

# RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 61. ročník – školský rok 2024/25  
Celoštátne kolo

**Peter Troška**

---

Maximálne 25 bodov (63 pomocných bodov), 1 pb = 0,3968 b  
Doba riešenia: 150 minút

## Návrh bodového hodnotenia (autorské riešenie):

Pridelia sa pomocné body (pb). Spolu celkovo 63 pb, ktoré sa prepočítajú na konečné body podľa vzťahu: 1 pb = 0,3968 b.

Pomocné body prideliť za riešenie (výpočet) uvedený vo vzorovom odpovedovom hárku, alebo za podobné riešenie vedúce k správne výsledku.

## Hodnotenie za presnosť: (max 3 pb x 3)

Akceptovaná hodnota je priemer/medián/zvolená hodnota po posúdení priebehu experimentu pre spotrebu štandardného roztoku  $Zn^{2+}$ :

- 2 alebo 3 výsledky, vhodne vybratá/vypočítaná hodnota, zhoda výsledkov pri opakovaní do 0,2 ml = 3 pb
- 2 alebo 3 výsledky, vhodne vybratá/vypočítaná hodnota, zhoda výsledkov pri opakovaní do 0,4 ml = 2 pb
- 2 alebo 3 výsledky, vhodne vybratá/vypočítaná hodnota, zhoda výsledkov pri opakovaní do 0,6 ml = 1 pb
- 1 výsledok = 0,5 pb

## Hodnotenie za správnosť: (max 10 pb x 3)

Akceptovaná hodnota pre spotrebu štandardného roztoku  $Zn^{2+}$  je zhodná s „master“ hodnotou:

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| $\leq 2\%$ = 10 pb | $\leq 8\%$ = 4 pb  |
| $\leq 4\%$ = 8 pb  | $\leq 10\%$ = 2 pb |
| $\leq 6\%$ = 6 pb  | $> 10\%$ = 0 pb    |

# ODPOVEĎOVÝ HÁROK – AUTORSKÉ RIEŠENIE

(simulované údaje)

## a) Štandardizácia odmerného roztoku chelatónu 3

Hmotnosť základnej látky: $m_1 = 203,4 \text{ mg}$ Objem roztoku: $V_1 = 250,00 \text{ cm}^3$ Molárna hmotnosť základnej látky: $M_1 = 81,379 \text{ g mol}^{-1}$ Výpočet presnej látkovej koncentrácie štandardného roztoku $\text{Zn}^{2+}$ : $c_2 = \frac{m_1}{M_1 \times V_1} = \frac{0,2034 \text{ g}}{81,379 \text{ g mol}^{-1} \times 0,250 \text{ dm}^3} = 0,0100 \text{ mol dm}^{-3}$	
<b>Hodnotenie:</b>	<b>(2 pb)</b>
Objem chelatónu 3 odobratý na titráciu $V_3 = 10,00 \text{ cm}^3$ Spotreby pri titrácii $V_4 = 20,10 \text{ cm}^3$ $V_4 = 19,90 \text{ cm}^3$ $V_4 = 20,00 \text{ cm}^3$ Akceptovaná spotreba: $V_4 = 20,00 \text{ cm}^3$	
<b>Hodnotenie za presnosť:</b>	<b>(3 pb)</b>
<b>Hodnotenie za správnosť:</b>	<b>(10 pb)</b>
Výpočet presnej látkovej koncentrácie odmerného roztoku chelatónu 3: $c_4 = \frac{c_2 \times V_4}{V_3} = \frac{0,0100 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,020 \text{ dm}^3}{0,100 \text{ dm}^3} = 0,0200 \text{ mol dm}^{-3}$	
<b>Hodnotenie:</b>	<b>(2 pb)</b>

## b) Stanovenie obsahu zinku a hliníka vo vzorke

Objem rozpustenej vzorky: $V_5 = 100,00 \text{ cm}^3$ Hmotnosť vzorky: $m_2 = 300,0 \text{ mg}$ Atómová hmotnosť: $A_{\text{Zn}} = 65,38 \text{ g mol}^{-1}$ $A_{\text{Al}} = 26,98 \text{ g mol}^{-1}$ Objem vzorky odobratý na titráciu: $V_6 = 10,00 \text{ cm}^3$ Objem pridaného chelatónu 3: $V_7 = 25,00 \text{ cm}^3$ Spotreby pri titrácii $V_8 = 15,10 \text{ cm}^3$ $V_8 = 14,90 \text{ cm}^3$ $V_8 = 15,00 \text{ cm}^3$ Akceptovaná spotreba: $V_8 = 15,00 \text{ cm}^3$	
<b>Hodnotenie za presnosť:</b>	<b>(3 pb)</b>
<b>Hodnotenie za správnosť:</b>	<b>(10 pb)</b>
Objem vzorky odobratý na titráciu: $V_9 = 10,00 \text{ cm}^3$ Objem pridaného chelatónu 3: $V_{11} = 20,00 \text{ cm}^3$ Spotreby pri titrácii $V_{12} = 15,10 \text{ cm}^3$ $V_{12} = 14,90 \text{ cm}^3$ $V_{12} = 15,00 \text{ cm}^3$ Akceptovaná spotreba: $V_{12} = 10,00 \text{ cm}^3$	
<b>Hodnotenie za presnosť:</b>	<b>(3 pb)</b>
<b>Hodnotenie za správnosť:</b>	<b>(10 pb)</b>

## Úlohy, výpočty a otázky

1. Za základe pracovného postupu stručne opíšte všeobecný princíp tejto praktickej úlohy.

Táto odpoveď môže byť otvorená a variabilná. Napríklad:

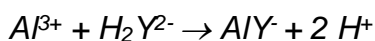
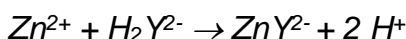
Pri jednom experimente reagujú dve zložky vzorky s nadbytkom činidla – nadbytok sa stanoví titráciou.

Pri druhom experimente je  $Al^{3+}$  maskovaný fluoridom a s nadbytkom činidla reaguje iba  $Zn^{2+}$  – nadbytok sa stanoví titráciou

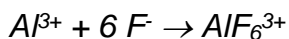
**Hodnotenie: (2 pb)**

2. Pomocou chemických rovníc vyjadrite všetky chemické deje, ktoré prebiehajú pri stanovení analytov v tejto praktickej úlohe.

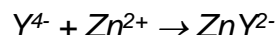
tvorba komplexov analytov s aniónom EDTA v nadbytku



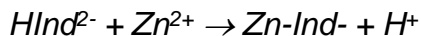
maskovanie hlinitých iónov pomocou fluoridu



titrácia prebytku aniónov EDTA zinočnatými iónmi



indikácia:



žltá                      purpurová

**Hodnotenie: (5 pb)**

3. Vypočítajte celkové látkové množstvo oboch analytov v titračnej banke.

Celkové látkové množstvo chelatónu v titračnej banke:

$$n_{CH_3} = n_{analyty} + n_{nadbytok}$$

$$n_{CH_3} = c_4 \times V_7 = 0,0200 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,025 \text{ dm}^3 = 0,000500 \text{ mol}$$

$$n_{nadbytok} = c_2 \times V_8 = 0,0100 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,015 \text{ dm}^3 = 0,000150 \text{ mol}$$

$$n_{analyty} = n_{CH_3} - n_{nadbytok} = 0,000500 \text{ mol} - 0,000150 \text{ mol} = 0,000350 \text{ mol}$$

**Hodnotenie: (3 pb)**

4. Vypočítajte látkové množstvo jednotlivých analytov v titračnej banke.

Celkové látkové množstvo oboch analytov v titračnej banke:

$$n_{analyty} = n_{Zn} + n_{Al}$$

Látkové množstvo chelatónu v titračnej banke po zamaskovaní  $Al^{3+}$ :

$$n_{CH_3} = n_{Zn} + n_{nadbytok}$$

$$n_{CH_3} = c_4 \times V_{11} = 0,0200 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,020 \text{ dm}^3 = 0,000400 \text{ mol}$$

$$n_{\text{nadbytok}} = c_2 \times V_{12} = 0,0100 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,015 \text{ dm}^3 = 0,000150 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Zn}} = n_{\text{CH}_3} - n_{\text{nadbytok}} = 0,000400 \text{ mol} - 0,000150 \text{ mol} = 0,000250 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Al}} = n_{\text{analyty}} - n_{\text{Zn}} = 0,000350 \text{ mol} - 0,000250 \text{ mol} = 0,000100 \text{ mol}$$

**Hodnotenie:** (4 pb)

5. Vypočítajte látkové množstvo a hmotnosť jednotlivých analytov v celej vzorke.

*Látkové množstvo jednotlivých analytov v odmernej banke (celá vzorka):*

$$n_{\text{Zn (celá vzorka)}} = n_{\text{Al}} \times \frac{V_5}{V_6} = 0,000250 \text{ mol} \times \frac{0,100 \text{ dm}^3}{0,010 \text{ dm}^3} = 0,002500 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Al (celá vzorka)}} = n_{\text{Al}} \times \frac{V_5}{V_6} = 0,000100 \text{ mol} \times \frac{0,100 \text{ dm}^3}{0,010 \text{ dm}^3} = 0,001000 \text{ mol}$$

*Hmotnosť jednotlivých analytov v odmernej banke (celá vzorka):*

$$m_{\text{Zn (celá vzorka)}} = n_{\text{Zn (celá vzorka)}} \times A_{\text{Zn}} = 0,0025 \text{ mol} \times 65,38 \text{ g mol}^{-1} = 0,1634 \text{ g}$$

$$m_{\text{Al (celá vzorka)}} = n_{\text{Al (celá vzorka)}} \times A_{\text{Al}} = 0,001 \text{ mol} \times 26,98 \text{ g mol}^{-1} = 0,0270 \text{ g}$$

**Hodnotenie:** (4 pb)

6. Vypočítajte obsah zinku a hliníka v pôvodnej vzorke kovovej zliatiny v hmotnostných %.

$$w_{\text{Zn}} = \frac{m_{\text{Zn (celá vzorka)}}}{m_2} = \frac{0,1634 \text{ g}}{0,3000 \text{ g}} = 0,5447 \Rightarrow 54,47 \% \text{ hm.}$$

$$w_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al (celá vzorka)}}}{m_2} = \frac{0,027 \text{ g}}{0,3000 \text{ g}} = 0,0900 \Rightarrow 9,00 \% \text{ hm.}$$

**Hodnotenie:** (2 pb)

## Pokyny na prípravu pre organizátorov

### Pomôcky pre každého súťažiaceho:

Byreta 25 cm<sup>3</sup>, kadičky 150 cm<sup>3</sup> a 2 x 250 cm<sup>3</sup>, nedelené pipety 10 cm<sup>3</sup>, 20 cm<sup>3</sup> a 25 cm<sup>3</sup>, odmerná banka 250 cm<sup>3</sup> so zátkou, titračné banky 3 x 250 cm<sup>3</sup>, odmerný valec 25 cm<sup>3</sup>, sklenená tyčinka, striekačka na destilovanú vodu, lievik na byretu, pipetovací balónik, držiak pre byretu, laboratórny stojan, varič (môže byť aj miešadlo s ohrevom).

### Chemikálie potrebné na prípravu:

#### GSH údaje:

Chemikália	H-vety	P-vety
chelátón 3	H332, H373	P260, P271, P273, P304+P340+P312, P314, P501
oxid zinočnatý	H410	P273, P391, P501
Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 6 H <sub>2</sub> O	H272, H302, H315, H319, H335 H410	P210, P220, P273, P301+P312, P302+P352, P305+P351+P338
Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> · 9 H <sub>2</sub> O	H318	P238, P305+P351+P338
kyselina dusičná	H272, H290, H314, H331	P210, P220, P280, P303+P361+P353, P304+P340+P310, P305+P351+P338
urotropín	H228, H317	P210, P240, P241, P261, P280, P302+P352
fluorid sodný (tuhý)	H301, H315, H319	P210, P240, P241, P261, P280, P302+P352
fluorid sodný (0,02 mol dm <sup>-3</sup> roztok)	táto látka nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
xylenolová oranžová	táto látka nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	

**UPOZORNENIE:** Podľa „Bezpečnosť pri práci s chemickými faktormi na základných a stredných školách“, fluorid sodný < 0,1 % vodný roztok nie je nebezpečný a môžu s ním pracovať aj žiaci. V tejto praktickej úlohe žiaci používajú 0,02 mol dm<sup>-3</sup> roztok NaF, čo predstavuje 0,084 % vodný roztok. S tuhým NaF na prípravu 0,02 mol.dm<sup>-3</sup> roztoku budú pracovať iba organizátori súťaže a to za základe dodržiavania BOZP.

### **Približné množstvo chemikálií a roztokov na jedného súťažiaceho**

- 40 cm<sup>3</sup> roztoku vzorky Zn a Al v 100 cm<sup>3</sup> odmernej banke (s označením vzorka Zn + Al a uvedenou pôvodnou hmotnosťou kovovej zliatiny)
- 250 cm<sup>3</sup> odmerného roztoku chelatónu 3 (koncentrácia asi 0,0200 mol dm<sup>-3</sup>)
- Oxid zinočnatý s uvedenou presnou hmotnosťou (asi 203 mg ZnO) navážený v uzatvorenej skúmavke alebo malej nádobke
- 15 cm<sup>3</sup> roztok HNO<sub>3</sub> (1:3)
- 25 g urotropín (tuhý)
- 200 cm<sup>3</sup> fluorid sodný (0,02 mol dm<sup>-3</sup> roztok)
- 2 cm<sup>3</sup> xyleneolová oranžová (0,1% roztok indikátora)

### **Príprava roztoku vzorky Zn + Al:**

Umelú vzorku pripravíte nariadením zásobných roztokov Zn<sup>2+</sup> a Al<sup>3+</sup> do 100 cm<sup>3</sup> odmernej banky. Z čistých chemikálií dusičnanov zinočnatých a hlinitých alebo síranov zinočnatých a hlinitých je potrebné pripraviť zásobný roztok Zn<sup>2+</sup> s koncentráciou 0,1250 mol.dm<sup>-3</sup> a zásobný roztok Al<sup>3+</sup> s koncentráciou 0,0500 mol.dm<sup>-3</sup>.

Napríklad na prípravu 1000 cm<sup>3</sup> (pre 50 súťažiach) zásobného roztoku Zn<sup>2+</sup> je potrebné rozpustiť 37,19 g Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O (297,49 g.mol<sup>-1</sup>) v deionizovanej vode a na prípravu 1000 cm<sup>3</sup> (pre 50 súťažiach) zásobného roztoku Al<sup>3+</sup> je potrebné rozpustiť 18,76 g Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> · 9 H<sub>2</sub>O (375,13 g.mol<sup>-1</sup>) v deionizovanej vode. Z oboch zásobných roztokov (0,1250 mol.dm<sup>-3</sup> roztok Zn<sup>2+</sup> a 0,0500 mol.dm<sup>-3</sup> a roztok Al<sup>3+</sup>) následne napipetujte pre každého súťažiaceho po 20 cm<sup>3</sup> do jedenej 100 cm<sup>3</sup> odmernej banky a pridajte deionizovanú vodu na objem polovice odmernej banky. Banku označte ako **vzorka Zn + Al** a uveďte ku nej pôvodnú hmotnosť vzorky kovovej zliatiny  $m_2$  ako náhodné číslo blízke hodnote 300 mg (300 ± 50 mg).

### **Príprava odmerného roztoku Chelatónu 3 (cca 0,02 mol.dm<sup>-3</sup>):**

Pre 40 súťažiach bude potrebné pripraviť 10 dm<sup>3</sup> (40 x 250 cm<sup>3</sup>) homogénneho roztoku Chelatónu 3.

Napríklad na prípravu 10 dm<sup>3</sup> Chelatónu 3 s koncentráciou asi 0,02 mol.dm<sup>-3</sup> je potrebné navážiť 74,45 g EDTA-Na<sub>2</sub> · 2 H<sub>2</sub>O (372,24 g.mol<sup>-1</sup>) a rozpustiť v deionizovanej vode. Roztok Chelatónu 3 s koncentráciou asi 0,02 mol.dm<sup>-3</sup> môže byť pripravený aj do viacerých odmerných baniek s menším objemom, avšak nakoniec sa všetky roztoky musia zmiešať na požadovaný objem (10 dm<sup>3</sup> pre 40 súťažiach);

prípadne ešte viac podľa počtu súťažiacich). Presnú koncentráciu Chelatónu si určí organizátor (*napríklad podľa Pracovného postupu a) Štandardizácia odmerného roztoku chelatónu 3*) a túto koncentráciu berte ako „master“ hodnotu.

### **Príprava roztoku HNO<sub>3</sub> (1:3):**

Pre 40 súťažiacich je potrebné pripraviť minimálne 40 x 5 cm<sup>3</sup> roztoku (200 cm<sup>3</sup>). Napríklad na prípravu 500 cm<sup>3</sup> roztoku nalejete opatrne do 375 cm<sup>3</sup> destilovanej vody 125 cm<sup>3</sup> koncentrovanej HNO<sub>3</sub> (65 %). Roztok umiestnite do digestorov spolu s označenými kadičkami na odlievanie a kvapkadlami.

### **Príprava 0,02 mol dm<sup>-3</sup> roztoku fluoridu sodného:**

Pre 40 súťažiacich je potrebné pripraviť minimálne 8 dm<sup>3</sup> roztoku (40 x 200 cm<sup>3</sup>). Roztok NaF s koncentráciou asi 0,02 mol.dm<sup>-3</sup> môže byť pripravený aj do viacerých odmerných baniek s menším objemom, nie je potrebný jeden homogénny roztok. Napríklad na prípravu 1 dm<sup>3</sup> NaF s koncentráciou asi 0,02 mol.dm<sup>-3</sup> je potrebné navážiť 0,84 g NaF (41,99 g.mol<sup>-1</sup>) a rozpustiť v deionizovanej vode. Roztok umiestnite do digestorov spolu s označenými kadičkami na odlievanie a 50 cm<sup>3</sup> odmernými valcami.

### **Príprava 0,1 % roztoku xylenolovej žltej:**

Pre 40 súťažiacich je potrebné pripraviť minimálne 40 x 2 cm<sup>3</sup> roztoku (80 cm<sup>3</sup>). Napríklad na prípravu 100 cm<sup>3</sup> 0,1 % roztoku je potrebné navážiť 0,1 g indikátora, rozpustiť v deionizovanej vode a doplniť destilovanou vodou po rysku. Roztok umiestnite do digestorov spolu s kvapkadlami.

# RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 61. ročník – školský rok 2024/25  
Celoštátne kolo

**Martin Puffler, Peter Dudáš, Michal Májek, Samuel Andrejčák**

---

Maximálne 15 bodov

## Úloha 1 (9 b)

**Hmotnosť produktu A**, vysušeného státím cez noc (9 b)

$m < 0,25 \text{ g}$	počet bodov = $9 \cdot m / 0,25 \text{ b}$
$0,25 \text{ g} \leq m \leq 0,27 \text{ g}$	plný počet bodov (9 b)
$0,27 \text{ g} < m \leq 0,57 \text{ g}$	počet bodov = $9 \cdot [(0,57 - m) / 0,3] \text{ b}$
$m > 0,57 \text{ g}$	0 b

*Poznámka: priemerný výťažok v kontrolnom experimente bol 0,26 g (23 %).*

## Úloha 2 (0,6 b = 6 x 0,1 b)



za každé  $x, y, z, w, 0,1 \text{ b}$

celkový sumárny vzorec  $0,1 \text{ b}$

určenie molárnej hmotnosti  $0,1 \text{ b}$

$$\begin{aligned}x : y : z : w &= w_x / A_r(\text{C}) : w_y / A_r(\text{H}) : w_z / A_r(\text{O}) : w_w / A_r(\text{N}) = \\ &= 50,30 / 12 : 3,00 / 1 : 38,32 / 16 : 8,38 / 14 = \\ &= 4,19 : 3,00 : 2,40 : 0,60 = 7 : 5 : 4 : 1\end{aligned}$$

Sumárny vzorec:  $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_4\text{N}$

Molárna hmotnosť:

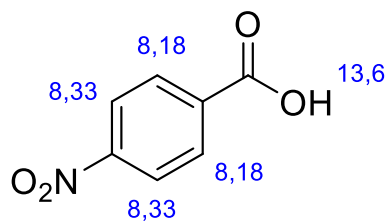
$$\begin{aligned}M(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_4\text{N}) &= 7 \cdot M(\text{C}) + 5 \cdot M(\text{H}) + 4 \cdot M(\text{O}) + M(\text{N}) = \\ &= 7 \cdot 12 \text{ g/mol} + 5 \cdot 1 \text{ g/mol} + 4 \cdot 16 \text{ g/mol} + 14 \text{ g/mol} \\ &= 167 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

## Úloha 3 (0,4 b = 0,1 b + 3 x 0,1 b)

Správna štruktúra  $0,1 \text{ b}$

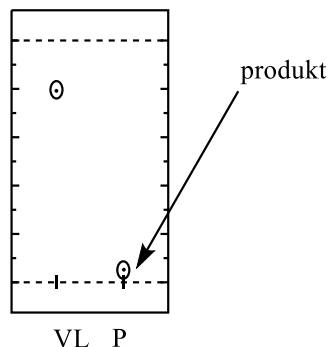
Za každý správne priradený signál  $0,1 \text{ b}$





**Úloha 4 (0,3 b = 3 x 0,1 b)**

a) (0,1b)



b) (0,1 b)

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

$$R_F(\text{VL}) = 0,78 \pm 0,05; \quad R_F(\text{P}) = 0,11 \pm 0,05$$

Čistota (0,1 b)

**Úloha 5 (2,75 b = 13 x 0,2 + 3 x 0,05)**

údaje z textu: 3 x 0,05 = 0,15 b (žlté)

údaje na výpočet: 13 x 0,2 = 2,6 b (modré)

	ekvivalent	<i>n</i> (mmol)	<i>M</i> (g/mol)	<i>m</i> (g)
4-nitrobenzaldehyd	1,0	6,62	151	1,00
LiBr	3,47	23,00	87	2,00
CaCO <sub>3</sub>	1,06	7,00	100	0,70
produkt <b>A</b>	1,0	6,62	167	1,11

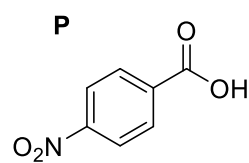
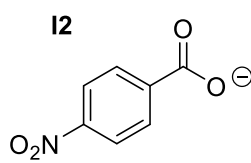
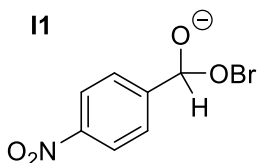
**Úloha 6 (0,7 b = 6 x 0,1 b + 0,1 b)**

**A** = OH<sup>-</sup>

**B** = Br<sub>2</sub>

**C** = BrO<sup>-</sup>

**D** = H<sub>2</sub>



### Úloha 7 (0,5 b)

Výpočet náboja, prejdeného roztokom pri prúde 770 mA:

$$Q_{total} = I \cdot t = 0,77 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} = 2772 \text{ C}$$

Výpočet náboja, ktorý sa spotreboval na reakciu oxidácie 4-nitrobenzaldehydu:

$$Q = n z F = \frac{m}{M} z F = \frac{0,22 \text{ g}}{151 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 2 \cdot 96485,3 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} = 281,1 \text{ C}$$

Zlomok náboja, ktorý bol použitý na reakciu:

$$\tau = \frac{Q}{Q_{total}} = \frac{281,2 \text{ C}}{2772 \text{ C}} = 0,10 = 10 \%$$

### Úloha 8 (0,75 b)

Spektrum **A** prislúcha produktu (kyseline 4-nitrobenzoovej).

Spektrum **B** prislúcha východiskovej látke (4-nitrobenzaldehydu).

Za správne priradenie 0,25 b.

Priradenie signálov produktu: 3200-2400  $\text{cm}^{-1}$  (OH), 1691  $\text{cm}^{-1}$  (C=O), 1523  $\text{cm}^{-1}$  ( $\text{NO}_2$ ), 1347  $\text{cm}^{-1}$  ( $\text{NO}_2$ ).

Priradenie signálov východiskovej látky: 2854  $\text{cm}^{-1}$  (C-H v CHO), 1705  $\text{cm}^{-1}$  (C=O), 1529  $\text{cm}^{-1}$  ( $\text{NO}_2$ ), 1345  $\text{cm}^{-1}$  ( $\text{NO}_2$ ).

Za každý správne priradený signál 0,0625 b.

---

**Autori:** Bc. Samuel Andrejčák, Peter Dudáš, Ing. Michal Májek, PhD., Martin Puffler, RNDr. Peter Troška, PhD.

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

**Recenzenti:** doc. RNDr. Peter Magdolen, PhD., RNDr. Rastislav Serbin, PhD.

**Slovenská komisia Chemickej olympiády**

**Vydal:** NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2025