

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

56. ročník, školský rok 2019/2020

Kategória B

Krajské kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE

SÚŤAŽNÝCH ÚLOH

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 56. ročník – školský rok 2019/2020

Krajské kolo

RNDr. Martin Vavra, PhD.

Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

Maximálne 30 bodov

Riešenie úlohy A1 (10 b)

- a) Minerály s obsahom fluóru sú fluorit (kazivec), kryolit, topás alebo fluórapatit (**2 b**). (ak sú uvedené aspoň dva minerály, dávame plný počet bodov; ak iba jeden, tak udelíme iba jeden bod).
- b) Kritériom delenia štruktúr iónových zlúčenín všeobecného vzorca AB medzi NaCl a CsCl sú hodnoty iónových polomerov. Ak sú rozdielne, tak štruktúra kryštalizuje podľa vzoru NaCl, ak sú približne rovnaké, tak podľa vzoru CsCl (**2 b**).
- c) Potrebujeme si vypočítať koncentráciu NaCl vo fyziologickom roztoku (**2 b**) a pomocou nej si vypočítame koncentráciu chloridu vápenatého (**2 b**):

$$c(\text{NaCl}) = \frac{\rho \cdot w}{M(\text{NaCl})} = c(\text{NaCl}) = \frac{1000 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,009}{58,443 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,154 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\pi(\text{NaCl}) = \pi(\text{CaCl}_2)$$

$$i(\text{NaCl}) \cdot c(\text{NaCl}) \cdot R \cdot T = i(\text{CaCl}_2) \cdot c(\text{CaCl}_2) \cdot R \cdot T$$

$$i(\text{NaCl}) \cdot c(\text{NaCl}) = i(\text{CaCl}_2) \cdot c(\text{CaCl}_2)$$

$$c(\text{CaCl}_2) = \frac{i(\text{NaCl}) \cdot c(\text{NaCl})}{i(\text{CaCl}_2)} = \frac{2 \cdot 0,154 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}}{3} = 0,1027 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\text{Platí: } n(\text{CaCl}_2) = n(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}).$$

Na základe toho priamo vypočítame hmotnosť $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (**2 b**):

$$m(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = c(\text{CaCl}_2) \cdot V \cdot M(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$$

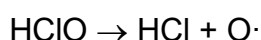
$$m(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,1027 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 1,000 \text{ dm}^3 \cdot 219,07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 22,50 \text{ g}$$

Riešenie úlohy A2 (7 b)

- a) Disproporcionačná reakcia je podskupinou redoxných reakcií, kde dochádza k redukcii aj oxidácii toho istého atómu (1 b).
- b) Reakciou plynného chlóru v studenej vode dochádza k vzniku kyseliny chlorovodíkovej a kyseliny chlórnej (za správne názvy produktov: 2 x 0,5 b = 1 b):



- c) Vodu dezinfikuje kyselina chlórna, ktorá rozpadom uvoľňuje radikál kyslíka. Ten má dezinfekčné účinky (1 b):



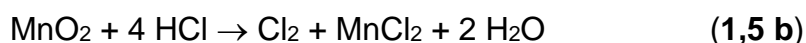
d) $w(\text{Cl v HCl}) = \frac{1 \cdot M_r(\text{Cl})}{M_r(\text{HCl})} = \frac{35,453}{36,4609} = 0,972$ (1 b)

$$w(\text{Cl v HClO}) = \frac{1 \cdot M_r(\text{Cl})}{M_r(\text{HClO})} = \frac{35,453}{52,4599} = 0,676 \quad (1 \text{ b})$$

- e) V domácom prostredí používame na dezinfekciu vody najmä soli kyseliny chlórnej - chlórnaný, napr.: NaClO alebo Ca(ClO)₂ (1 b).

Riešenie úlohy A3 (4,5 b)

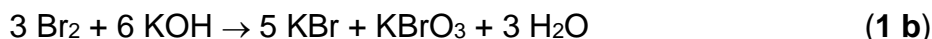
- a) Suspenzia je druh heterogénnej sústavy, kde v kvapalnej fáze je dispergovaná tuhá fáza (0,5 b).
- b) Pôsobením kyseliny chlorovodíkovej na MnO₂ krátkodobo vzniká Cl₂, ktorý okamžite reaguje s jodidom draselným za vzniku I₂:



- c) Modré zafarbenie roztoku spôsobil uvoľnený jód, ktorý v prítomnosti škrobu dáva výrazné tmavomodré zafarbenie (1 b).

Riešenie úlohy A4 (8,5 b)

a) Stechiometrické koeficienty uvedenej reakcie sú nasledovné:



b) KBr – bromid draselný (0,5 b); KBrO₃ – bromičnan draselný (0,5 b)

c) Určujúcou zložkou reakcie je Br₂, podľa ktorého si vypočítame rozsah reakcie:

$$\xi = \frac{n(\text{Br}_2)}{\nu(\text{Br}_2)} = \frac{m(\text{Br}_2)}{M(\text{Br}_2) \cdot \nu(\text{Br}_2)} = \frac{\rho(\text{Br}_2) \cdot V(\text{Br}_2)}{M(\text{Br}_2) \cdot \nu(\text{Br}_2)} = \frac{7,59 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot 15,3 \text{ cm}^3}{159,808 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 3} = 0,2422 \text{ mol}$$

$$m(\text{KBr}) = \xi \cdot \nu(\text{KBr}) \cdot M(\text{KBr}) = 0,2422 \text{ mol} \cdot 5 \cdot 119,002 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 144,12 \text{ g} \quad (1,5 \text{ b})$$

$$m(\text{KBrO}_3) = \xi \cdot \nu(\text{KBrO}_3) \cdot M(\text{KBrO}_3) = 0,2422 \text{ mol} \cdot 1 \cdot 166,999 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m(\text{KBrO}_3) = 40,451 \text{ g} \quad (1,5 \text{ b})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \xi \cdot \nu(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,2422 \text{ mol} \cdot 3 \cdot 18,0148 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 13,091 \text{ g} \quad (1,5 \text{ b})$$

d) Potrebný objem roztoku KOH vypočítame takisto z rozsahu reakcie:

$$V(\text{KOH}) = \frac{n(\text{KOH})}{c(\text{KOH})} = \frac{\xi \cdot \nu(\text{KOH})}{c(\text{KOH})} = \frac{0,2422 \text{ mol} \cdot 6}{0,750 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}} = 1,938 \text{ dm}^3 \quad (1 \text{ b})$$

Plus nadbytok 50%:

$$V(\text{KOH}) = 1,938 \cdot (1+0,5) = 2,906 \text{ dm}^3 \quad (1 \text{ b})$$

Iný správny postup riešenia príkladu, napr. pomocou trojčleniek, je takisto za plný počet bodov.

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 56. ročník – školský rok 2019/2020



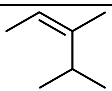

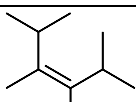
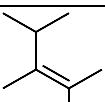
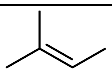
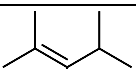
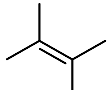
Krajské kolo

Dušan Bortňák

Oddelenie organickej chémie, Ústav organickej chémie, katalýzy a petrochémie FCHPT STU

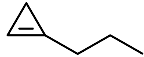
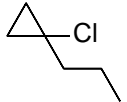
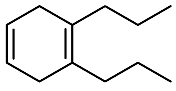
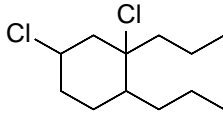
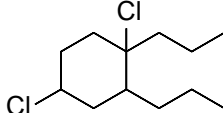
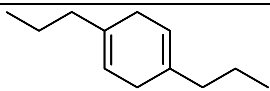
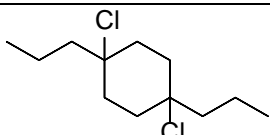
Maximálne 30 bodov

Riešenie úlohy O1 (16,5 bodov)

Štruktúrny vzorec a názov alkénu	Štruktúrny vzorec a názov alkénu
 (Z)-but-2-én	 (E)-but-2-én
 (Z)-3,4-dimetylpent-2-én	 (E)-3,4-dimetylpent-2-én
 (Z)-2,3,4,5-tetrametylhex-3-én	 (E)-2,3,4,5-tetrametylhex-3-én
 2-metylbut-2-én	 2,3,4-trimetylpent-2-én
 2,3-dimetylbut-2-én	

1 bod za každý štruktúrny vzorec (max. 9 b), **0,5 b** za názov (max. 4,5 b) a **0,5 b** za stereodeskriptor (*E/Z*) (max. 3 b).

Riešenie úlohy O2 (13,5 bodu)

Štruktúrny vzorec a názov uhľovodíka	Štruktúrny vzorec a názov produktu(ov) adície nadbytku HCl
 <p>1-propylcycloprop-1-én A</p>	 <p>1-chlór-1-propylcyclopropán</p>
 <p>1,2-dipropylcyclohexa-1,4-dién B</p>	 <p>1,5-dichlór-1,2-dipropylcyclohexán</p>  <p>1,4-dichlór-1,2-dipropylcyclohexán</p>
 <p>1,4-dipropylcyclohexa-1,4-dién C</p>	 <p>1,4-dichlór-1,4-dipropylcyclohexán</p>

1b za napísanie správnych štruktúrnych vzorcov uhľovodíkov alebo halogénderivátov (spolu 7 b),
1 b za správne priradenie jednotlivých uhľovodíkov k písmenám (spolu 3 b), **0,5 b** za názov (3,5 b).

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 56. ročník – školský rok 2019/2020

Krajské kolo, dištančná forma

Pavel Májek

Ústav analytickej chémie FCHPT STU v Bratislave

Maximálne 20 bodov

Analyza leptacej zmesi – Virtuálne stanovenie

Riešenie úlohy P1 (9 bodov)

koncentrácia štandardného roztoku NaOH (L): $c_L = 2,050 \cdot 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$

hmotnosť 10 cm³ vzorky leptacej zmesi – $m_{vz} = 10,1141 \text{ g}$

a) *hmotnostná koncentrácia LZ*: $\rho = 10,1141 / 10 = 1,0114 \text{ g cm}^{-3}$

celkový objem vzorky – $V_{\text{total}} = 100 \text{ cm}^3$

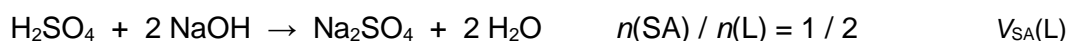
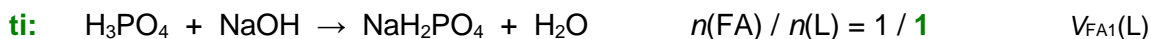
na stanovenie obsahu H₂SO₄ (SA) a H₃PO₄ (FA) (% , m/m) vzorky sa pipetovalo:

aliquotný podiel LZ – $V_{\text{ap}} = 10 \text{ cm}^3$

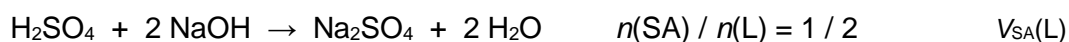
spotreba štandardného roztoku NaOH na **Tashiro (ti)** $\bar{V}_a = 17,40 \text{ cm}^3$

spotreba štandardného roztoku NaOH na **fenolftalein (ff)** $\bar{V}_b = 19,60 \text{ cm}^3$

b) Reakcie stanovenia:



$V_{\text{ti}}(\text{L}) = V_{\text{FA1}}(\text{L}) + V_{\text{SA}}(\text{L}) = 17,4 \text{ cm}^3$ **celková spotreba NaOH na Tashiro indikátor**



$V_{\text{ff}}(\text{L}) = V_{\text{FA2}}(\text{L}) + V_{\text{SA}}(\text{L}) = 19,6 \text{ cm}^3$ **celková spotreba NaOH na indikátor fenolftaleín**

c) $V_{\text{FA1}} = V_{\text{ff}}(\text{L}) - V_{\text{ti}}(\text{L}) = 19,60 - 17,40 = 2,20 \text{ cm}^3$

$V_{\text{SA}}(\text{L}) = V_{\text{ti}}(\text{L}) - V_{\text{FA1}}(\text{L}) = 17,40 - 2,20 = 15,20 \text{ cm}^3$

$n(\text{FA}) = c(\text{L}) \cdot V_{\text{FA1}}(\text{L}) = 0,2050 \cdot 2,20 \cdot 10^{-3} = 4,510 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$

$n(\text{SA}) = 0,5 \cdot c(\text{L}) \cdot V_{\text{SA}}(\text{L}) \cdot M(\text{SA}) = 0,5 \cdot 0,2050 \cdot 10^{-1} \cdot 15,20 \cdot 10^{-3} = 1,558 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$

$m(\text{FA}) = c(\text{L}) \cdot V_{\text{FA1}}(\text{L}) \cdot M(\text{FA}) = 0,2050 \cdot 2,20 \cdot 10^{-3} \cdot 97,9952 = 4,420 \cdot 10^{-2} \text{ g} / 10 \text{ cm}^3$

$w(\text{FA}) = m(\text{FA}) / m_{vz} = 100 \cdot 4,420 \cdot 10^{-2} / 10,1141 = 4,370 \cdot 10^{-1} \%$

$c(\text{FA}) = m(\text{FA}) / (M(\text{FA}) \cdot V_{\text{ap}}) = 4,420 \cdot 10^{-2} / (97,9952 \cdot 10 \cdot 10^{-3}) = 4,510 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

$$m(\text{SA}) = 0,5 \cdot c(\text{L}) \cdot V_{\text{SA}}(\text{L}) \cdot M(\text{SA}) = 0,5 \cdot 0,2050 \cdot 10^{-1} \cdot 15,20 \cdot 10^{-3} \cdot 98,0785 = 1,528 \cdot 10^{-1} \text{ g} / 10 \text{ cm}^3$$

$$w(\text{SA}) = 100 \cdot m(\text{SA}) / m_{\text{vz}} = 100 \cdot 1,528 \cdot 10^{-1} / 10,1141 = 1,511 \%$$

$$c(\text{SA}) = m(\text{SA}) / (M(\text{SA}) \cdot V_{\text{ap}}) = 1,528 \cdot 10^{-1} / (98,0785 \cdot 10 \cdot 10^{-3}) = 1,558 \cdot 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$$

Riešenie úlohy P2 (4 body)

a) $c(\text{SA}) : c(\text{FAH}_3\text{PO}_4) = 1,558 \cdot 10^{-1} : 4,510 \cdot 10^{-2} = 3,45 : 1 \approx 3,5 : 1 = 7 : 2$

$$w(\text{SA}) : w(\text{FAH}_3\text{PO}_4) = 1,511 : 0,437 = 3,46 : 1 \approx 3,5 : 1 = 7 : 2$$

b) Z výsledku analýzy LZ:

$$c(\text{H}_3\text{PO}_4) = 4,510 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,558 \cdot 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$$

LZ zriedená 10 krát

$$c(\text{H}_3\text{PO}_4) = 4,510 \cdot 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,558 \text{ mol dm}^{-3}$$

LZ pred zriedením

pre zmes pripravenú zmiešaním v objemovom pomere 1:1 platí:

$$c_x \cdot V = c_{\text{zmes}} \cdot 2 \cdot V$$

kde je koncentrácia roztoku: c_x – pred zmiešaním, c_{zmes} – po zmiešaní, teda

$$c_x = 2 \cdot c_{\text{zmes}}$$

zásobné roztoky kyselín na prípravu LZ majú nasledovnú koncentráciu:

kyselina fosforečná: $c(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,90 \text{ mol dm}^{-3}$

kyselina sírová: $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 3,12 \text{ mol dm}^{-3}$

Bodovanie:

1 b: výpočet: hmotnostnej koncentrácie LZ (ρ , g cm⁻³); spotreby $V_L(\text{SA})$; spotreby $V_L(\text{FA})$; $n(\text{FA})$; $n(\text{SA})$; $m(\text{FA})$ a $m(\text{SA})$ vo vzorke; $w(\text{FA})$ a $w(\text{SA})$ vo vzorke; spolu maximálne 7 bodov,

2 b: reakcie stanovenia LZ na indikátor **a)** Tashiro, **b)** fenolftaleín; výpočet pomeru SA/FA.

Riešenie úlohy P3 (7 bodov)

a) Mierou sily kyselín (a) a zásad (b) je ich disociačná konštanta ($K_{\text{a(b)}}$), ktorá charakterizuje protolytickú rovnováhu vo vodných roztokoch. Je to termodynamická veličina a závisí najmä od teploty. Čím je hodnota $K_{\text{a(b)}}$ väčšia, tým je protolytická rovnováha posunutá v prospech disociovej formy látky (katióny, resp. anióny), a tým je látka silnejšou kyselinou (zásadou). Podľa hodnoty disociačnej konštanty určujeme silu kyselín a zásad nasledovne – protolyty:

silné $\text{p}K_{\text{a(b)}} < 2$, stredne silné $2 < \text{p}K_{\text{a(b)}} < 4$, slabé $\text{p}K_{\text{a(b)}} > 4$, veľmi slabé $\text{p}K_{\text{a(b)}} > 10$; (2 b)

b) Kyseliny, (2 b) napr.:

jednosýtne: HF, HClO₄, HNO₃, HSbF₆ – najsilnejšia kyselina;

dvojsýtne: H₂SO₄, H₂S₂O₃, H₂B₂O₇, H₂GeO₃;

trojsýtne: H₃BO₄, H₃AsO₃, H₃AsO₄;

štvorsýtne: H₄P₂O₇, H₄SiO₄, H₄As₂O₅.

Uznať možno akékoľvek iné správne kyseliny.

- c)** Opakovaným stanovením možno odstrániť hrubé chyby stanovenia, ktoré sú spôsobené experimentátorom ako sú: nesprávne odčítanie nameranej hodnoty, nedodržanie pracovného postupu a iné; (1 b).
- d)** Ak sa namerané hodnoty (súbor n hodnôt) zoradia (napr. vzostupne: najmenšia až najväčšia), potom priemer (aritmetický \bar{x} , geometrický, vážený) pre $n \geq 2$, môže byť dobrým odhadom strednej hodnoty – mediánu \tilde{x} . Stredná hodnota svojou veľkosťou delí nameraný súbor hodnôt presne na polovicu a lepšie vystihuje správnu hodnotu výsledku experimentu. Výber reprezentatívnej hodnoty zo súboru nameraných hodnôt môže byť daný predpisom, prípadne experimentátorom na základe priebehu a výsledkov experimentu; (2).

Autori: Ing. Dušan Bortňák, RNDr. Martin Vavra, PhD., Ing. Pavel Májek, PhD., (vedúci autorského kolektívu).

Recenzenti: Ing. Simona Matejová, doc. RNDr. Martin Putala, PhD., doc. Ing. Jana Sádecká, PhD.

Vydal: IUVENTA, Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2019.