

kde $n(C)$ je počet atomů uhlíku a $n(H)$ je počet atomů vodíku.

Po dosazení získáme:

$$DBE = 8 - 8/2 + 1 = 9 - 4 = 5$$

Z výpočtu vyplývá, že stupeň nenasycenosti kubanu je 5.

Za celý výpočet a správný výsledek 0,40 bodu.

Celkem 0,40 bodu.

- 7) Z výpočtu stupně nenasycenosti kubanu víme, že součet počtu dvojných vazeb a počtu cyklů ve struktuře kubanu musí být pět. Vzhledem k tomu, že kuban obsahuje pouze jednoduché vazby, je jednoznačné, že ve své struktuře obsahuje celkem pět cyklů.

Za správný počet čtyřčlenných cyklů 0,40 bodu.

Celkem 0,40 bodu.