

**SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY**

---

# **CHEMICKÁ OLYMPIÁDA**

**61. ročník, školský rok 2024/25**

**Kategória A**

**Domáce kolo**

**RIEŠENIE A HODNOTENIE TEORETICKÝCH ÚLOH**



# RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ANORGANICKEJ A ANALYTICKEJ CHÉMIE

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

Martin Brokeš, Šimon Budzák

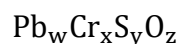
---

Maximálne 18 bodov (b), resp. 36 pomocných bodov (pb).  
Pri prepočte pomocných bodov na body použijeme vzťah:  $b = 0,5 \cdot pb$

## Úloha 1 (36 pb)

### 1.

(3 pb) Máme pigment zložený z dvoch látok **A** a **B**. Nevieme, z čoho sú zložené, ani ich vzájomný pomer. Z elementárnej analýzy je zjavné prvkové zloženie pigmentu, ktorý môžeme vyjadriť ako:



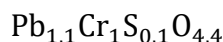
Jednotlivé stechiometrické koeficienty dostaneme prevodom hmotnostných zlomkov na molárne pomocou vzťahu (1 pb):

$$x_i = \frac{\frac{w_i}{A_i}}{\sum_i \frac{w_i}{A_i}}$$

Po dosadení jednotlivých hodnôt a vyčíslení obdržíme molárne zlomky pre jednotlivé prvky:

$$x_{\text{Pb}} = 0,167 \quad x_{\text{Cr}} = 0,152 \quad x_{\text{S}} = 0,015 \quad x_{\text{O}} = 0,667$$

Čo môžeme vyjadriť napríklad nasledovným sumárnym vzorcom (1 pb):



Keď tento sumárny vzorec rozdelíme na dva, dostaneme **A**:  $\text{PbCrO}_4$  a **B**:  $\text{PbSO}_4$  (1 pb).

### 2.

(2 pb) Pomer látok **A** a **B** v pigmente je zrejmý už z predošlého výpočtu sumárneho vzorca. Pomer **A**:**B** = 10:1 (1 pb). Keďže je bieleho síranu olovnatého v pigmente tak málo, farebne bude prevažovať žltó-oranžový chróman

olovnatý. Preto bol tento pigment s nízkym obsahom  $\text{PbSO}_4$  pravdepodobne použitý pri kreslení kvetov slnečnice (Obr. 1) (1 pb).



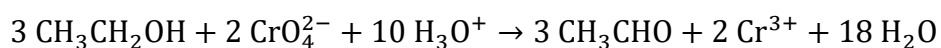
Obrázok 1: Modrou sú zakrúžkované kvety slnečníc, na ktoré bol použitý daný pigment.

3.

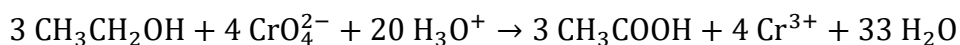
(1 pb) Pri redukcii chrómu v chrómane olovnatom dochádza k zmene z  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  na  $\text{Cr}^{\text{III}}$  (1 pb). S tým korešponduje vznik zelenej až hnedej farby pri starnutí obrazu.

4.

(2 pb) Vyčíslená chemická rovnica v iónovom tvare je:



Za správne riešenie sa považuje aj oxidácia etanolu až na kyselinu octovú:

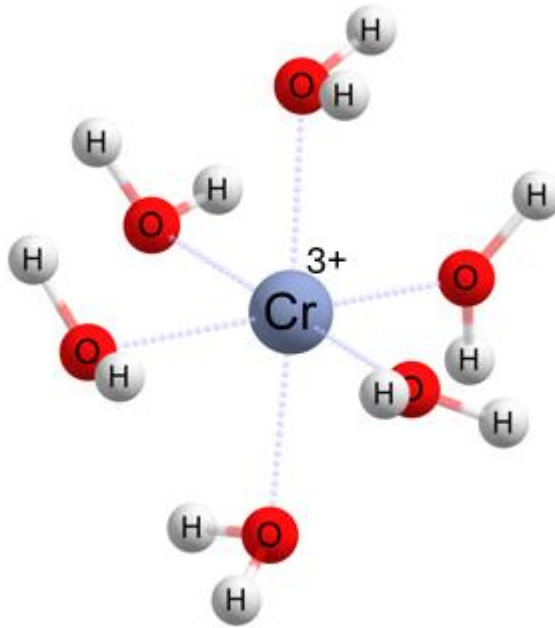


Za správne napísanú rovnicu udeliť 1 pb.

Za správne určené stechiometrické koeficienty 1 pb.

5.

(4 pb) Štruktúra fialového komplexného kationu  $\mathbf{C} = [\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  (Obr. 2). Pokiaľ sú ligandy správne umiestnené a smerujú k centrálnemu atómu atómom kyslíka udelí sa 1 pb, ak je väzba od atómu vodíka, udeliť 0 pb.



Obrázok 2: Štruktúra komplexného katiónu **C**.

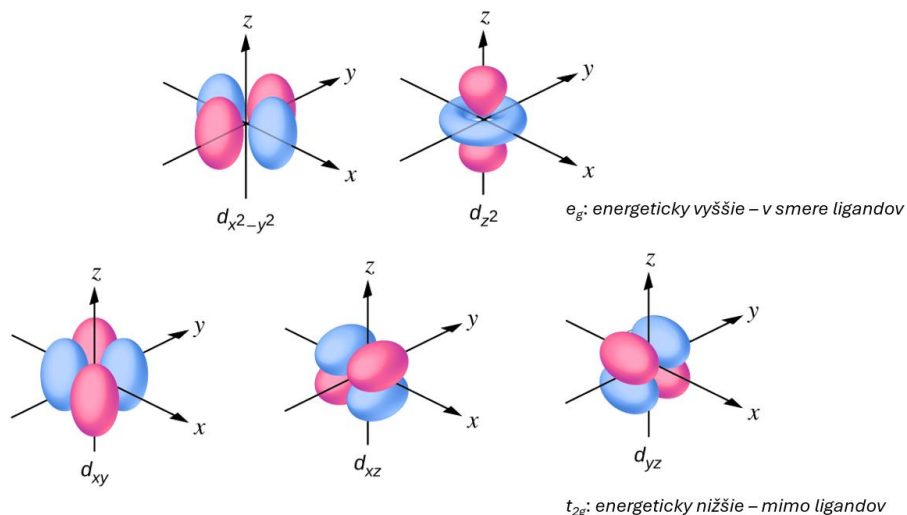
Štiepenie orbitálov (označenie a približný nákras) (Obr. 3) centrálnemu atómu v komplexe **C** =  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ , pokiaľ je jasná a správna orientácia udelia sa body bez ohľadu na grafickú kvalitu.

Za správne rozštiepenie hladín  $t_{2g}$  a  $e_g$  udeliť 1 pb.

Za správne označenie orbitálov udeliť 1 pb.

Za správne nakreslenie orbitálov udeliť 1 pb.



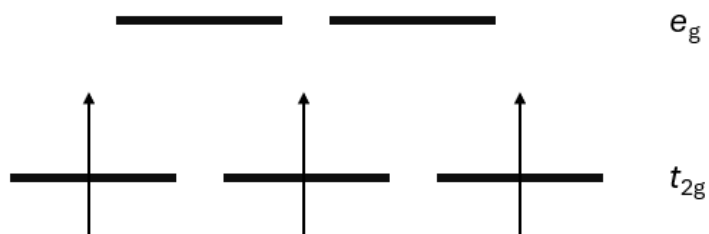


Obrázok 3: Štiepenie orbitálov v komplexe **C** (predchádzajúca strana) s označenými a nakreslenými orbitálmi (hore).

6.

(2 pb) Vyplnenie diagramu elektrónmi (Obr. 4) (1 pb).

Základný term tohto komplexného katiónu je  $^4A_{2g}$  - vid' aj odpoveď na úlohu 15 (1 pb).



Obrázok 4: Správne zaplnenie hladín  $t_{2g}$  a  $e_g$  komplexného katiónu  $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$  elektrónmi.

7.

(1 pb) Z textu je zrejmé, že musia platiť tieto dve rovnice:

$$\begin{aligned}
 X + Y &= \Delta_o \\
 -X \cdot 3 + Y \cdot 2 &= 0
 \end{aligned}$$

Spojením týchto dvoch vzťahov a vypočítaním sústavy rovníc dostaneme hodnoty  $X = 2/5 \cdot \Delta_o$  a  $Y = 3/5 \cdot \Delta_o$  ako funkcie parametra  $\Delta_o$  (1 pb).

8.

- (2 pb) Stabilizačná energia kryštálového poľa (z angl. CFSE) je energia, o ktorú je systém stabilnejší / nestabilnejší v porovnaní so základným stavom izolovaného katiónu v guľovo symetrickom poli.

$$CFSE = \Delta E = E_{\text{ligandové pole}} - E_{\text{guľovo symetrické pole}}$$

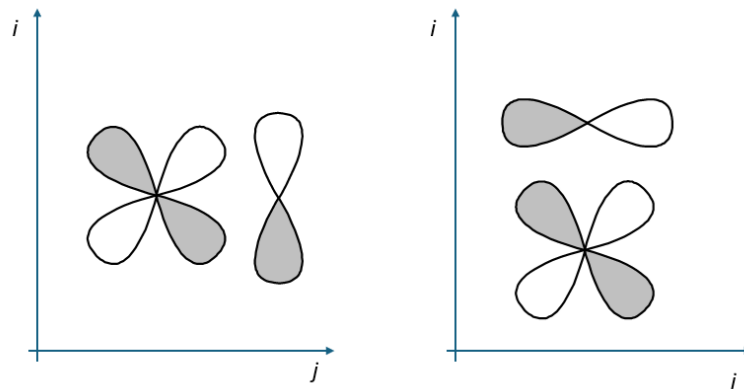
Energia elektrónu v orbitáli umiestneného v guľovo symetrickom poli je z konvencie nulová.

Hodnota CFSE pre  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  je (2 pb):

$$CFSE = -3 \cdot 2/5 \cdot \Delta_o = -6/5 \cdot \Delta_o$$

9.

- (2 pb) Aby mal orbitál  $d_{ij}$  nenulový prekryv s  $p_k$  orbitálom musí platiť  $k=i$ , alebo  $k=j$ . Situácia je znázornená na obrázku 5. Vybrané dvojice orbitálov s nenulovým prekryvom teda sú  $d_{xy}-p_x$ ,  $d_{xz}-p_z$ ,  $d_{yz}-p_y$  (1 pb). Ich odpovedajúce prekryvy aj s jednotlivými fázami (Obr. 5) (1 pb):



Obrázok 5: Odpovedajúce prekryvy orbitálov  $d$  a  $p$  s vyznačenými fázami.

10.

- (0 pb) Nepovinná úloha, jej riešenie je zobrazené v úlohách ako Obrázok 3.

11.

- (2 pb) Celková koncentrácia aniónov  $\text{Cl}^-$  v roztoku sa dá spočítať ako súčet všetkých rovnovážnych koncentrácií komplexných častíc vynásobených príslušným stechiometrickým koeficientom v súčte s voľnými aniónmi  $\text{Cl}^-$  (2 pb).

$$c(\text{Cl}^-) = [\text{Cl}^-] + \sum_{i=1}^6 [[\text{Cr}(\text{Cl})_i]^{3-i}] \cdot i$$

**12.**

(2 pb) Približným odčítaním hodnoty na osi x z grafu pre maximum oranžovej krivky ( $i = 1$ ) získame (1 pb).

$$\log([\text{Cl}^-]) \doteq 1,5$$

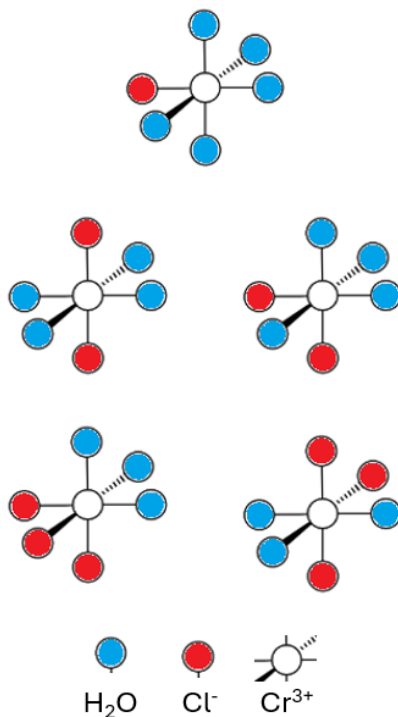
Z toho už jednoducho určíme koncentráciu  $\text{Cl}^-$  zodpovedajúcu maximu tvorby  $[\text{Cr}(\text{Cl})]^{2+}$  (1 pb)

$$[\text{Cl}^-] \doteq 10^{1,5}$$

$$[\text{Cl}^-] = 31,6 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

**13.**

(4 pb) V nenulovom podiele sú podľa Obr. 3 v úlohách zastúpené iba komplexy obsahujúce chloridový ligand:  $i = 1, 2, 3$  (1 pb). Na nasledovnom obrázku (Obr. 6) je všetkých 5 možností. (1 pb za všetky správne nakreslené izoméry pre jeden komplex, spolu 3 pb). Komplexy s  $i = 4, 5, 6$  sú zastúpené v zanedbateľnom percente menej ako 0,1 % – ak ich však riešiteľ zakreslí, považujú sa tiež za správne riešenie. Ich izomérsne štruktúry sú analogické situácii na Obr. 6.



Obrázok 6: Všetky možné izoméry komplexov s nenulovým zastúpením v roztoku.

**14.**

(2 pb) Energia tohto prechodu sa vypočíta s použitím vzťahu:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

Konštanta  $c$  je rýchlosť svetla vo vákuu a  $\lambda$  je vlnová dĺžka absorbovaného žiarenia, ktorého komplementárna farba je farba roztoku komplexného katiónu hexaakvachromitého – fialová. Z kruhu komplementárnych farieb určíme, že  $560 \text{ nm} < \lambda < 600 \text{ nm}$  (1 pb). Prepočet na jednotku energie elektrónvolt eV je nasledovný:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \cong 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{\lambda} = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{\lambda}$$

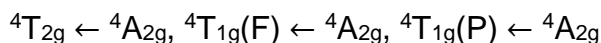
$$E = \frac{1,240 \cdot 10^{-6} \text{ eV} \cdot \text{m}}{\lambda} = \frac{1240 \cdot 10^{-9} \text{ eV} \cdot \text{m}}{\lambda} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{\lambda}$$

pričom sme využili, že  $1 \text{ J} = 6,24181 \cdot 10^{18} \text{ eV}$ . Výsledný vzťah možno používať na rýchle približné prepočítavanie medzi vlnovou dĺžkou a energiou žiarenia. Preto energia tohto prechodu bude v rozmedzí  $2,21 \text{ eV} > E > 2,07 \text{ eV}$  (1 pb).

**15.**

(3 pb) Z Obr. 4 si môžeme všimnúť, že najnižšie je čiara základného stavu: jeho term sme identifikovali už vyššie ( ${}^4A_{2g}$ ). Zo zvyšných termov vylúčime tie, kde sa spinová multiplicita ( $M = 2S+1$ , kde  $S$  je súčet spinov elektrónov) mení. Teda všetky doublety (termy  ${}^2Z$ , kde  $Z$  je rôzne), takéto prechody sú spinovo zakázané a teda by na našom spektre nemali byť pozorované. Intenzívnejšie prechody teda môžeme očakávať 3, typu  $d-d$  (1 pb). Všetky tieto prechody sú Laportovsky zakázané (ide o prechod  $d-d$ ) (1 pb). Z grafu ich môžeme odčítať a zapísať spektroskopickou notáciou.

Jednotlivé prechody napísané spektroskopickou notáciou sú (1 pb)



Za zápis  ${}^4T_2 \leftarrow {}^4A_2, {}^4T_1(F) \leftarrow {}^4A_2, {}^4T_1(P) \leftarrow {}^4A_2$  udeliť taktiež 1 pb.

**16.**

(4 pb) Pík s maximom pri 300 nm zodpovedá prechodu  ${}^4T_{1g}(P) \leftarrow {}^4A_{2g}$  (1 pb).

Pík s maximom pri 420 nm zodpovedá prechodu  ${}^4T_{1g}(F) \leftarrow {}^4A_{2g}$  (1 pb).

Pík s maximom pri 580 nm zodpovedá prechodu  ${}^4T_{2g} \leftarrow {}^4A_{2g}$  (1 pb).

Pík s maximom pri 420 nm zodpovedá zelenej (žltej) farbe a pík s maximom pri 580 nm zodpovedá fialovej farbe (1 pb) (uznať aj iné, podobné odtiene uvedených farieb).



# RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

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

Ján Reguli

---

Maximálne 17 bodov

## Úloha 1 (3,5 bodu)

**1.1** Tlak v uzavretej nádobe po pridaní, resp. odobraní časti kvapaliny sa nezmení  
0,5 b správna odpoveď je c.

**1.2** Tlak po pridaní aj po odobratí časti látky sa ustáli na rovnakej hodnote ako bol predtým,  
0,5 b pretože hodnota tlaku nasýtenej pary pre danú látku závisí len od teploty.

**1.3** Pri výpočte molárnej výparnej entalpie musíme hmotnostnú výparnú entalpiu vynásobiť hmotnosťou 1 mólu (t. j. molárnou hmotnosťou):  
0,5 b  $\Delta_{\text{vap}}H = M \Delta_{\text{vap}}h = 18,02 \text{ g mol}^{-1} \cdot 2,253 \text{ kJ g}^{-1} = 40,599 \text{ kJ mol}^{-1}$

**1.4** Tlak nasýtenej pary vody pri teplote 60 °C vypočítame z Clausiusovej-Clapeyronovej rovnice

$$\ln p_2 = \ln p_1 - \frac{\Delta_{\text{vap}}H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln p_2 = \ln 101325 - \frac{40599}{8,3145} \left( \frac{1}{333,15} - \frac{1}{373,15} \right) = 9,955$$

1 b  $p_2 = 21056,081 \text{ Pa} \cong 21,056 \text{ kPa}$

**1.5** Ak tlak vodnej pary v bublinkách dosiahne hodnotu okolitého atmosférického tlaku, bublinky už nič v kvapaline nedržia a všetky sa naraz pohnú ku hladine. Kvapalina sa vtedy

0,5 b odparuje nielen z povrchu, ale z celého objemu. Toto nazývame var kvapaliny.

**1.6** Kvapalina v otvorenej nádobe začne vriieť vtedy, keď sa tlak jej nasýtenej pary vyrovná tlaku vzduchu nad kvapalinou – atmosférickému tlaku.  
0,5 b

## Úloha 2 (2,5 bodu)

Zo zadania poznáme dva body na krivke závislosti tlaku nasýtenej pary od teploty. Máme vypočítať hodnotu tlaku nasýtenej pary pri tretej teplote. Vychádzame z Clausiusovej-Clapeyronovej rovnice:

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = -\frac{\Delta_{\text{vap}}H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

z ktorej najprv vypočítame molárnu výparnú entalpiu octanu etylového:

$$\Delta_{\text{vap}}H = -R \ln \frac{p_2}{p_1} / \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) = -8,3145 \cdot \ln \frac{145,63}{26,66} / \left( \frac{1}{358,75} - \frac{1}{314,55} \right)$$

1 b  $\Delta_{\text{vap}}H = 36042 \text{ J mol}^{-1}$

Následne použijeme jeden zo známych bodov a vypočítame tlak nasýtenej pary pri teplote 75,0 °C

$$\ln p_2 = -\frac{\Delta_{\text{vap}}H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) + \ln p_1$$

$$\ln p_2 = -\frac{36042}{8,3145} \left( \frac{1}{348,15} - \frac{1}{358,75} \right) + \ln 145630$$

$$\ln p_2 = -0,367892 + 11,888824 = 11,520932$$

1 b  $p_2 = 100803,9 \text{ Pa} = 100,8 \text{ kPa}$

0,5 b Tlak nasýtenej pary octanu etylového je pri 75 °C tesne pod hodnotou 101,325 kPa. Je teda ešte kvapalný, ale už veľmi blízko svojej teplote varu. Normálna teplota varu octanu etylového je vyššia ako 75,0 °C.

### Úloha 3 (4,25 bodu)

Tlak pary nad roztokom je súčtom parciálnych tlakov metanolu a etanolu.

Parciálne tlaky vypočítame z tlakov nasýtenej pary čistých látok pomocou

Raoltovho zákona  $p = p_A + p_B = p_A^* x_A + p_B^* x_B = p_A^* + (p_B^* - p_A^*) x_B$

Prchavejšou zložkou je metanol, teda v roztoku je  $x_A = 0,40$  a

0,5 b  $p = p_A^* x_A + p_B^* x_B = 12,97 \cdot 0,4 + 5,866 \cdot 0,6 = 8,7076 \text{ kPa}$

V parnej fáze bude mólový zlomok metanolu

$$y_A = \frac{p_A}{p} = \frac{p_A^* x_A}{p} = \frac{12,97 \cdot 0,40}{8,7076} = 0,5958$$

0,5 b a  $y_B = 0,4042$

Podľa zadania treba vypočítať hmotnostný zlomok metanolu v parnej fáze

$$w_A = \frac{m_A}{m_A + m_B} = \frac{n_A M_A}{n_A M_A + n_B M_B} = \frac{y_A M_A}{y_A M_A + y_B M_B} =$$

$$= \frac{0,5958 \cdot 32,04}{0,5958 \cdot 32,04 + 0,4042 \cdot 46,07} = 0,506$$

0,75 b hmotnostný zlomok etanolu bude teda  $w_B = 1 - w_A = 0,494$

Parciálne tlaky zložiek v parnej fáze.

$$p_A = y_A p = 0,5958 \cdot 8,7076 = 5,1880 \text{ kPa}$$

0,5 b  $p_B = y_B p = 0,4042 \cdot 8,7076 = 3,5196 \text{ kPa}$

Podiel sústavy v parnej fáze a podiel metanolu v parnej fáze vypočítame s použitím „pákového pravidla“, ktoré si odvodíme z materiálovej bilancie sústavy:

$$\text{Celkové látkové množstvo zložiek sústavy je } n = n_l + n_g,$$

kde  $n_l$  a  $n_g$  sú látkové množstvá sústavy v kvapalnej a v parnej fáze. Látkové množstvo metanolu v sústave je  $n_A = n X_A = n_{A,l} + n_{A,g} = n_l x_A + n_g y_A$

Úpravou týchto vzťahov dostaneme  $n X_A = (n - n_g) x_A + n_g y_A$ , resp.

$$n (X_A - x_A) = n_g (y_A - x_A)$$

Podiel látkového množstva pary v sústave je

$$\frac{n_g}{n} = \frac{X_A - x_A}{y_A - x_A} = \frac{0,5 - 0,4}{0,5958 - 0,4} = 0,5107$$

1 b t. j. parná fáza tvorí 51,07 % sústavy.

Podiel látkového množstva metanolu v parnej fáze z celkového látkového množstva metanolu v sústave je

$$\frac{n_{A,g}}{n_A} = \frac{n_g y_A}{n X_A} = \frac{y_A}{X_A} \cdot \frac{X_A - x_A}{y_A - x_A} = \frac{0,5958}{0,5} \cdot 0,5107 = 0,6086$$

1 b V parnej fáze je 60,86 % z celkového množstva metanolu.

#### Úloha 4 (2,25 bodu) (0,25 b za každú správnu odpoveď)

1. Ako elektrochemický článok sa označuje sústava, obsahujúca aspoň
  - a) dve elektródy
2. Ak označíme štandardný redoxný potenciál na ľavej strane galvanického článku ako  $E^{\circ}_L$  a na pravej strane ako  $E^{\circ}_P$ , potom štandardné elektromotorické napätie článku  $E^{\circ}$  je dané výrazom
  - a)  $E^{\circ} = E^{\circ}_P - E^{\circ}_L$
3. Štandardné elektromotorické napätie galvanického článku sa rovná
  - a) elektromotorickému napätiu článku, v ktorom sú aktivity všetkých súčastí rovné jeden.
  - b) výrazu  $-\Delta_r G^{\circ}/(z F)$ .
  - c) výrazu  $R T/(z F) \ln K$ .
  - d) rozdielu štandardných potenciálov elektród, z ktorých sa článok skladá.

4. Správne sú všetky tri tvrdenia

- a) Elektródový potenciál  $E_i$  sa rovná elektromotorickému napätiu článku, v schéme ktorého je na pravej strane daná elektróda a na ľavej strane je štandardná vodíková elektróda.
- b) Ak je potenciál  $E_i$  kladný, v článku podľa a) prebieha na danej elektróde redukcia.
- c) Časťou rovnice redoxnej reakcie prebiehajúcej v článku podľa a) je oxidácia vodíka na  $H^+$ .

### Úloha 5 (4,5 bodu)

5.1 Na vodíkovej elektróde prebieha reakcia  $H^+ + e^- = 1/2 H_2$ , preto jej potenciál má tvar ( $E^\circ(H^+/H_2) = 0$ ):

$$\begin{aligned} 0,5 \text{ b} \quad E(H^+/H_2) &= E^\circ(H^+/H_2) + (RT/F) \ln a(H^+)/a(H_2)^{1/2} = \\ &= RT/F \ln a(H^+)/(p(H_2)/p^\circ)^{1/2} = \\ &= (8,3145 \cdot 298,15 / 96485,3) \cdot \ln [1 \cdot 10^{-7} / (151987,5 / 101325)^{1/2}] = \\ 0,5 \text{ b} \quad &= -0,41932 \text{ V} \end{aligned}$$

5.2 V galvanickom článku (Pt)  $H_2(g) | HCl(aq) | Cl_2(g)$  (Pt) pri 25 °C,

0,5 b prebieha chemická reakcia  $1/2 H_2(g) + 1/2 Cl_2(g) = H^+(aq) + Cl^-(aq)$   
Dostaneme ju ako rozdiel elektródových reakcií pravej a ľavej elektródy, t. j. predpokladáme, že na pravej elektróde prebieha redukcia chlóru a na ľavej oxidácia vodíka:  $1/2 Cl_2(g) + e^- = Cl^-(aq)$ ,  $H^+(aq) + e^- = 1/2 H_2(g)$   
Rovnovážnu konštantu tejto reakcie môžeme vypočítať zo vzťahu:  
 $z F E^\circ = RT \ln K$ , do ktorého dosadíme

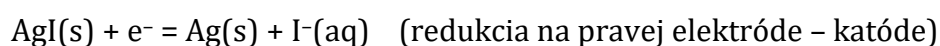
$$\begin{aligned} 0,5 \text{ b} \quad E^\circ &= E^\circ(Cl_2/Cl^-) - E^\circ(H^+/H_2) = 1,358 \text{ V} \quad \text{a dostaneme} \\ \ln K &= z F E^\circ / (R T) = 1 \cdot 96485,3 \cdot 1,358 / (8,3145 \cdot 298,15) = 52,855 \end{aligned}$$

$$0,5 \text{ b} \quad K = 9,012 \cdot 10^{22}$$

(0,5 b) Ak použijeme rovnicu reakcie v tvare  $H_2(g) + Cl_2(g) = 2H^+(aq) + 2Cl^-(aq)$  je  $z = 2$  pretože táto rovnica vznikla odčítaním rovníc elektródových reakcií  $Cl_2(g) + 2e^- = 2Cl^-(aq)$  a  $2H^+(aq) + 2e^- = H_2(g)$

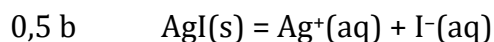
(0,5 b) dostaneme potom  $K = 8,122 \cdot 10^{45}$

5.3 Ide o článok zložený zo striebornej a argentojodidovej elektródy. Rovnice elektródových reakcií teda budú



0,5 b  $Ag^+(aq) + e^- = Ag(s)$  (na ľavej elektróde – anóde bude prebiehať oxidácia)

V článku teda prebieha reakcia, ktorej rovnicu dostaneme ako rozdiel rovníc polreakcií na pravej a ľavej elektróde:



Rovnovážna konštanta tejto reakcie je vlastne konštantou (súčinom) rozpustnosti jodidu strieborného

$$K_s = c(\text{Ag}^+) c(\text{I}^-)$$

$$\ln K_s = \frac{z F}{R T} E^\circ = \frac{1 \cdot 96485,3}{8,3145 \cdot 298,15} \cdot (-0,9509) = -37,0105$$

0,5 b  $K_s = 8,44385 \cdot 10^{-17}$

Rozpustnosť AgI dostaneme zo vzťahu pre súčin rozpustnosti

$$K_s = c(\text{Ag}^+) c(\text{I}^-) = c^2$$

0,5 b  $c = \sqrt{K_s} = \sqrt{8,444 \cdot 10^{-17}} = 9,189 \cdot 10^{-9} \text{ mol dm}^{-3}$

# RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

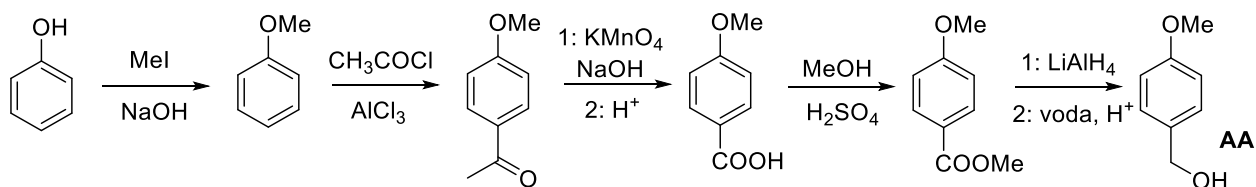
Chemická olympiáda – kategória A – 61. ročník – školský rok 2024/25  
Domáce kolo

Michal Májek, Radovan Šebesta

Maximálne 17 bodov (136 pb x 0,125 = 17 b)

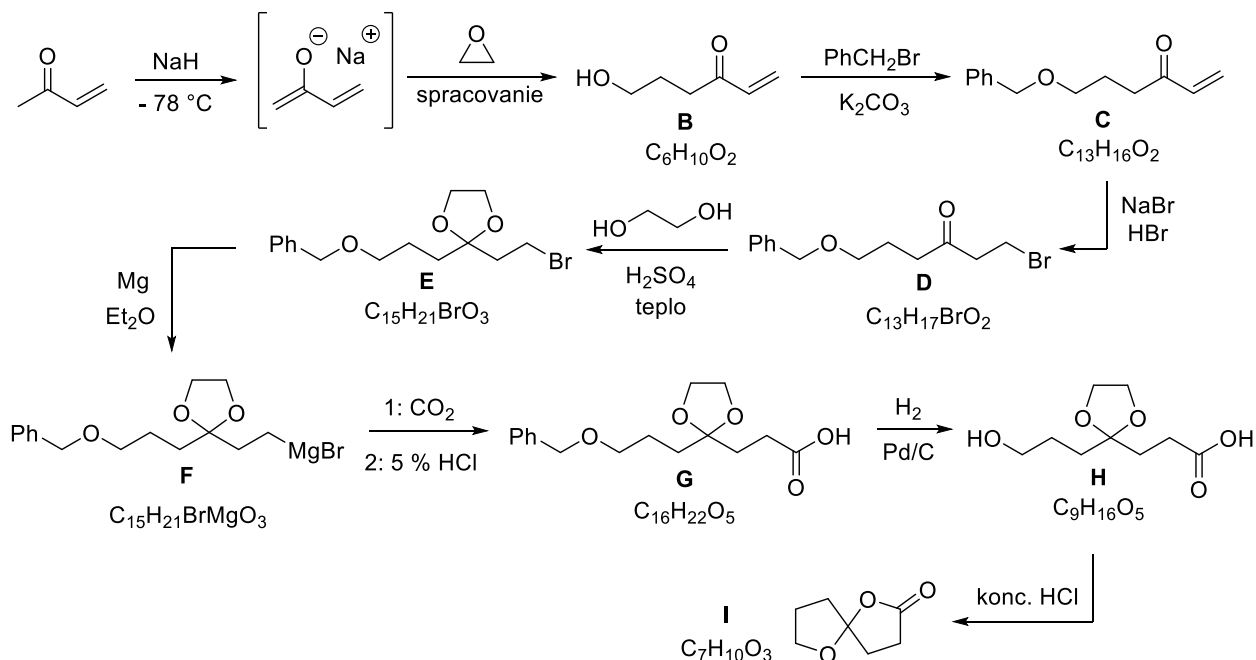
## Úloha 1 (10 pb)

Poznámka: možno akceptovať aj iné syntetické cesty, ktoré dávajú zmysel, treba však pamätať na kompatibilitu funkčných skupín (napr. nemožno vykonať Friedelovu-Craftsovu acyláciu priamo na fenole). (5x2 pb)

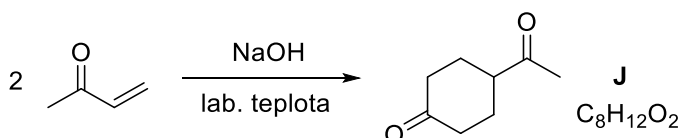


## Úloha 2 (28 pb)

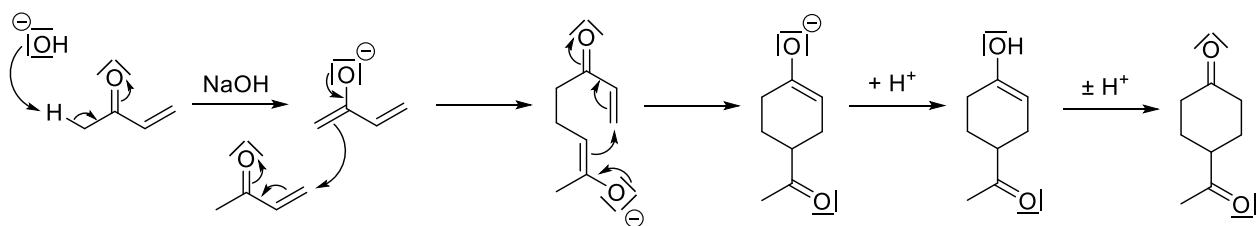
a) 9x2 pb



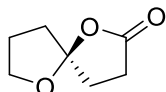
b) 2 pb



c) 6 pb



d) 2 pb



### Úloha 3 (24 pb)

a) 8x2 pb

**A, B** – KOH, voda (alebo iná vhodná báza, ktorá má draselný kation)

**C** – chlorid tionylu (alebo chlorid fosforový, či fosforečný)

**D** – NBS (alebo bróm)

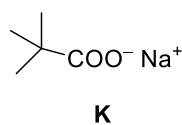
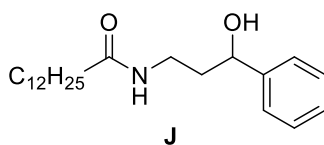
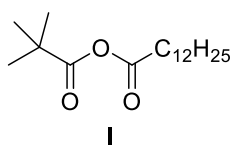
**E** – KOH (alebo iná vhodná báza)

**F** – *m*CPBA (alebo iná peroxokyselina)

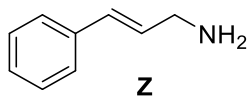
**G** – KCN

**H** – vodík

b) 3x2 pb

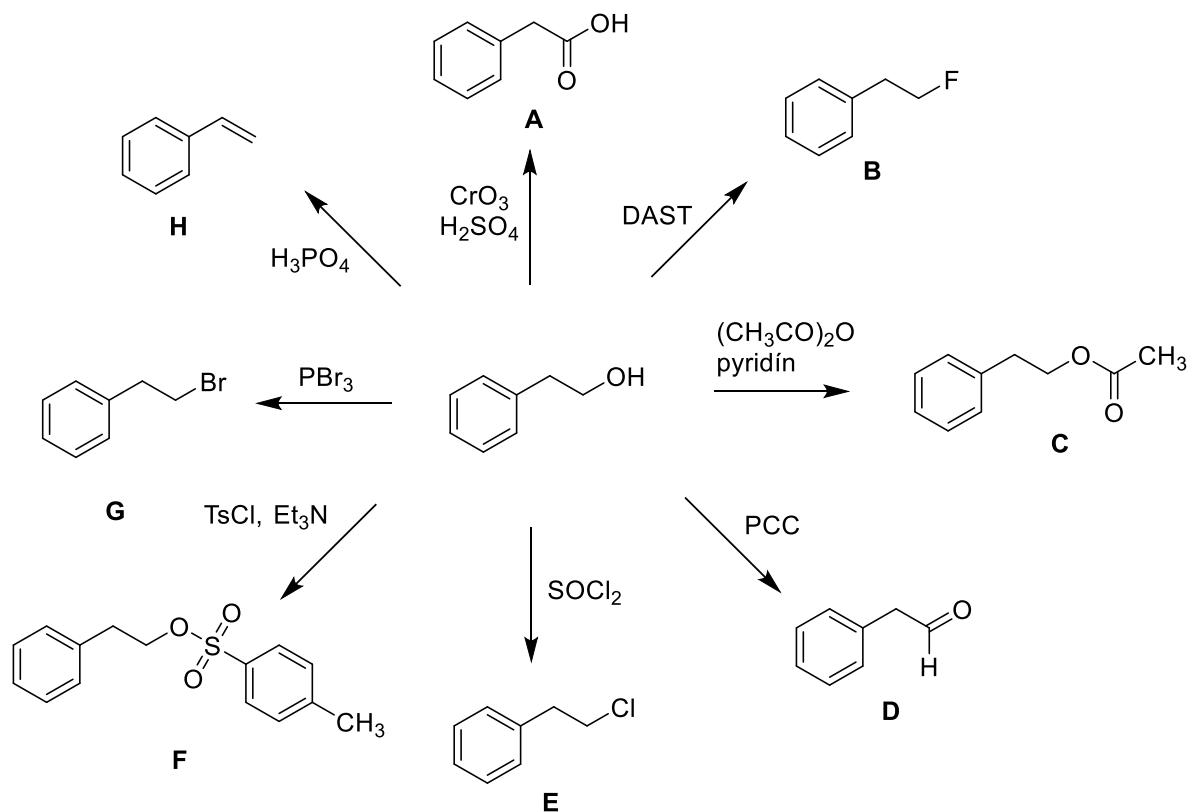


c) 2 pb



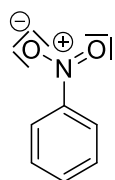
### Úloha 4 (16 pb)

8x2 pb

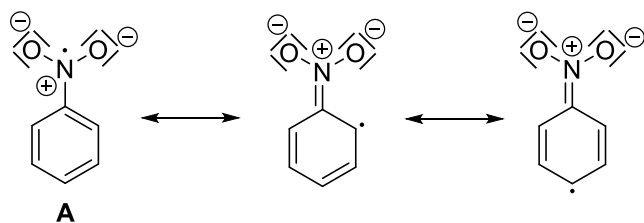


### Úloha 5 (32 pb)

a) 2 pb

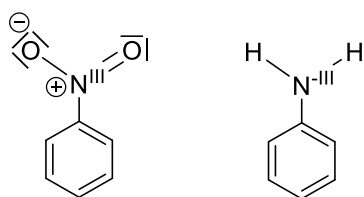


b) 2+2 pb





c) 2+2 pb



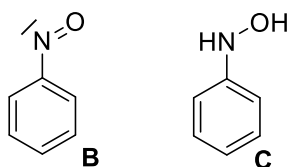
d) 6 elektrónov; 2 pb

e) Redukcia, katóda, záporný pól; 3x2 pb

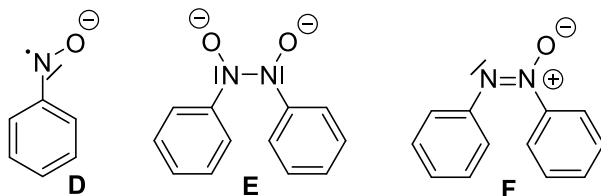
f)  $M(\text{nitrobenzén}) = 123 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{anilín}) = 93 \text{ g/mol}$ . Takže do reakcie sme dali  $n(\text{nitrobenzén}) = m(\text{nitrobenzén})/M(\text{nitrobenzén}) = 8,13 \text{ mmol}$  nitrobenzénu a z reakcie sme získali  $n(\text{anilín}) = m(\text{anilín})/M(\text{anilín}) = 5,38 \text{ mmol}$  anilínu. Výťažok anilínu je teda  $5,38/8,13 = 66 \%$ .

Celková plocha elektród je  $100 \text{ cm}^2$ , elektrolytický prúd je teda  $1 \text{ A}$ . Za  $1 \text{ h}$  prejde celkový náboj  $Q = I \cdot t = 3600 \text{ C}$ . Náboj mólu elektrónov (Faradayova konštanta) je  $96485 \text{ C}$ . Celkovo sme teda na elektrolyzu použili  $3600/96485 \text{ mol} = 37,3 \text{ mmol}$  elektrónov. Keďže na získanie jedného mólu anilínu potrebujeme  $6$  elektrónov, teoreticky sme mohli získať  $37,3/6 \text{ mmol} = 6,26 \text{ mmol}$  nitrobenzénu. Faradayická účinnosť je teda  $5,38/6,26 = 86 \%$ ; 4 pb

g) 4 pb



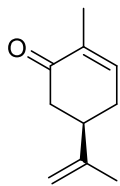
h) 3x2 pb



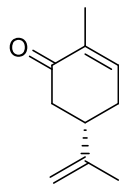
## Úloha 6 (26 pb)

3x3 pb v a-c)

a)

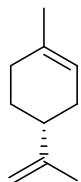


(R)-karvón

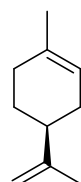


(S)-karvón

b)

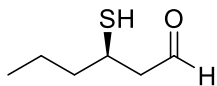


(R)-limonén

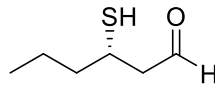


(S)-limonén

c)

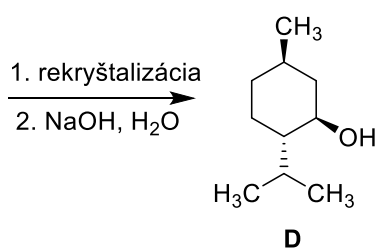
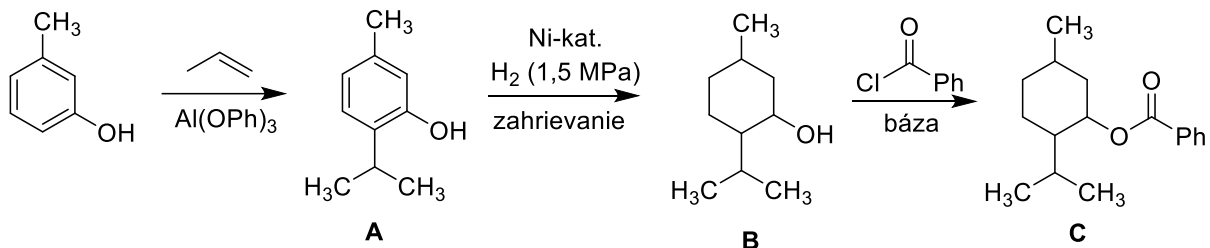


(R)-3-merkaptohexanal

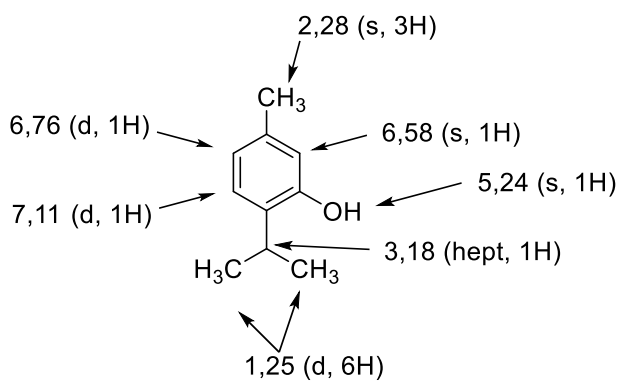


(S)-3-merkaptohexanal

d) 4x2 pb



e) 2 pb za štruktúru, 7x1 pb za priradenia



## RIEŠENIA ÚLOH Z BIOCHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 61. ročník – šk. rok 2024/25  
Domáce kolo

**Pavol Štefík, Boris Lakatoš, PhD.**

---

Maximálne 8 bodov 24 pb  
Doba riešenia: bez časového obmedzenia

1. Hexokináza – transferáza  
Pyruvátdekarboxyláza – lyáza  
Alkoholdehydrogenáza – oxidoreduktáza  
Ureáza – hydroláza  
Pyruvátkarboxyláza – ligáza  
Laktátracemáza – izomeráza

Za každú správne určenú triedu enzýmov udeliť **1 pb**.

2. Niacín / nikotínamid / kyselina nikotínová

Za uvedenie jednej z možných odpovedí udeliť **2 pb**.

3. (a) akompetitívnej  
(b) Koenzým  
(c) neovplyvňujú  
(d) viacerými  
(e) aktívne  
(f) endogénne  
(g) je  
(h) kompetitívneho  
(i) katalytickej účinnosti  
(j) apoenzým

Za každú správnu odpoveď udeliť **0,5 pb**.

4. (a)

$$K_S = \frac{k_{-1}}{k_1} = \frac{2 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}}{4 \cdot 10^3 \text{ L mmol}^{-1} \text{ s}^{-1}} = 5 \text{ mmol L}^{-1}$$

Za správny výsledok v jednotkách mmol L<sup>-1</sup> udeliť **2 pb**, v prípade správneho výsledku v iných jednotkách udeliť **1 pb**.

(b)

$$K_M = \frac{k_{-1} + k_{cat}}{k_1} = \frac{2 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1} + 8 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}}{4 \cdot 10^3 \text{ L mmol}^{-1} \text{ s}^{-1}} = \mathbf{7 \text{ mmol L}^{-1}}$$

Za správny výsledok v jednotkách  $\text{mmol L}^{-1}$  udeliť **2 pb**, v prípade správneho výsledku v iných jednotkách udeliť **1 pb**.

(c)

$$V_{max} = k_{cat} \cdot c_{0E} = 480 \cdot 10^3 \text{ min}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ mmol L}^{-1} = \mathbf{960 \text{ mmol L}^{-1} \text{ min}^{-1}}$$

Za správny výsledok v jednotkách  $\text{mmol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$  udeliť **2 pb**, v prípade správneho výsledku v iných jednotkách udeliť **1 pb**.

(d)

$$\text{katalytická účinnosť} = \frac{k_{cat}}{K_M} = \frac{8 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}}{0,007 \text{ mol L}^{-1}} \approx \mathbf{1 \cdot 10^6 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}}$$

Za správny výsledok v jednotkách  $\text{L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$  udeliť **2 pb**, v prípade správneho výsledku v iných jednotkách udeliť **1 pb**.

(e)

a.

$$v = \frac{k_{cat} \cdot c_{0E} \cdot c_S}{K_M + c_S} = \frac{8 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \mu\text{mol mL}^{-1} \cdot 7 \mu\text{mol L}^{-1}}{7 \cdot 10^3 \mu\text{mol L}^{-1} + 7 \mu\text{mol L}^{-1}} = \mathbf{0,016 \mu\text{mol mL}^{-1} \text{ s}^{-1}}$$

b.

$$v = \frac{k_{cat} \cdot c_{0E} \cdot c_S}{K_M + c_S} = \frac{8 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \mu\text{mol mL}^{-1} \cdot 7 \text{ mmol L}^{-1}}{7 \text{ mmol L}^{-1} + 7 \text{ mmol L}^{-1}} = \mathbf{8 \mu\text{mol mL}^{-1} \text{ s}^{-1}}$$

c.

$$v = \frac{k_{cat} \cdot c_{0E} \cdot c_S}{K_M + c_S} = \frac{8 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \mu\text{mol mL}^{-1} \cdot 7 \text{ mol L}^{-1}}{7 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} + 7 \text{ mol L}^{-1}} = \mathbf{16 \mu\text{mol mL}^{-1} \text{ s}^{-1}}$$

Za každý správny výsledok v podúlohe a. – c. v jednotkách  $\mu\text{mol mL}^{-1} \text{ s}^{-1}$  udeliť **1 pb**, v prípade správneho výsledku v iných jednotkách udeliť **0,5 pb**.

---

**Autori:** Martin Brokeš, doc. RNDr. Šimon Budzák, PhD., doc. Ing. Boris Lakatoš, PhD., Ing. Michal Májek, PhD., doc. Ing. Ján Reguli, CSc. (vedúci autorského kolektívu), prof. Mgr. Radovan Šebesta, DrSc., Ing. Pavol Štefík

**Recenzenti:** Ing. Tibor Dubaj, PhD., Mgr. Jela Nociarová, PhD., Adam Kleman, doc. Ing. Martin Šimkovič, PhD., Mgr. Barbora Zahradníková

**Slovenská komisia Chemickej olympiády**

**Vydal:** NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2024