

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

---

# CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

**59. ročník, školský rok 2022/2023**

**Kategória B**

**Domáce kolo**

RIEŠENIE A HODNOTENIE

TEORETICKÝCH A PRAKTICKÝCH ÚLOH

# RIEŠENIE ÚLOH ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 59. ročník – školský rok 2022/2023

## Domáce kolo

Martin Vavra

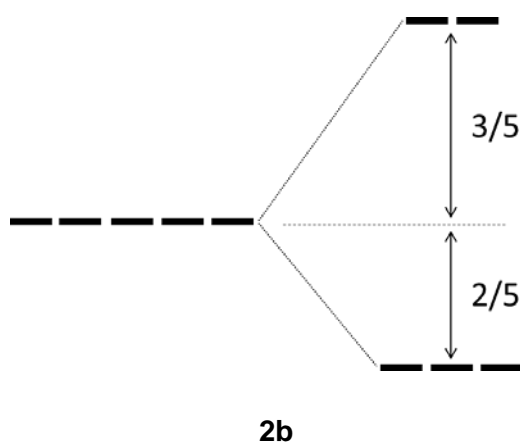
Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

Maximálne 30 bodov

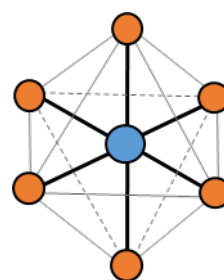
Doba riešenia: bez limitu

### Riešenie úlohy 1 (13 b)

a)



2b



1b

Koordináčné číslo 6

1b

*Ak je zohľadnené zachovanie energetického ťažiska (čo vyplýva z úvodného textu) udeľujeme plné 2b (nemusia byť znázornené šípkami rozdeľujúce ich na pätiny). Ak to zachované nie je, ale pôvodné orbitály sú rozdelené približne rovnomerne, udeľujeme iba 1b.*

*Ak je znázornený iba oktaéder bez polôh jednotlivých atómov, udeľujeme 0,5b.*

b)

${}_{25}\text{Mn}$

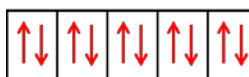
$[\text{Ar}] 3d^5 4s^2$



2b

${}_{30}\text{Zn}^{\text{II}}$

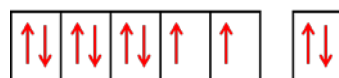
$[\text{Ar}] 3d^{10}$



2b

${}_{28}\text{Ni}$

$[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$



2b

*Ak chýba, či už skrátený alebo rámcový zápis, udeľujeme iba 1b.*

- c)
- |                       |                            |           |
|-----------------------|----------------------------|-----------|
| Triáda železa:        | železo, kobalt, nikel      | <b>1b</b> |
| Ľahké platinové kovy: | ruténium, ródium, paládium | <b>1b</b> |
| Ťažké platinové kovy: | osmium, irídium, platina   | <b>1b</b> |

### Riešenie úlohy 2 (8 b)

- a) Udeľujeme 0,5 b za každé správne priradenie:

II	b c	<b>1b</b>
III	d f g	<b>1,5b</b>
VI	a e g	<b>1,5b</b>

- b)

V rýdzom stave sa môžu vyskytovať: Ušľachtilé kovy **1b**

Aspoň dva príklady: Zlato, striebro, meď, ortuť, platinové kovy... **1b**

*Ak je uvedený iba jeden príklad udeľujeme 0,5b.*

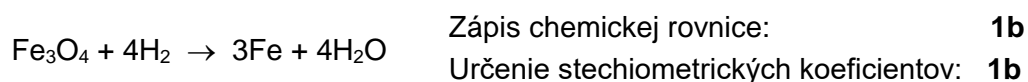
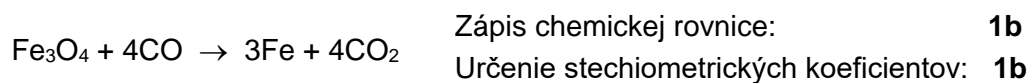
Ušľachtilé kovy majú kladnú hodnotu štandardného elektródového potenciálu a pôsobia oxidačne na kovy s nižšou hodnotou štandardného elektródového potenciálu. Preferujú redukovanú formu, čiže formu kovu, nie katiónu. Nereagujú s vodou ani s kyselinami, ktoré nemajú silné oxidačné účinky - maximálne **2b**).

Ak sú uvedené aspoň dve z uvedených podstatných charakteristík pre ušľachtilý kov (hodnota štandardného potenciálu, preferovaná forma a nízka reaktivita), udeľujeme plný počet bodov (2b).

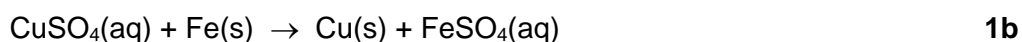
Ak je uvedená iba jedna z nich, tak udeľujeme 1b.

### Riešenie úlohy 3 (9 b)

a)



b)



*Ak nie sú uvedené skupenské stavy udeľujeme iba 0,5b.*

Určujúcou zložkou, v reakcii je síran meďnatý:

$$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{10,0 \text{ g}}{249,682 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 4,005 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n(\text{Cu}) = n(\text{CuSO}_4) = 4,005 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$m_{\text{teor}}(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 4,005 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot 63,546 \text{ g mol}^{-1} = 2,545 \text{ g} \quad (1b)$$

$$\eta(\text{Cu}) = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{teor}}} = \frac{2,198 \text{ g}}{2,545 \text{ g}} = 0,8636 = 86,36 \% \quad (1b)$$

$$n(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CuSO}_4) = 4,005 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$m_{\text{teor}}(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 4,005 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot 278,0106 \text{ g mol}^{-1} = 11,134 \text{ g} \quad (1b)$$

$$\eta(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{teor}}} = \frac{8,113 \text{ g}}{11,134 \text{ g}} = 0,7286 = 72,86 \% \quad (1b)$$

# RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 59. ročník – školský rok 2022/2023

## Domáce kolo

Mgr. Peter Šramel, PhD., Ing. Juraj Malinčík

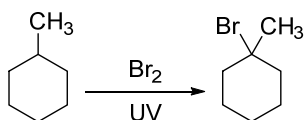
Katedra organickej chémie, PriF UK, Univerzita Komenského v Bratislave

Maximálne 30 bodov

### Úloha 1 (21,75 b)

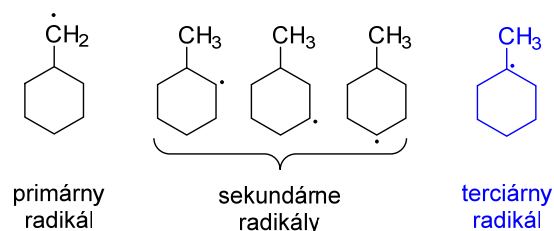
#### a) (0,75 b)

**0,25 b** za správne nakreslenú štruktúru východiskovej látky; **0,25 b** za správnu štruktúru produktu; **0,25 b** za správne zapísanú reakčnú schému



#### b) (3,50 b)

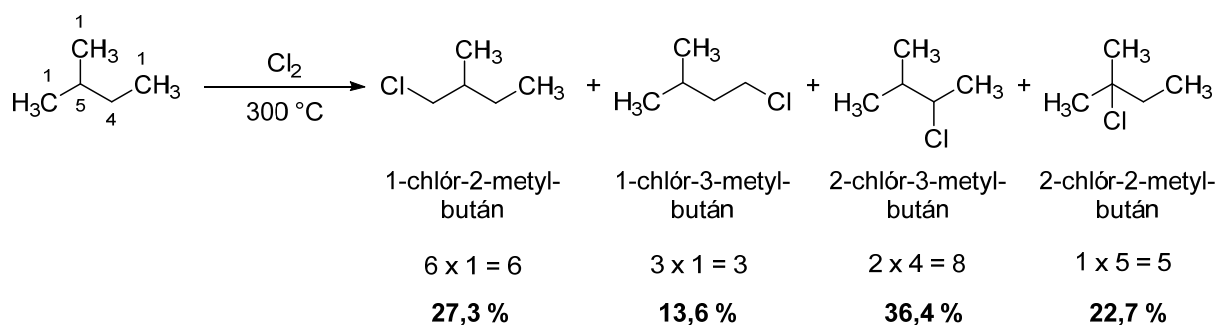
**0,25 b** za každý správne nakreslený radikálový intermediát; **0,25 b** za každý správne určený charakter príslušného intermediátu; **0,50 b** za správny výber najstabilnejšieho intermediátu a **0,50 b** za správne vysvetlenie selektivity danej reakcie



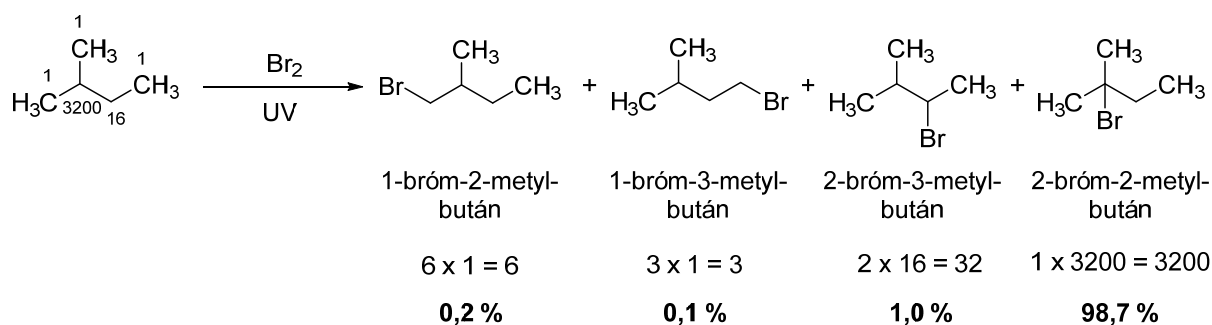
Pri danej radikálovej bromácii môže vznikáť jeden primárny radikálový intermediát, tri sekundárne a jeden terciárny. Vzhľadom na to, že terciárny intermediát je zo všetkých najstabilnejší, bude dominantným reakčným intermediátom vedúcim k vyššie uvedenému dominantnému produktu – terciárnemu brómalkánu.

#### c) (5,25 b)

**0,25 b** za správne zapísanú reakčnú schému; **0,50 b** za každý správne nakreslený produkt; **0,25 b** za každý správne pomenovaný produkt; **0,50 b** za každé správne vypočítané percentuálne zastúpenie daného produktu



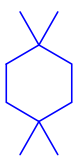
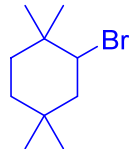
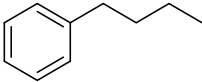
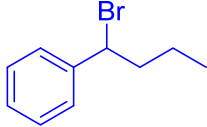
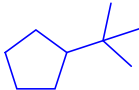
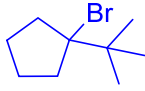
**d) (5,25 b)**



**e), f) (7 b)**

**0,25 b** za každý(ú) správne uvedený(ú) názov / štruktúru východiskového alkénu; **0,50 b** za každú správne uvedenú štruktúru dominantného produktu; **0,25 b** za každý správne uvedený názov dominantného produktu (v prípade uvedenia štruktúry minoritného produktu (regioizoméru) udeliť **0,25 b**, v prípade jeho správneho pomenovania **0,25 b**)

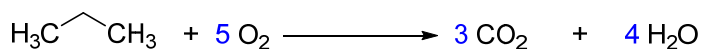
Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu
1,2-dimetyl-cyklohexán		$\text{Br}_2 / \text{UV}$	 1-bróm-1,2-dimetyl-cyklohexán
2-metylheptán		$\text{Br}_2 / \text{UV}$	 2-bróm-2-metylheptán
3-etylpentán		$\text{Br}_2 / \text{UV}$	 3-bróm-3-etylpentán
2,2-dimetylbután		$\text{Br}_2 / \text{UV}$	 3-bróm-2,2-dimetylbután

1,1,4,4-tetrametyl- cyklohexán		Br <sub>2</sub> / UV	 2-bróm-1,1,4,4-tetrametyl- cyklohexán
butylbenzén		Br <sub>2</sub> / UV	 (1-brómbutyl)benzén
<i>tert</i> - butylcyklopentán		Br <sub>2</sub> / UV	 1- <i>tert</i> -butyl-1-bróm- cyklopentán

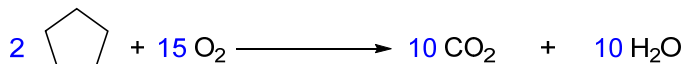
### Úloha 2 (8,25 b)

**0,25 b** za každú správne nakreslenú štruktúru východiskového alkénu; **0,25 b** za každú správne napísanú reakčnú rovnicu; **0,50 b** za správne vyrovnanie reakčnej rovnice

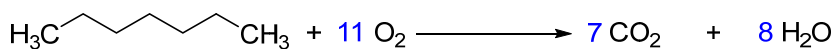
a) (1 b)



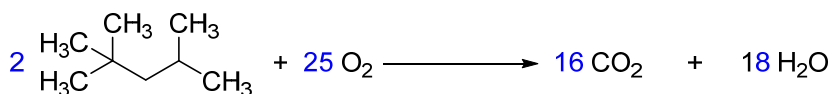
b) (1 b)



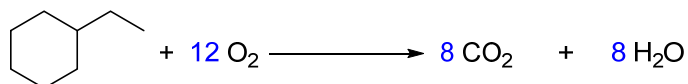
c) (1 b)



d) (1 b)



e) (1 b)

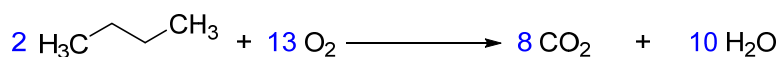


(3,25 b)

**f) 0,25 b** za správne nakreslenú štruktúru východiskového alkénu; **0,25 b** za správne napísanú reakčnú rovnicu; **0,50 b** za správne vyrovnanie reakčnej rovnice; **0,50 b** za správne určenie mólového pomeru  $n(\text{bután}) / n(\text{CO}_2)$ ; **0,50 b** za správny výpočet  $n(\text{butánu})$ ; **0,50 b** za správny výpočet  $n(\text{CO}_2)$ ; **0,75 b** za správny výpočet  $V(\text{CO}_2)$ . Body udeliť aj v prípade inak štruktúrovaného doloženého výpočtu. V prípade zrejmej numerickej chyby túto penalizovať

**0,25 b** z bodov pridelených za príslušný výpočet (minimálny výsledný počet bodov = 0). Jednu chybu nepenalizovať viackrát: ak nastala numerická chyba v prvej časti výpočtu a ďalej už s touto chybnou hodnotou výpočty správne, nesúlad číselnej hodnoty už druhý krát nepenalizovať.

Z rovnice horenia butánu je zrejmé, že látkové množstvá butánu a  $\text{CO}_2$  sú v pomere  $2/8 = 1/4$ . To znamená, že z jedného mólu butánu vzniknú štyri móly  $\text{CO}_2$ .



$$\frac{n(\text{bután})}{n(\text{CO}_2)} = \frac{1}{4} \rightarrow n(\text{CO}_2) = 4 \cdot n(\text{bután})$$

$$n(\text{bután}) = \frac{m(\text{bután})}{M(\text{bután})} = \frac{1300 \text{ g}}{58,12 \text{ g mol}^{-1}} = 22,37 \text{ mol}$$

$$n(\text{CO}_2) = 4 \cdot n(\text{bután}) = 4 \cdot 22,37 \text{ mol} = 89,47 \text{ mol}$$

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_m = 89,47 \text{ mol} \cdot 22,41 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} = 2005,02 \text{ dm}^3 \approx 2,0 \text{ m}^3$$

Spálením 1,3 kg butánu vznikne 2,0  $\text{m}^3$   $\text{CO}_2$ .



# RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 59. ročník – školský rok 2022/2023

## Domáce kolo

### Pavel Májek

Ústav analytickej chémie FCHPT STU v Bratislave

Maximálne 40 bodov

### Experimentálna úloha (28 b)

#### a) Príprava 250 dm<sup>-3</sup> 0,05 mol dm<sup>-3</sup> roztoku Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:

hmotnosť štandardu Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (s):  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c \cdot V \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$

$$m_s = 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,25 \text{ dm}^3 \cdot 105,9884 \text{ g mol}^{-1} = 1,3249 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

návažok: 1,3325 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sa rozpustil a doplnil na 250 cm<sup>3</sup>,

$$\text{koncentrácia štandardu: } c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V_{\text{roztoku}}}$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,3325 \text{ g} / (105,9884 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,25 \text{ dm}^3) = 0,05029 \text{ mol dm}^{-3}$$

#### b) Príprava 250 dm<sup>-3</sup> 0,1 mol dm<sup>-3</sup> roztoku HCl:

zásobný roztok HCl:  $c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$

odmerný roztok: 250 cm<sup>3</sup> HCl (k) s  $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ :

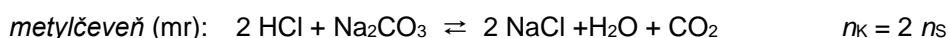
$$\text{riedenie: } V_{\text{zásobný}} = 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,25 \text{ dm}^3 / (1 \text{ mol dm}^{-3}) = 25,0 \text{ cm}^3$$

Stanovenie presnej koncentrácie odmerného roztoku HCl:

#### c) indikátor Tashiro:

na štandardizáciu sa pipetovalo: 20,0 cm<sup>3</sup> štandardného roztoku Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>,

reakcia pri štandardizácii na indikátor Tashiro (zmesný indikátor metylčerveň + metylénová modrá):



priemerná spotreba HCl na mr:  $\bar{V}_{\text{mr}} = 19,75 \text{ cm}^3$

$$\bar{c}_{\text{HCl, mr}} = 2 \cdot c_s \cdot V_s / \bar{V}_{\text{mr}} = 2 \cdot 0,05029 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 20,0 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 / 19,75 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = \mathbf{0,1019 \text{ mol dm}^{-3}}$$

#### d) indikátor fenoftaleín:

na štandardizáciu sa pipetovalo: 20,0 cm<sup>3</sup> štandardného roztoku Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>,

reakcia pri štandardizácii na indikátor fenoftaleín:



priemerná spotreba HCl na ff:  $V_{\text{ff}} = 9,85 \text{ cm}^3$

$$\bar{c}_{\text{HCl, ff}} = c_s \cdot V_s / \bar{V}_{\text{ff}} = 0,05029 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 20,0 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 / 9,85 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = \mathbf{0,1021 \text{ mol dm}^{-3}}$$

#### e) reprezentatívna hodnota koncentrácie roztoku HCl: 0,1020 mol dm<sup>-3</sup> (priemerná hodnota stanovenia)

### bodovanie:

**1 b:** výpočet návažku a); príprava roztoku a); príprava roztoku b); správna koncentrácia e); každá titrácia (max. 6 b);

**2 b:** výpočet koncentrácie c); výpočet koncentrácie d);

**14 b:** relatívna chyba stanovenia koncentrácie HCl  $\delta$  v %:

$$\bar{\delta} \leq 3\%: 14 \text{ bodov}; (\bar{i}+2; \bar{i}+3): \text{ body} = 14 - i, i = 1; 13; \bar{\delta} > 16\%: 0 \text{ bodov}$$

### Riešenie úlohy 1 (3 b)

*Odmerná analýza* je metóda kvantitatívnej chemickej analýzy, kde sa na základe presného merania objemu odmerného činidla potrebného na úplné zreagovanie stanovovanej látky v analyzovanom roztoku určí jeho množstvo.

*Titračná krivka* je grafická závislosť signálu (pH,  $E$ , pM) od objemu titračného činidla alebo titračného stupňa.

*Acidobázický indikátor* je slabá organická kyselina alebo zásada, ktorej disociovaná a nedisociovaná forma majú rôzne sfarbenie.

*Bod ekvivalencie* je stav, keď pridané látkové množstvo činidla je chemicky ekvivalentné látkovému množstvu stanovovanej látky. Dosiachnutie bodu ekvivalencie je teoretický koncový bod titrácie, nazýva sa tiež stechiometrický bod.

*Koncový bod titrácie* je stav, kedy titráciu ukončíme napr. na základe zmeny farby vizuálneho indikátora, zmeny vodivosti, absorpcie alebo potenciálu.

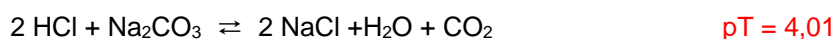
*Miliekvivalent* (milival) je definovaný ako 1  $\mu\text{mol}$  ( $\mu\text{g}$ ) atómu vodíka, alebo množstvo ľubovoľného iného prvku (skupiny), ktorá v reakcii zodpovedá atómu vodíka, alebo ho nahradzuje.

### Riešenie úlohy 2 (2 b)

Štandardizácia HCl (k) na  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (s):

Indikátor pre danú titráciu volíme predovšetkým tak, aby oblasť jeho farebného prechodu odpovedala pH v okolí bodu ekvivalencie (pT) na titračnej krivke.

a) metylčerveň (mr): rozmedzie pH: 4,4 – 6,2  $pK_{\text{ind}} = 4,95$



b) fenolftaleín (ff): rozmedzie pH: 8,2 – 10,0  $pK_{\text{ind}} = 9,5$



Vhodnejším indikátorom je fenolftaleín (ff), pretože pri titracii nedochádza k absorpcii  $\text{CO}_2$  v roztoku a pH pri ktorom sfarbenie ff začína alebo prestáva byť viditeľným je 8,2 – roztok je mierne pretitrovaný ( $pT = 8,31$ ).

Poradie vhodnosti indikátorov (vhodný  $\rightarrow$  menej vhodný): ff  $\rightarrow$  mr.

### Riešenie úlohy 3 (1,5 b)

Stupeň ionizácie,  $\alpha$  udáva podiel látkového množstva ionizovaných častíc  $n_i$  voči celkovému počtu častíc rozpustených vo vode ( $n_i + n_n$ ). Pre  $\alpha$  platí: silné elektrolyty,  $\alpha \geq 0,3$ ; stredne silné elektrolyty,  $0,03 < \alpha < 0,3$ ; slabé elektrolyty,  $\alpha \leq 0,03$ . Podľa hodnoty disociačnej konštanty určujeme silu kyselín a zásad, a teda aj voľbu vhodného odmerného činidla a indikátora na stanovenie látok na základe protolytických reakcií.

#### Riešenie úlohy 4 (2 b)

*Funkčná oblasť indikátora* je rozmedzie pH, ktoré umožňuje pozorovať farebnú zmenu indikátora. Pri titrácii volíme indikátor tak, aby pH v okolí bodu ekvivalencie na titračnej krivke bolo vo funkčnej oblasti indikátora. Na titráciu je vhodný taký acidobazický indikátor, ktorého farebná zmena je v rozmedzí dvoch jednotiek pH.

*Funkčná oblasť indikátora:*  $\text{pH} = \text{p}K_{\text{ind}} \pm 1$ .

#### Riešenie úlohy 5 (1 b)

a):  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{NaOH}$ ; alebo:  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{B}(\text{OH})_3 + 2\text{NaOH}$

#### Riešenie úlohy 6 (2,5 b)

Rovnica stanovenia:  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 2\text{HCl} + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{NaCl}$   $n_b/n_k = 1/2$

bezvodý  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ : (b);

HCl: (k)

$\text{H}_2\text{O}$ : (w)

$M_b(\text{bezvodý}) = 201,2193 \text{ g mol}^{-1}$

$M_w = 18,01528 \text{ g mol}^{-1}$

$m(\text{hydát, 99,25 \%}) = 1,4565 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$

$m(\text{hydát, 100 \%}) = 1,4565 \cdot 0,9925 = 1,4456 \text{ g}$

zásobný roztok:  $V_{\text{vzorka}} = 100 \text{ cm}^3$

aliquotná časť:  $V_{\text{itrácia}} = 20 \text{ cm}^3$

$c_k = 0,1020 \text{ mol dm}^{-3}$

$V_k = 19,46 \text{ cm}^3$

$m_b = 0,5 \cdot M_b \cdot c_k \cdot V_k \cdot 100/20 = 0,5 \cdot 201,2193 \cdot 0,102 \cdot 0,01946 \cdot 5 = 0,9985 \text{ g}$  borax bezvodý

$m_w = m_b(\text{hydát, 100 \%}) - m_b(\text{bezvodý}) = 1,4456 - 0,9985 = 0,4471 \text{ g}$  vody

$w_b = 0,9985/1,4456 = 0,6907 = 69,07 \%$

$M(\text{hydrát}) = M_b(\text{bezvodý})/w_b = 201,2193/0,6907 = 291,3117 \text{ g mol}^{-1}$

počet  $\text{H}_2\text{O} = (M(\text{hydrát}) - M_b(\text{bezvodý}))/M_w = (291,3117 - 201,2193)/18,01528 = 5,00$

Vzorec kryštalického tetraboritanu sodného:  **$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$**

Názov minerálu: **tinkalkonit**

---

Autori: RNDr. Martin Vavra, PhD., Mgr. Peter Šramel PhD., Ing. Pavel Májek, PhD., (vedúci autorského kolektívu).

Recenzenti: Ing. Simona Herdová, doc. RNDr. Martin Putala, PhD., Ing. Agneša Szarka, PhD.

Vydal: IUVENTA, Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2022.