

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

60. ročník, školský rok 2023/2024

Kategória B

Krajské kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE

SÚŤAŽNÝCH ÚLOH

RIEŠENIE ÚLOH ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 60. ročník – školský rok 2023/2024

Krajské kolo

Martin Vavra

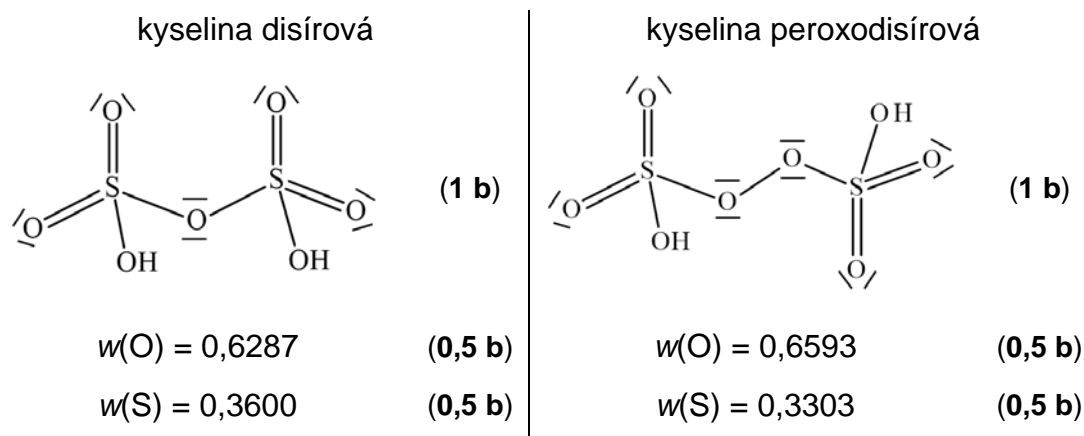
Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: 60 minút

Riešenie úlohy 1 (11 b)

a)



Ak je tvar molekuly správny, za chýbajúce voľné elektrónové páry neodpočítavame žiadne body.

b)

Teplota varu vody po znížení tlaku klesne. (1 b)

Teplota topenia vody po zvýšení tlaku klesne. (1 b)

Voda môže sublimovať pri nižšom tlaku v porovnaní s atmosférickým tlakom. (1 b)

Teplota varu vody po zvýšení tlaku stúpne. (1 b)

c)

CuFeS₂ chalkopyrit (0,5 b) sulfid meďnato-železnatý (1 b)

Polymorfia: jedna zlúčenina v závislosti od vonkajších podmienok existuje v rôznych kryštalických formách. (1 b)

Polymorfne modifikácie sulfidu zinočnatého sú:

sfalerit (0,25 b) a wurtzit (0,25 b).

Riešenie úlohy 2 (9 b)

a)



Pretože máme zadané údaje o oboch reaktantoch, musíme zistiť, ktorý z nich nie je v nadbytku a ďalej počítať podľa neho. Napríklad pomocou rozsahu reakcie:

$$\xi(\text{CuS}) = \frac{n(\text{CuS})}{\nu(\text{CuS})} = \frac{m(\text{CuS})}{\nu(\text{CuS}) \cdot M(\text{CuS})} = \frac{25,0 \text{ g}}{1 \cdot 95,612 \text{ g mol}^{-1}} = 0,2615 \text{ mol}$$

$$\xi(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl})}{\nu(\text{HCl})} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{\nu(\text{HCl})} = \frac{2,00 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,250 \text{ dm}^3}{2} = 0,250 \text{ mol}$$

Z uvedeného vyplýva, že sulfid meďnatý je v nadbytku. Určujúca zložka pre stechiometrický výpočet je kyselina chlorovodíková. Ďalej teda počítame podľa rozsahu reakcie vypočítaného podľa HCl.

$$n(\text{H}_2\text{S}) = \nu(\text{H}_2\text{S}) \cdot \xi = 1 \cdot 0,250 \text{ mol} = 0,250 \text{ mol} \quad (1 \text{ b})$$

Pretože reakcie neprebíha pri normálnych podmienkach, objem sulfánu vypočítame zo stavovej rovnice ideálneho plynu:

$$T = 273,15 + 10 = 283,15 \text{ K} \quad (0,5 \text{ b})$$

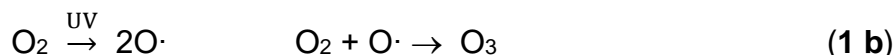
$$V(\text{H}_2\text{S}) = \frac{n(\text{H}_2\text{S}) \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0,250 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 283,15 \text{ K}}{98\,500 \text{ Pa}} = 0,00597 \text{ m}^3$$

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 5,97 \text{ dm}^3 \quad (2,5 \text{ b})$$

Správny výsledok dosiahnutý odlišným postupom je takisto za plný počet bodov.

Ak súťažiaci počítal stav za normálnych podmienok s výsledkom 5,6 dm³, tak za celú úlohu 2a udelujeme 2,5 b (1,5 b za rovnicu a 1 b za výpočet).

b)



Nevyhnutnou podmienkou prirodzenej tvorby ozónu je UV žiarenie. Fotedisociáciou molekulového kyslíka vznikajú dva radikály kyslíka O·. (0,5 b)

Ozón vo vyšších vrstvách atmosféry plní ochrannú funkciu pred nebezpečným UV žiarením zo slnka. (0,5 b)

Ireverzibilný rozklad ozónu spôsobujú freóny (0,5 b); napr. CFCl₃, CF₂Cl₂, CF₃Cl...

Ak žiak uvedie aspoň jeden vzorec, udelíme 1 b.

Riešenie úlohy 3 (10 b)

a)

$$m(\text{Cu}) = c_m(\text{Cu}) \cdot V = 250 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,100 \text{ dm}^3 = 25,0 \text{ mg}$$

$$n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{25,0 \text{ mg}}{63,546 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,3934 \text{ mmol} \quad (1 \text{ b})$$

$$n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Cu}) = 0,3934 \text{ mmol}$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,3934 \text{ mmol} \cdot 249,682 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 98,2 \text{ mg} \quad (2 \text{ b})$$

Za správny výsledok dosiahnutý odlišným postupom takisto udelíme plný počet bodov.

b)



$$m(100\% \text{ FeS}_2) = m(\text{FeS}_2) \cdot w = 150 \text{ g} \cdot (1 - 0,0250) = 14 \quad (1 \text{ b})$$

$$n(\text{FeS}_2) = \frac{m(\text{FeS}_2)}{M(\text{FeS}_2)} = \frac{146,25 \text{ g}}{119,977 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,219 \text{ mol}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{n(\text{FeS}_2)}{2} = \frac{1,219 \text{ mol}}{2} = 0,6095 \text{ mol} \quad (1 \text{ b})$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,6095 \text{ mol} \cdot 159,687 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 97,33 \text{ g} \quad (1 \text{ b})$$

Za správny výsledok dosiahnutý odlišným postupom takisto udelíme plný počet bodov.

c)



RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 60. ročník – školský rok 2023/2024

Krajské kolo

Mgr. Peter Šrnel, PhD.,¹ Ing. Juraj Malinčík, PhD.²

¹Katedra organickej chémie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave

²Van't Hoff Institute for Molecular Sciences, Univerzita v Amsterdame

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: 60 minút

Úloha 1 (12 b)

a) **1 b** za správne uvedenú reakciu

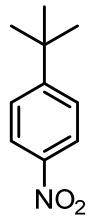
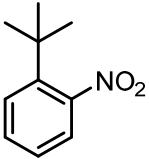
		b
Reakcia	$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NO}_2^{\oplus} + \text{HSO}_3^{\ominus} + \text{H}_2\text{O}$	1

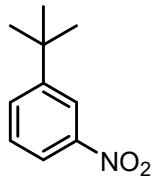
b)

0,5 b za každý správne uvedený štruktúrny vzorec

0,5 b za každý správne uvedený názov

1 b za správne zoradenie


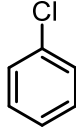
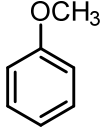
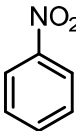
			b
Produkt	Štruktúra produktu	Názov produktu	
P1		1- <i>tert</i> -butyl-4-nitrobenzén	1
P2		1- <i>tert</i> -butyl-2-nitrobenzén	1

P3		1- <i>tert</i> -butyl-3-nitrobenzén	1			
Zoradenie podľa stúpajúceho zastúpenia	P3	<	P2	<	P1	1

c) **0,5 b** za každý správne uvedený štruktúrny vzorec

1 b za správne zoradenie

b

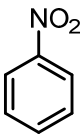
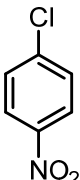
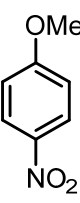
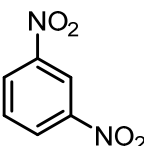
Názov zlúčeniny	Štruktúra zlúčeniny	
benzén		0,5
chlórbenzén		0,5
metoxybenzén		0,5
nitrobenzén		0,5
Zoradenie podľa stúpajúcej reaktivity	nitrobenzén < chlórbenzén < benzén < metoxybenzén	1

d)

0,5 b za každý správne uvedený štruktúrny vzorec

0,5 b za každý správne uvedený názov

b

Názov východiskovej zlúčeniny	Štruktúra produktu nitrácie	Názov produktu nitrácie	
benzén		nitrobenzén	1
chlórbenzén		1-chlór-4-nitrobenzén	1
metoxybenzén		1-metoxy-4-nitrobenzén	1
nitrobenzén		1,3-dinitrobenzén	1

Úloha 2 (9 b)

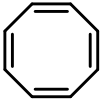

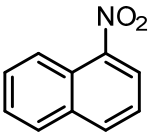
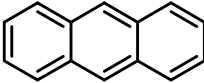
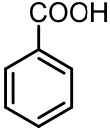

0,5 b za každý správne uvedený štruktúrny vzorec

0,5 b za každý správne uvedený názov

0,5 b za každý správne uvedený počet elektrónov

0,5 b za každé správne rozhodnutie o aromaticite

b

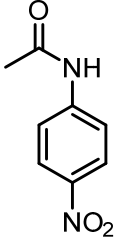
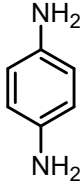
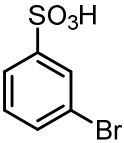
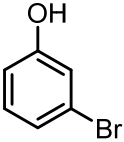
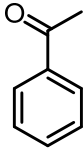
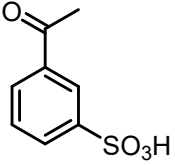
Štruktúrny vzorec	Názov	Počet π -elektrónov	Aromatická?	
	cyklookta-1,3,5,7-tetraén	8	NIE	1,5
	cyklopropén	2	NIE	1,5
	1-nitronaftalén	10	ÁNO	1,5
	antracén	14	ÁNO	1,5
	kyselina benzoová (kyselina benzénkarboxylová)	6	ÁNO	1,5
	cyklohexa-1,4-dién	4	NIE	1,5

Úloha 3 (6 b)

0,5 b za každý správne uvedený štruktúrny vzorec

0,5 b za každý správne uvedený názov

b

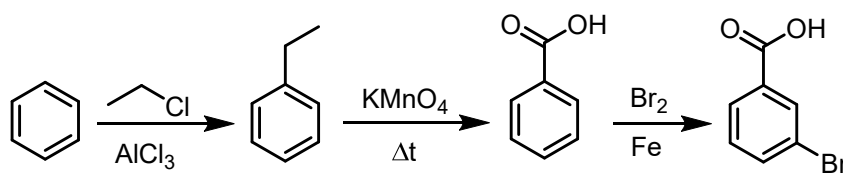
Produkt	Štruktúra produktu	Názov produktu	
A		4-nitrofenylamid kyseliny octovej (<i>p</i> -nitroacetanilid, <i>N</i> -acetyl-4-nitroanilín)	1
B		benzén-1,4-diamín	1
C		kyselina 3-brómbenzénsulfónová	1
D		3-brómfenol	1
E		fenylmetylketón (1-fenyletán-1-ón, 1-fenyletanón, acetofenón)	1
F		kyselina 3-acetylbenzénsulfónová	1

Úloha 4 (3 b)

2,5 b za správne navrhnutú syntézu. Uznať aj každé iné správne riešenie.

0,5 b za správny názov konečného produktu.

b

Návrh syntézy	 <p>The reaction scheme shows the synthesis of 3-bromobenzoic acid from benzene. It consists of three steps: 1) Friedel-Crafts alkylation of benzene with ethyl chloride and AlCl₃ to form ethylbenzene; 2) oxidation of ethylbenzene with KMnO₄ and heat (Δ) to form benzoic acid; 3) bromination of benzoic acid with Br₂ and Fe to form 3-bromobenzoic acid.</p>	2,5
Názov zlúčeniny	Kyselina 3-brómbenzénkarboxylová	0,5

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 60. ročník – školský rok 2023/2024

Krajské kolo

Pavel Májek

Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave

Maximálne 40 bodov

Stanovenie obsahu Bi a Zn v paste Dermatol

Experimentálna úloha (28 b)

b) Príprava 250 cm³ 0,02 mol dm⁻³ roztoku Na₂EDTA:

$$M(\text{Na}_2\text{EDTA}, \text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 372,2369 \text{ g mol}^{-1}$$

hmotnosť štandardu Na₂EDTA (K3): $m(\text{K3}) = c \cdot V \cdot M(\text{K3})$

$$m(\text{K3}) = 0,02 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,25 \text{ dm}^3 \cdot 372,2369 \text{ g mol}^{-1} = 1,8612 \text{ g Na}_2\text{EDTA}$$

návažok: 1,8656 g Na₂EDTA sa rozpustil a doplnil na objem 250 cm³,

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

$$c(\text{Na}_2\text{EDTA}) = 1,8656 \text{ g} / (372,2369 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,25 \text{ dm}^3) = 2,00474 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

c) Stanovenie Bi a Zn chelátometricky vedľa seba



$$\text{M} = \text{Bi, Zn} \quad n(\text{M}^{2+})/n(\text{Y}^{4-}) = 1/1$$

$$M(\text{Bi}) = 208,9804 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{Zn}) = 65,3800 \text{ g mol}^{-1}$$

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

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

$$c(\text{Y}^{4-}) = 2,00474 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

spotreba Na₂EDTA na Bi³⁺: $V(\text{Y}^{4-}) = 5,1 \text{ cm}^3$

spotreba Na₂EDTA na Zn²⁺: $V(\text{Y}^{4-}) = 21,5 - 5,1$

spotreba Na₂EDTA na Zn²⁺: 16,4 cm³

$$m(\text{Bi}) = c(\text{Y}^{4-}) \cdot V(\text{Y}^{4-}) \cdot M(\text{Bi}) \cdot 100/20$$

$$m(\text{Zn}) = c(\text{Y}^{4-}) \cdot V(\text{Y}^{4-}) \cdot M(\text{Zn}) \cdot 100/20$$

$$m(\text{Bi}) = 2,00474 \cdot 10^{-2} \cdot 5,1 \cdot 10^{-3} \cdot 208,9804 \cdot 100/20$$

$$m(\text{Zn}) = 2,00474 \cdot 10^{-2} \cdot 16,4 \cdot 10^{-3} \cdot 65,38 \cdot 100/20$$

$$m(\text{Bi}) = 106,8 \text{ mg Bi}$$

$$m(\text{Zn}) = 107,5 \text{ mg Zn}$$

bodovanie:

0,5 b: príprava roztoku a), príprava roztoku b),

1 b: výpočet hmotnosti b), váženie b), výpočet koncentrácie b), každá titrácia c) (max. 6 b);

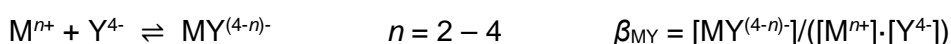
2 b: výpočet: hmotnosti Bi c) a Zn c); max. 14 bodov za zručnosť;

7 b: relatívna chyba stanovenia Bi; δ , %: V_{Bi} (cm³);

7 b: relatívna chyba stanovenia Zn; δ , %: V_{Zn} (cm³);

$\delta \leq 5$ %: 7 b.; $(5+3(i-1); 5+3i)$: body = $7-i$, $i = 1, 7$; $\delta > 23$ %: 0 bodov

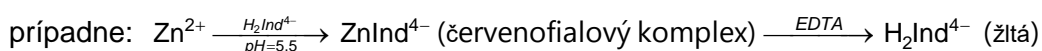
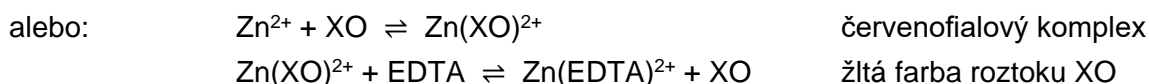
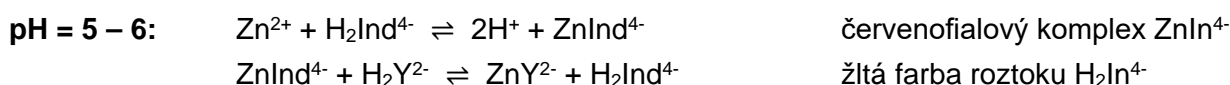
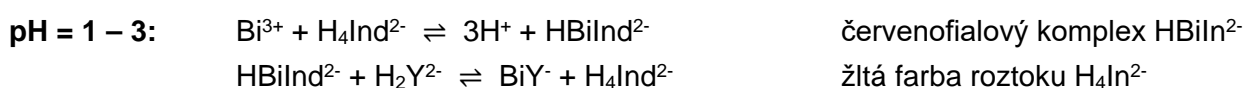
Riešenie úlohy 1 (2 b)



Riešenie úlohy 2 (2 b)

Rovnováha komplexačnej reakcie – Úloha 1 (charakterizovaná konštantou stability komplexu β_{MY}) je ovplyvňovaná vedľajšou reakciou – protonizáciou H_4Y , ktorá je závislá na hodnote pH v roztoku. Rôzne hodnoty pH a tlmivé roztoky použité pri titrácii udržiavajú pH v požadovanom rozmedzí a umožňujú selektívne stanoviť kationy v zmesi.

Riešenie úlohy 3 (4 b)



Možno uznať i všeobecnú rovnicu:



kde $\beta_{MeInd} < \beta_{MeY}$.

Riešenie úlohy 4 (2 b)

Operácie v postupe stanovenia Bi a Zn vedľa seba, ktoré sú zaťažené chybou a možno ich opakovaním analýzy odhaliť:

- (1) príprava vzorky a úprava pH,
- (2) váženie štandardnej látky (dva návažky),
- (3) príprava presných roztokov v odmernej banke,
- (4) množstvo tuhého vizuálneho indikátora (XO),
- (5) určenie koncového bodu titrácie,
- (6) dodržanie následnosti pracovného postupu,
- (7) nesprávna stechiometria reakcie stanovenia pri výpočte,
- (8) spôsob výpočtu výsledku stanovenia,
- (9) zaokrúhľovanie čísel pri výpočte.

Riešenie úlohy 5 (2 b)

Aritmetický priemer (ako odhad strednej hodnoty) oveľa lepšie vystihuje správnu hodnotu výsledku než jednotlivé merania, čím sa vylúčia (úplne, príp. čiastočne) chyby: (4) – (6).

Ak rozptyl nameraných údajov je veľký postupuje sa nasledovne: po zoradení údajov podľa veľkosti niektorú z hodnôt vylúčime a urobí sa nový aritmetický priemer (urezaný priemer), prípadne sa vyberie tzv. reprezentatívna hodnota nameraného súboru údajov.