

# RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 56. ročník – školský rok 2019/20  
Celoštátne kolo

Pavol Tarapčík, Jozef Sochr, Martin Němeček

## Úloha: Určenie zloženia tuhej zmesi obsahujúcej oxidy železa

Hodnotenie celkovo 25 b (162 pb; 1 pb = 0,154321 b)

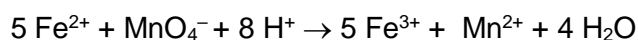
### Autorské riešenie odpovedového hárku:

(konkrétne čísla sú len na ilustráciu, hodnoty pri súťaži sa samozrejme líšia)

<b>Hmotnosť tuhej vzorky:</b> $m_0 = 0,8675 \text{ g}$
Koncentrácia $\text{KIO}_3$ : $c_1 = 0,003738 \text{ mol dm}^{-3}$
<b>Štandardizácia roztoku kyseliny askorbovej</b> Objem štandardného $\text{KIO}_3$ roztoku pipetovaný na titráciu: $V_1 = 10,00 \text{ cm}^3$ Spotreby odmerného roztoku kyseliny askorbovej: $V_{2-1} = 20,05 \text{ cm}^3$ $V_{2-2} = 19,95 \text{ cm}^3$ $V_{2-3} = 25,00 \text{ cm}^3$ <b>3 pb</b> (jedna hodnota vylúčená ako odľahlá) Akceptovaný objem: $V_2 = 20,00 \text{ cm}^3$ <b>1 pb</b>
<b>Napište rovnice všetkých reakcií prebiehajúcich pri štandardizácii roztoku kyseliny askorbovej.</b> Kyselina askorbová $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ sa oxiduje na kyselinu dehydroaskorbovú $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$ . $\text{IO}_3^- + 5 \text{I}^- + 6 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{I}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ $\text{I}_2 + \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{I}^- + \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 + 2 \text{H}^+$ <b>2 pb</b>
<b>Vypočítajte koncentráciu roztoku kyseliny askorbovej v <math>\text{mol dm}^{-3}</math>.</b> $n(\text{KIO}_3) = c_1 \cdot V_1 = 0,003738 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,01000 \text{ dm}^3 = 3,738 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ $n(\text{Ask}) = 3 \cdot n(\text{KIO}_3) = 3 \cdot 3,738 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 1,121 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $c_2 = n(\text{Ask}) / V_2 = 1,121 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 0,0200 \text{ dm}^3$ Koncentrácia kyseliny askorbovej: $c_2 = 0,0056075 \text{ mol dm}^{-3}$ <b>2 pb</b>
<b>Stanovenie Fe(III) askorbimetrickou titráciou</b> Objem zásobného roztoku vzorky: $V_0 = 200,0 \text{ cm}^3$ Pipetovaný objem roztoku vzorky: $V_3 = 10,00 \text{ cm}^3$ Spotreby odmerného roztoku kyseliny askorbovej: $V_{4-1} = 20,00 \text{ cm}^3$ $V_{4-2} = 20,00 \text{ cm}^3$ $V_{4-3} = 20,00 \text{ cm}^3$ <b>3 pb</b> Akceptovaný objem: $V_4 = 20,00 \text{ cm}^3$ <b>1 pb</b>

<b>Napište rovnice všetkých reakcií prebiehajúcich pri stanovení Fe(III).</b>	
Kyselina askorbová $C_6H_8O_6$ sa oxiduje na kyselinu dehydroaskorbovú $C_6H_6O_6$ .	
$2 Fe^{3+} + C_6H_8O_6 \rightarrow 2 Fe^{2+} + C_6H_6O_6 + 2 H^+$	<b>1 pb</b>
<b>Vypočítajte látkové množstvo Fe(III) vo vašej vzorke.</b>	
$n(\text{Ask}) = V_4 \cdot c_2 = 0,02000 \text{ dm}^3 \cdot 0,0056075 \text{ mol dm}^{-3} = 1,121 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	
$n(\text{Fe}) = 2 \cdot n(\text{Ask}) = 2 \cdot 1,121 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 2,243 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	
Celkové $n(\text{Fe(III)}) = n(\text{Fe}) \cdot V_0 / V_3 = 2,243 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 200,0 \text{ cm}^3 / 10,00 \text{ cm}^3$	
Látkové množstvo Fe(III): $n(\text{Fe(III)}) = 4,486 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	
<b>2 pb</b>	
<b>Hmotnosť kyseliny šťaveľovej v liekovke:</b> $m_3 = 0,4000 \text{ g}$	
<b>Výpočet koncentrácie kyseliny šťaveľovej v pripravenom roztoku:</b>	
Objem roztoku: $V_5 = 200,0 \text{ cm}^3$	
$c(\text{k.šťav}) = m_1 / (M(\text{k.šťav}) \cdot V_5) = 0,4000 \text{ g} / (126,07 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,2000 \text{ dm}^3)$	
<b>Koncentrácia kyseliny šťaveľovej:</b> $c(\text{k.šťav.}) = 0,015864 \text{ mol dm}^{-3}$	<b>1 pb</b>
<b>Štandardizácia roztoku manganistanu draselného:</b>	
Objem štandardného roztoku kyseliny šťaveľovej na titráciu: $V_6 = 20,00 \text{ cm}^3$	
Spotreby odmerného roztoku manganistanu draselného:	
$V_{7-1} = 10,00 \text{ cm}^3$	$V_{7-2} = 10,00 \text{ cm}^3$
$V_{7-3} = 10,00 \text{ cm}^3$	<b>3 pb</b>
Akceptovaný objem: $V_7 = 10,00 \text{ cm}^3$	
<b>1 pb</b>	
<b>Napište rovnice reakcií prebiehajúcich pri štandardizácii roztoku manganistanu draselného:</b>	
$2 MnO_4^- + 5 (COOH)_2 + 16 H^+ \rightleftharpoons 10 CO_2 + 2 Mn^{2+} + 8 H_2O$	
<b>1 pb</b>	
<b>Vypočítajte koncentráciu roztoku manganistanu draselného v mol dm<sup>-3</sup></b>	
$n(\text{k.šťav.}) = c(\text{k.šťav.}) \cdot V_6 = 0,015864 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,02000 \text{ dm}^3 = 3,1728 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	
$n(\text{KMnO}_4) = (2/5) \cdot n(\text{k.šťav.}) = (2/5) \cdot 3,1728 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 1,269 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	
$c(\text{KMnO}_4) = n(\text{KMnO}_4) / V_7 = 1,269 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 0,01000 \text{ dm}^3$	
Koncentrácia roztoku manganistanu draselného: $c(\text{KMnO}_4) = 0,0126914 \text{ mol dm}^{-3}$	
<b>2 pb</b>	
<b>Stanovenie železa (II) manganometrickou titráciou</b>	
Objem zásobného roztoku vzorky: $V_0 = 200,00 \text{ cm}^3$	
Pipetovaný objem roztoku vzorky: $V_8 = 25,00 \text{ cm}^3$	
Spotreby odmerného roztoku manganistanu draselného:	
$V_{9-1} = 10,00 \text{ cm}^3$	$V_{9-2} = 10,00 \text{ cm}^3$
$V_{9-3} = 10,00 \text{ cm}^3$	<b>3 pb</b>
Akceptovaný objem: $V_9 = 10,00 \text{ cm}^3$	
<b>1 pb</b>	

**Napište rovnice reakcií prebiehajúcich pri stanovení Fe(II):**



**1 pb**

**Vypočítajte látkové množstvo železa (II) vo vašej vzorke:**

$$n(\text{KMnO}_4) = c(\text{KMnO}_4) \cdot V_9 = 0,0126914 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,01000 \text{ dm}^3 = 1,269 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(\text{Fe}) = n(\text{KMnO}_4) \cdot 5 = 1,269 \cdot 10^{-4} \cdot 5 = 6,346 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(\text{Fe(II)}) = n(\text{Fe}) \cdot V_0 / V_8 = 6,346 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 200,00 / 25,00$$

látkové množstvo Fe(II):  $n(\text{Fe(II)}) = 0,005077 \text{ mol}$

**2 pb**

**Vypočítajte zloženie vzorky pred rozpustením v % hmotnostných FeO, resp. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> a inert-X:**

$$\text{FeO} : n(\text{FeO}) = n(\text{Fe(II)}) = 5,077 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 : n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe(III)})/2 = 4,486 \cdot 10^{-3} / 2 \text{ mol} = 2,243 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 = \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO} \text{ teda}$$

v tuhej vzorke ( $m_0 = 0,8675 \text{ g}$ ) je FeO v prebytku:

$$\begin{aligned} n^*(\text{FeO}) &= n(\text{Fe(II)}) - n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 5,077 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 2,243 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \\ &= 2,834 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$m(\text{FeO}) = n^*(\text{FeO}) \cdot M(\text{FeO}) = 2,834 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 71,844 \text{ g/mol} = 0,2036 \text{ g}$$

podľa zadania úlohy je  $n(\text{Fe}_3\text{O}_4)$  také ako množstvo zložky v menšine a teda

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2,243 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = n(\text{Fe}_3\text{O}_4) \cdot M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 2,243 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 231,539 \text{ g/mol} = 0,5193 \text{ g}$$

$$m(\text{oxidy železa}) = m(\text{FeO}) + m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,2036 \text{ g} + 0,5193 \text{ g}$$

$$m(\text{inert}) = m_0 - m(\text{oxidy železa}) = 0,8675 - 0,7229 \text{ g} = 0,1446 \text{ g}$$

$$\text{teda } w\%(\text{FeO}) = 100 \cdot m(\text{FeO}) / m_0 = 23,47 \%$$

$$w\%(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 100 \cdot m(\text{Fe}_3\text{O}_4) / m_0 = 59,87 \%$$

$$w\%(\text{inert}) = 100 \cdot m(\text{inert}) / m_0 = 16,67 \%$$

**4 pb**

**Odhadnite aké sfarbenie mala pred rozpustením pôvodná tuhá vzorka. Svoj názor zdôvodnite.**

V prebytku FeO (čierneho) je sivohnedá, v prebytku Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> je červená (červenohnedá)

**2 pb**

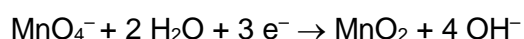
**Zodpovedzte nasledujúce otázky a úlohy.**

**Označte, v akom prostredí vykazuje kyselina askorbová redukčné vlastnosti najvýraznejšie:**

- v kyslom
- v neutrálnom
- v alkalickom
- redukčné vlastnosti kyseliny askorbovej nezávisia od pH

**1 pb**

**Napište polreakciu priebehu redukcie manganistanu v neutrálnom prostredí.**



**1 pb**

**Prečo sa titrácia pri štandardizácii manganistanového odmerného roztoku pomocou kyseliny šťaveľovej robí za horúca?**

Táto reakcia je zložitá a pomalá, s účasťou viacerých oxidačných stavov mangánu. Zvýšením teploty sa zrýchli a prebieha jednoznačne a stechiometricky.

**1 pb**

**Prečo sa roztok kyseliny šťaveľovej nesmie variť?**

Pri teplote nad 90 °C sa rozloží na oxid uhličitý a oxid uhoľnatý, ktoré sú prchavé a teda sa v predpokladaných reakciách v roztoku nezúčastnia.

**1 pb**

**Aký je účel pridávania Reihardtovho-Zimmermannovho roztoku pri manganometric-  
kom experimente?**

Hlavne zabráni oxidácii chloridov. Zabráni tiež sfarbeniu reakčnej sústavy chloridom železitým, čo zhoršuje vizuálnu indikáciu. Vzorka sa rozpúšťala v neoxidujúcej zriedenej kyseline chlorovodíkovej, preto sú v zmesi chloridy prítomné.

**2 pb**

# RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 56. ročník – školský rok 2019/20  
Celoštátne kolo

**Samuel Andrejčák, Martin Putala**

---

Maximálne 15 bodov

## Úloha 1 (9 b)

**Hmotnosť rekryštalizovaného produktu**, vysušeného stáťím cez noc (8,0 b)

$m \leq 0,55 \text{ g}$	počet bodov = $8 \cdot m / 0,55 \text{ b}$
$0,55 \text{ g} \leq m \leq 0,70 \text{ g}$	plný počet bodov (8 b)
$0,70 \text{ g} \leq m \leq 0,90 \text{ g}$	počet bodov = $40 \cdot (0,90 - m) \text{ b}$
$m \geq 0,90 \text{ g}$	0 b

*Poznámka: výťažok v kontrolnom experimente bol 0,67 g (96 %).*

## Kontrola teploty topenia (1,0 b)

Teplota topenia produktu: 290,3 – 293,1 °C (premerať pred súťažou, lit. 290 – 295 °C)

t.t. $\subset$ (285°C, 295°C)	plný počet bodov (1b)
280°C < začiatok t.t. < 285°C	počet bodov = $1 - (285 - \text{t.t.})/5 \text{ b}$

## Úloha 2 (2,0 b)

Výber elučnej zmesi	H:EA (1:1), Počet vyvolaní: 2	0,8 b
Označenie platničky	štart, cieľ, VL, P	4 x 0,10 b = 0,4 b
Vyvolanie platničky	na platničke je správna škvrna VL	0,3 b ( $R_F \approx 0,5$ )
	na platničke je správna škvrna P	0,3 b ( $R_F \approx 0,60$ )
	(v prípade, že sa v produkte nachádza aj VL	0 b)
	výpočet $\Delta R_F \approx 0,1$	0,2 b
	Odchýlka $R_F$ hodnôt:	0,05 – 0,1 zrážka 0,05 b
		0,1 – 0,15 zrážka 0,1 b
	> 0,15	zrážka 0,15 b

### Úloha 3 (1,2 b = 6 x 0,2 b)

a)

benzaldehyd = A

$$n_A = m_A/M_A = V_A \cdot \rho_A/M_A = 0,20 \text{ cm}^3 \cdot 1,04 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}/106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = \xi_A$$

(0,2 b)

1,1'-diacetylferrocén = B

$$n_B = m_B/M_B = 0,58 \text{ g} / 270 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2,15 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = \xi_B \quad (0,2 \text{ b})$$

limitujúcou látkou je benzaldehyd (0,2 b)

produkt = C

$$n_C = n_A, \quad m_C = n_A \cdot M_C = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 358 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,70 \text{ g} \quad (0,2 \text{ b})$$

Výťažok reakcie:

$$\frac{\text{reálna hmotnosť produktu}}{\text{teoretická hmotnosť produktu}} \cdot 100\% = \frac{0,44}{0,70} \cdot 100\% = 63 \%$$

(0,2 b)

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

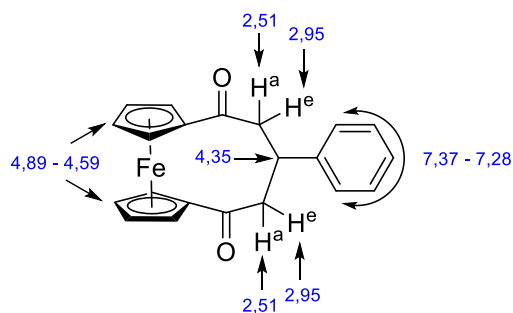
b)

$$\begin{aligned} \text{konverzia VL} &= \frac{\text{množstvo VL dodané do reakcie} - \text{izolované množstvo VL}}{\text{množstvo VL dodané do reakcie}} \cdot 100\% \\ &= \frac{0,20 - 0,05}{0,20} \cdot 100\% = 75 \% \end{aligned}$$

(0,2 b)

### Úloha 4 (0,7 b)

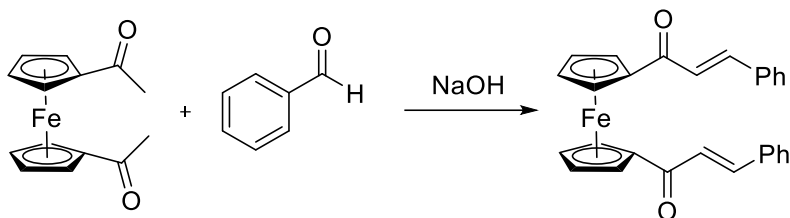
a)



(5 x 0,1 b)

- b) Prítomnosť ferocénofánového kruhu spôsobuje fixáciu jednotlivých vodíkov v priestore, čím majú rozdielnú elektrónovú hustotu vo svojom okolí, čiže sú viac resp. menej tienené, čo sa prejaví na posunoch v  $^1\text{H}$  NMR spektre. (0,2 b)

**Úloha 5 (0,3 b)**

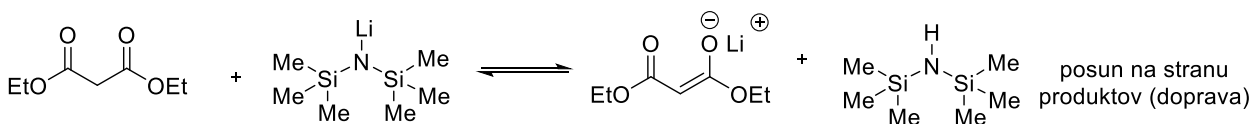
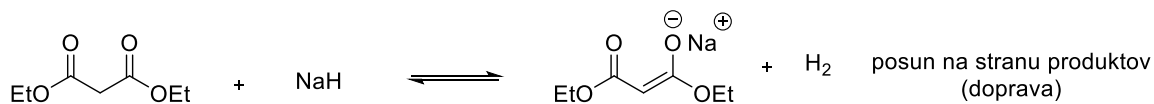
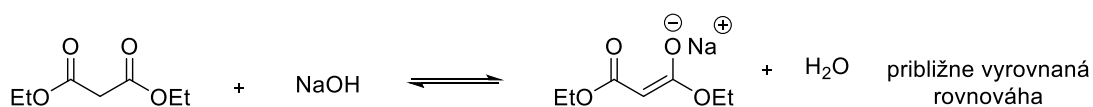
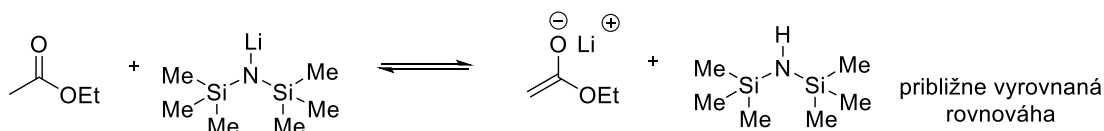
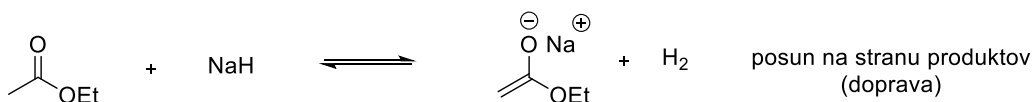
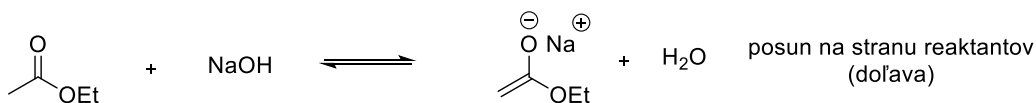


**Úloha 6 (1,3 b = 13 x 0,1 b)**

- a) Štruktúra **B** má nižšiu hodnotu  $pK_a$  a teda viac kyslé vlastnosti ako štruktúra **A** v dôsledku prítomnosti väčšieho počtu skupín odčerpávajúcich elektróny.

(0,1 b)

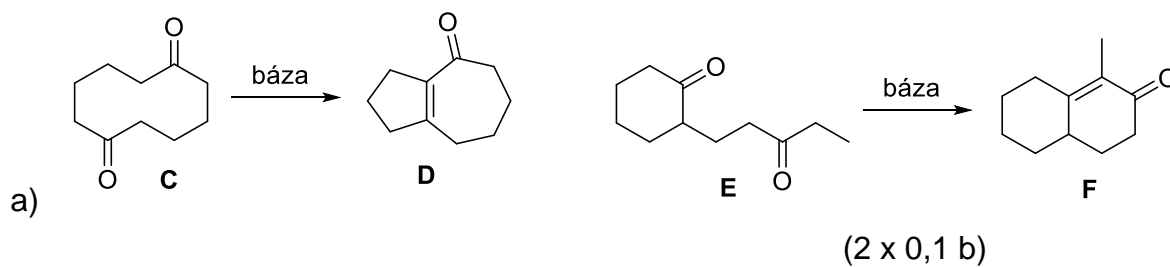
b)



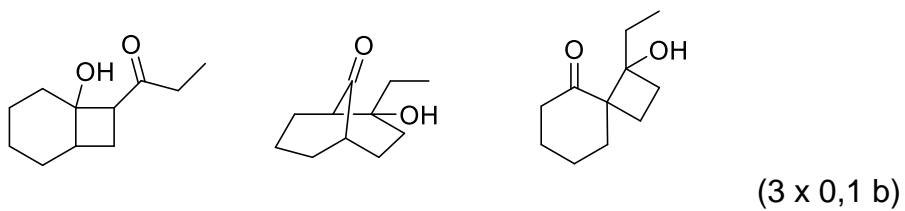
Za správnu schému po 0,1 b

Za správne priradenie posunutia rovnováhy po 0,1 b

**Úloha 7 (0,5 b)**



b)



---

**Autori:** RNDr. Pavol Tarapčík, CSc., Ing. Jozef Sochr, PhD., Ing. Martin Němeček, PhD.,  
Samuel Andrejčák, doc. RNDr. Martin Putala, 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 2020