

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

58. ročník, školský rok 2021/22

Kategória A

Celoštátne kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH



RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 58. ročník – školský rok 2021/22

Celoštátne kolo

Jozef Sochr

Hmotnosť m_1 vzorky mosadze pred rozpustením uvedená na nádobe: 0,3520 g (min) 0,3767 g (max)		
Štandardizácia odmerného roztoku chelatónu III		
Hmotnosť m_2 ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) uvedená na liekovke: 1,4377 g		
Výpočet presnej koncentrácie štandardného roztoku Zn^{2+} po rozpustení m_2 v odmernej banke s objemom 250 cm³ $(M_{ZnSO_4 \cdot 7H_2O} = 287,53 \text{ g/mol})$ $c_{Zn^{2+}} = c_{ZnSO_4} = \frac{n}{V} = \frac{m_2}{M_2 \times V} = \frac{m_{ZnSO_4 \cdot 7H_2O}}{M_{ZnSO_4 \cdot 7H_2O} \times V} = \frac{1,4377 \text{ g}}{287,53 \text{ g/mol} \times 0,25 \text{ dm}^3}$ $= 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$		
Výpočet 4pb		
Napište všetky reakcie prebiehajúce pri stanovení presnej koncentrácie odmerného roztoku: $Zn^{2+}(\text{celkový}) + Ind \rightarrow [Zn - Ind]^{2+} + Zn^{2+}(\text{voľný})$ $Zn^{2+}(\text{voľný}) + H_2Y^{2-} \rightarrow ZnY^{2-} + 2H^+$ $[Zn - Ind]^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow ZnY^{2-} + 2H^+ + Ind$		
Reakcie (každá 1 pb), max. 3pb		
Opíšte pozorovanie reakčnej zmesi v jednotlivých fázach titrácie:		
Opis štandardného roztoku: (sfarbenie, zákal)	Bezfarebný, bez zákalu	0,5 pb
Sfarbenie reakčnej zmesi po pridaní indikátora:	Ružovo-fialové	0,5 pb
Sfarbenie reakčnej zmesi na konci titrácie:	Žlté	0,5 pb
Pipetovaný objem $V_1 = 20 \text{ cm}^3$ štandardného roztoku $ZnSO_4$		
Spotreba odmerného roztoku pri štandardizácii		
$V_{21}, \text{ cm}^3$	$V_{22}, \text{ cm}^3$	$V_{23}, \text{ cm}^3$
20,0	20,0	20,0
Priemerná/akceptovaná hodnota $V_2 = 20,0 \text{ cm}^3$		
Zhoda objemov, max 3 pb Výber objemu, max 1 pb		
Vypočítajte presnú koncentráciu chelatónu III:		
$n_{Zn^{2+}} = n_{\text{chelátón III}} = (c \times V_1)_{Zn^{2+}} = 0,02 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,02 \text{ dm}^3 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ $c_{\text{chelátón III}} = \frac{n_{Zn^{2+}}}{V_2} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,02 \text{ dm}^3} = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$		
Výpočet koncentrácie 4 pb Správnosť dosiahnutého výsledku, max 25 pb		

Stanovenie kovov vo vzorke mosadze		
<p>Napište všetky reakcie prebiehajúce pri chelátometrickom stanovení sumárnej koncentrácie meďnatých a zinočnatých iónov. Pre všeobecný zápis katiónu kovu použite symbol Me^{2+}</p> <p>V kroku a) časť voľných meďnatých a zinočnatých katiónov kovov (všeobecne Me^{2+}) bude tvoriť komplexy s indikátorom</p> $Me^{2+}(\text{celkový}) + Ind \rightarrow [Me - Ind]^{2+} + Me^{2+}(\text{voľný})$ <p>kým voľné katióny vytvárajú stabilnejší komplex s chelatónom.</p> $Me^{2+}(\text{voľný}) + H_2Y^{2-} \rightarrow MeY^{2-} + 2H^+$ <p>V bode ekvivalencie chelatón vytesní z menej stabilného komplexu voľný indikátor</p> $[Me - Ind]^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow MeY^{2-} + 2H^+ + Ind$ <p>V kroku b) je meď viazaná tiomočovinou do stabilnejšieho komplexu (maskovací proces), pričom zinok zostáva voľný a pri daných podmienkach reaguje podľa známych rovníc.</p> <p style="text-align: right;">Reakcie (každá 1 pb), max.3 pb</p>		
Údaje získané z experimentov:		
Krok a)		
Opíšte pozorovanie reakčnej zmesi v jednotlivých fázach titrácie:		
Opis vzorky: (sfarbenie, zákal)	Modrastý roztok, bez zákalu	0,5 pb
Opis vzorky po pridaní tlmivého roztoku:	Intenzívnejšie modré zafarbenie	0,5 pb
Sfarbenie reakčnej zmesi po pridaní indikátora:	Zelené sfarbenie	0,5 pb
Sfarbenie reakčnej zmesi na konci titrácie:	Fialové sfarbenie	0,5 pb
Pipetovaný objem $V_3 = 10 \text{ cm}^3$ vzorky		
Spotreba odmerného roztoku pri titrácii v kroku 1		
$V_{41}, \text{ cm}^3$	$V_{42}, \text{ cm}^3$	$V_{43}, \text{ cm}^3$
27,3	27,3	27,3
Priemerná/akceptovaná hodnota $V_4 = 27,3 \text{ cm}^3$		Zhoda objemov, max 3 pb Výber objemu, max 1 pb
Krok b)		
Opíšte pozorovanie reakčnej zmesi v jednotlivých fázach titrácie:		
Opis vzorky: (sfarbenie, zákal)	Modrastý roztok, bez zákalu	bez pb
Sfarbenie reakčnej zmesi po pridaní tiomočoviny:	Strata modrastého sfarbenia, mierne žlté sfarbenie	0,5 pb
Sfarbenie reakčnej zmesi po pridaní indikátora:	Fialové sfarbenie	0,5 pb
Sfarbenie reakčnej zmesi na konci titrácie:	Žlté sfarbenie	0,5 pb
Pipetovaný objem $V_3 = 10 \text{ cm}^3$ vzorky		
Spotreba odmerného roztoku pri titrácii v kroku 2		
$V_{51}, \text{ cm}^3$	$V_{52}, \text{ cm}^3$	$V_{53}, \text{ cm}^3$
11,8	11,8	11,8
Priemerná/akceptovaná hodnota $V_5 = 11,8 \text{ cm}^3$		Zhoda objemov, max 3 pb Výber objemu, max 1 pb

Výpočty:**Vypočítajte hmotnostné percento zložiek vo vzorke mosadze:** $(A_{Zn} = 65,380 \text{ g/mol}, A_{Cu} = 63,546 \text{ g/mol})$

Krok a)

$$n_{\text{suma kovov}} = n_{\text{chel}} = (c \times V_4)_{\text{chel}} = 0,02 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,0273 \text{ dm}^3 = 5,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Výpočet 2 pb

Krok b)

$$n_{Zn^{2+}} = n_{\text{chel}} = (c \times V_5)_{\text{chel}} = 0,02 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,0118 \text{ dm}^3 = 2,36 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{Cu^{2+}} = n_{\text{suma kovov}} - n_{Zn^{2+}} = 4,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Výpočet 4 pb

Hmotnosti kovov

$$m_{Me^{2+}} = (n \times M)_{Me^{2+}} \times f_z$$

$$m_{Cu^{2+}} = (n \times A)_{Cu^{2+}} \times \frac{V_{\text{vzorky}}}{V_3} = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \times 63,546 \text{ g/mol} \times \frac{0,1 \text{ dm}^3}{0,010 \text{ dm}^3} = 0,1970 \text{ g}$$

$$m_{Zn^{2+}} = (n \times A)_{Zn^{2+}} \times \frac{V_{\text{vzorky}}}{V_3} = 2,36 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \times 65,380 \text{ g/mol} \times \frac{0,1 \text{ dm}^3}{0,010 \text{ dm}^3} = 0,1543 \text{ g}$$

Výpočet 4 pb

Hmotnostný zlomok kovov vo vzorke (min. hmotnosť)

$$w_{Me} = \frac{m_{Me}}{m_{\text{vzorka mosadze}}}$$

$$w_{Cu} = \frac{m_{Cu}}{m_{\text{vzorka mosadze}}} = \frac{0,1970 \text{ g}}{0,3520 \text{ g}} = 0,56$$

$$w_{Zn} = \frac{m_{Zn}}{m_{\text{vzorka mosadze}}} = \frac{0,1543 \text{ g}}{0,3520 \text{ g}} = 0,44$$

Alternatívny hmotnostný zlomok kovov vo vzorke (max. hmotnosť)

$$w_{Me} = \frac{m_{Me}}{m_{\text{vzorka mosadze}}}$$

$$w_{Cu} = \frac{m_{Cu}}{m_{\text{vzorka mosadze}}} = \frac{0,1970 \text{ g}}{0,3767 \text{ g}} = 0,523$$

$$w_{Zn} = \frac{m_{Zn}}{m_{\text{vzorka mosadze}}} = \frac{0,1543 \text{ g}}{0,3767 \text{ g}} = 0,409$$

Výpočet 4 pb

Správnosť dosiahnutých výsledkov 2x25 pb (obsah Cu a Zn), max 50 pb

Zhodnoťte zistené údaje o zložení Vašej vzorky mosadze (záver):

Vzorka (min.) obsahovala 56% medi a 44% zinku.

Súčet hmotností oboch kovov je 0,3513 g, takže hmotnosť legovacích prímiesí je zanedbateľná (je na úrovni odchýlky stanovenia)

Alternatíva (max): Vzorka obsahovala 52,3 % medi, 40,9 % zinku. Súčet hmotnosti hlavných zložiek je menší ako hmotnosť vzorky bronzu, preto 6,8 % hmotnosti vzorky tvoria neznáme legovacie prvky.

Záver 5 pb

Počet pomocných bodov:

Celkový počet bodov (koeficient prepočtu 0,2):

Hodnotiaci kľúč:

Zhoda objemov: myslená ako presnosť (opakovateľnosť) výsledkov v rámci daného kroku experimentu, podľa maximálneho intervalu spotrieb (V_{\min} , V_{\max}) (platné pre všetky titrácie):

0,1 cm ³	3 pb
0,2 cm ³	2 pb
0,4 cm ³	1 pb

Výber objemu: Hodnotenie uvažovania riešiteľa podľa položky „Priemerná/akceptovaná hodnota“ – študent uvažuje do aritmetického priemeru všetky hodnoty, alebo odľahlé hodnoty vylúči z uvažovania (platné pre všetky titrácie). Konkrétne:

Všetky spotreby rovnaké	1 pb
Väčšina spotrieb rovnaká a napr. jedna odlišná hodnota, ktorú riešiteľ neuvažuje	1 pb
Väčšina spotrieb rovnaká a odlišná hodnota, riešiteľ ale uvažuje všetky hodnoty	0,8 pb
Spotreby rôzne	0,5 pb

Správnosť dosiahnutých výsledkov (koncentrácia odmerného roztoku chelatónu III, obsah Zn a Cu): odchýlka od známej/master hodnoty, ktorú mal riešiteľ získať. Kritériami sú stanovená koncentrácia odmerného roztoku a hmotnosti Zn a Cu, nie ich hmotnostné %. Dosiahnutá hodnota odchýlky vo výsledku, uplatňuje sa celkovo 3x (max. 75 pb):

Interval 0 – 2%	25 pb
Interval 2,1 – 4,0%	20 pb
Interval 4,1 – 7,0%	15 pb
Interval 10,1 – 15,0%	10 pb
Viac ako 15%	0 pb

Hodnotenie v prípade neúplných odpovedových hárkov: Ak riešiteľ nevyrieši výpočtovú časť a zrealizuje iba experiment, podľa jeho získaných hodnôt komisia vypočíta obsah zložiek, za ktoré mu udelia pomocné body podľa intervalov.

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 58. ročník – školský rok 2021/22
Celoštátne kolo

Samuel Andrejčák, Lucia Feriancová, Martin Putala

Maximálne 15 bodov

Úloha 1 (12,0 b)

Hmotnosť rekryštalizovaného produktu, vysušeného stáťím cez noc (10,0 b)

$m \leq 0,22 \text{ g}$	počet bodov = $10 \cdot m / 0,22 \text{ b}$
$0,22 \text{ g} \leq m \leq 0,36 \text{ g}$	plný počet bodov (10 b)
$0,36 \text{ g} \leq m \leq 0,51 \text{ g}$	počet bodov = $10 \cdot [(0,51 - m) / 0,15] \text{ b}$
$m \geq 0,51 \text{ g}$	0 b

Poznámka: výťažok v kontrolnom experimente bol 0,29 g (47 %).

Kontrola teploty topenia (1,0 b)

-hodnotí sa veľkosť intervalu teploty topenia:

interval teploty topenia $\leq 20 \text{ }^\circ\text{C}$ (1,0 b)

interval teploty topenia $20 \text{ }^\circ\text{C} < t.t. \leq 60 \text{ }^\circ\text{C}$, počet bodov = $1 + 0,025 \cdot (20 - t.t.)$

-ak po roztopení zostanú vo vzorke tuhé zvyšky, zrážka 0,5 b

Tenkovrstvová chromatografia (1 b)

Označenie platničky štart, cieľ, VL, P 4 x 0,10 b = 0,4 b

Vyvolanie platničky- R_F hodnoty

R_F (VL)	$0,50 \leq R_F \leq 0,60$	0,3 b	
	$0,60 < R_F \leq 0,65$	počet bodov = $0,3 + 6 \cdot (0,60 - R_F) \text{ b}$	
	$0,45 \leq R_F < 0,50$	počet bodov = $0,3 - 6 \cdot (0,50 - R_F) \text{ b}$	
R_F (produkt)	$0,35 \leq R_F \leq 0,45$	0,15 b	1. škvrna
	$0,30 \leq R_F < 0,35$	počet bodov = $0,15 - 3 \cdot (0,35 - R_F) \text{ b}$	
	$0,45 < R_F \leq 0,50$	počet bodov = $0,15 + 3 \cdot (0,45 - R_F) \text{ b}$	
	$0,10 \leq R_F \leq 0,20$	0,15 b	2. škvrna
	$0,05 \leq R_F < 0,10$	počet bodov = $0,15 - 3 \cdot (0,10 - R_F) \text{ b}$	
	$0,20 < R_F \leq 0,25$	počet bodov = $0,15 + 3 \cdot (0,20 - R_F) \text{ b}$	

Úloha 2 (1,8 b = 7 x 0,2 + 4 x 0,1 b)

a)

$$v(\text{fluoresceín}) = 1; v(\text{jód}) = 4 \quad (0,2 \text{ b})$$

fluoresceín = **A**

$$n_A = m_A/M_A = 0,25 \text{ g} / 332 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} = 7,53\cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad (0,1 \text{ b})$$

$$\xi_A = n_A/1 = 7,53\cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad (0,1 \text{ b})$$

jód = **B**

$$n_B = m_B/M_B = m\cdot w_B/M_B = 15 \text{ g} \cdot 0,05 / 254 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} = 7,38\cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad (0,2 \text{ b})$$

$$\xi_B = n_B/4 = 7,38\cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad (0,1 \text{ b})$$

limitujúcou látkou je jód (0,1 b)

produkt = **C**

$$n_C = \xi_B, \quad m_C = \xi_B \cdot M_C = 7,38\cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 836 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} = 0,62 \text{ g} \quad (0,2 \text{ b})$$

b)

Výťažok reakcie:

$$\frac{\text{reálna hmotnosť produktu}}{\text{teoretická hmotnosť produktu}} \cdot 100\% = \frac{0,45}{0,62} \cdot 100\% = 73\% \quad (0,2 \text{ b})$$

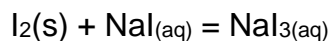
Výťažok v g má byť zaokrúhľený na dve platné číslice, pri uvádzaní väčšieho počtu platných číslic strhnúť 0,05 b.

c)

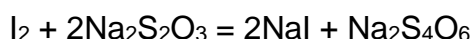
(0,2 b)

$$\begin{aligned} \text{konverzia VL} &= \frac{\text{množstvo VL dodané do reakcie} - \text{izolované množstvo VL}}{\text{množstvo VL dodané do reakcie}} \cdot 100\% \\ &= \frac{0,25 - 0,15}{0,25} \cdot 100\% = 40\% \end{aligned}$$

d) Molekulový jód nie je za bežných podmienok rozpustný vo vode. Pridaním jodidu sodného vzniká trijodid sodný, ktorý je vo vode dobre rozpustný, pričom má identické vlastnosti z pohľadu reaktivity ako jód. (0,2 b)

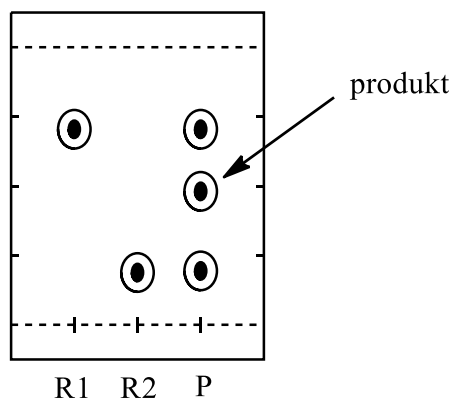


e) Tiosíran sodný slúži na zlikvidovanie nezreagovaného jód. (0,2 b)



Úloha 3 (0,5 b = 5 x 0,1 b)

a) (0,1b)



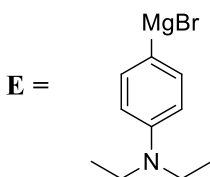
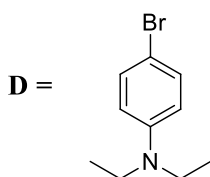
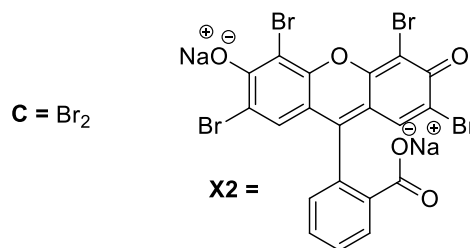
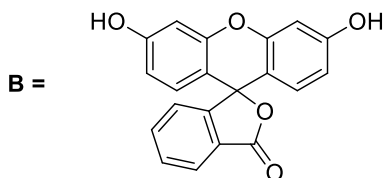
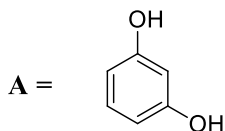
b) (0,3 b)

$$R_F = \frac{\text{vzdialenosť (štart – stred škvrny) v cm}}{\text{vzdialenosť (štart – cieľ) v cm}}$$

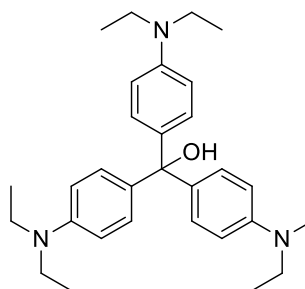
$$R_F(R1) = 0,69 \pm 0,03; \quad R_F(R2) = 0,19 \pm 0,03; \quad R_F(P) = 0,48 \pm 0,03$$

c) roztok KMnO_4 , H_2SO_4 a každé iné relevantné riešenie (0,1 b)

Úloha 4 (0,7 b = 7 x 0,1 b)



F =



Autori: Bc. Samuel Andrejčák, Lucia Feriancová, doc. RNDr. Martin Putala, PhD.,
Ing. Jozef Sochr, PhD.

Vedúci autorského kolektívu: doc. Ing. Ján Reguli, CSc.

Recenzenti: Ing. Elena Kulichová, doc. RNDr. Peter Magdolen, PhD.

Slovenská komisia chemickej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2022