

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

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

Peter Troška

Maximálne 25 bodov

Doba riešenia: bez časového obmedzenia

Návrh bodového hodnotenia:

Pridelia sa pomocné body (pb). Spolu celkovo 50 pb, ktoré sa prepočítajú na konečné body podľa vzťahu: 1 pb = 0,5 b.

- za teoretickú úlohu 1 prideliť pb podľa riešenia uvedeného nižšie: **max 12 pb**

- za praktickú úlohu 2 prideliť pb podľa riešenia uvedeného nižšie: **max 38 pb**

Hodnotenie za presnosť pri úlohách 2.4, 2.5 a) a 2.5 b): **(max 3 pb x 3)**

Akceptovaná hodnota je priemer/medián/zvolená hodnota po posúdení priebehu experimentu pre spotrebu chelatónu 3:

- 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 pri úlohách 2.5 a) a 2.5 b): **(max 10 pb x 2)**

Akceptovaná hodnota pre spotrebu chelatónu 3 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

Úloha 1: Komplexotvorné reakcie

Úloha/otázka 1a a 1b: napísaná ako asociácia kationov H^+ na anión úplne disociovej EDTA

Anión Chelatónu 3 (Y^{4-}) sa protonizuje



(3 pb)

(tu sú uvedené celkové protonizačné konštanty, inde v literatúre sa môžu nájsť disociačné konštanty slabšej kyseliny H_4Y [celkové alebo stupňovité ($pK_{1-4} = 2,07, 2,75, 6,24, 10,34$)], ktoré sa ľahko navzájom prepočítajú.

(protonizácia na dusíkoch piatym a šiestym kationom H^+ sa uplatňuje len v silne kyslom prostredí a väčšinou sa neuvažuje – zanedbanie týchto častíc nie je teda chybou)

(3 pb)

Úloha/otázka 1c a 1d:

Chelatón 3 teda môže byť prítomný vo formách Y^{4-} , HY^{3-} , H_2Y^{2-} , H_3Y^- , H_4Y , H_5Y^+ , H_6Y^{2+}
Ďalšie ióny v roztoku sú H^+ a OH^-

$$\begin{aligned} c(Y^{4-}) &= [Y^{4-}] + [HY^{3-}] + [H_2Y^{2-}] + [H_3Y^-] + [H_4Y] + [H_5Y^+] + [H_6Y^{2+}] = 0,02 \text{ mol.dm}^{-3} \\ &= [Y^{4-}](1 + \beta_{H1}.[H^+] + \beta_{H2}.[H^+]^2 + \beta_{H3}.[H^+]^3 + \beta_{H4}.[H^+]^4 + \beta_{H5}.[H^+]^5 + \beta_{H6}.[H^+]^6) \\ [H^+] &= 10^{-4,5} \text{ mol.dm}^{-3} \end{aligned}$$

a dosadením sa určí hodnota v zátvorke (označme ju X)

potom

$$[Y^{4-}] = c(Y^{4-}) / X$$

$$[HY^{3-}] = \beta_{H1} \cdot [H^+] \cdot [Y^{4-}]$$

atď.

Pri pH 4,5 bude prevládať $[H_2Y^{2-}]$ a pri pH 9,5 bude prevládať $[HY^{3-}]$

(5 pb)

Úloha/otázka 1e: pri pH 12 bude cca 1% vo forme $[HY^{3-}]$ a 99% vo forme $[Y^{4-}]$
(pri pH 13 to bude 0,1% a 99,9%)

(1 pb)

Úloha 2: Stanovenie vápnika a horčíka v tablete

2.1. Príprava odmerného roztoku chelatónu 3

Výpočet hmotnosti chelatónu 3 (Na_2EDTA):

$$\begin{aligned} m(Na_2EDTA) &= c(Na_2EDTA) \times V(Na_2EDTA) \times M(Na_2EDTA) = \\ &= 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,250 \text{ dm}^3 \times 372,24 \text{ g mol}^{-1} = 4,65 \text{ g} \end{aligned}$$

(1 pb)

2.2. Príprava roztoku uhličitanu vápenatého

Výpočet hmotnosti uhličitanu vápenatého:

$$\begin{aligned} m(CaCO_3) &= c \times V \times M(CaCO_3) = 0,02 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,100 \text{ dm}^3 \times 100,1 \text{ g mol}^{-1} = \\ &= 0,2002 \text{ g} \end{aligned}$$

(1 pb)

Navážená hmotnosť $CaCO_3$ $m(CaCO_3) =$

(1 pb)

Výpočet presnej koncentrácie zásobného roztoku:

$$c = \frac{m(CaCO_3)}{V \times M(CaCO_3)} = \frac{m(CaCO_3)}{0,100 \text{ dm}^3 \times 100,1 \text{ g mol}^{-1}}$$

(1 pb)

2.3. Príprava vzorky

Vzorka tablety je výživový doplnok „Dr. Max Vápnik Horčík Zinok“, ktorý obsahuje 333,3 mg/tbl Ca, 133,3 mg/tbl Mg. Zinok pri podmienkach titrácie nereaguje. Každý súťažiaci má k dispozícii jednu tabletu. **Za vyžiadanie náhradnej tablety je súťažiaci penalizovaný stratou 5 pb.**

<https://www.drmax.sk/dr-max-vapnik-horcik-zinok-100tbl>

2.4. Štandardizácia odmerného roztoku chelátónu 3

Predpokladaná spotreba chelátónu 3 je 8,00 cm³, ak koncentrácia CaCO₃ je presne 0,0200 mol dm⁻³ a koncentrácia chelátónu 3 je 0,0500 mol dm⁻³.

Hodnotenie za presnosť: **(max 3 pb)**

Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku chelátónu 3 (na základe akceptovanej hodnoty spotreby chelátónu 3):

$$n(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) = 1 \times n(\text{Ca}^{2+})$$

$$c(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) = \frac{1 \times c(\text{Ca}^{2+}) \times V}{V1(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y})}$$

(1 pb)

2.5. Stanovenie vápenatých a horečnatých katiónov

a) Predpokladaná spotreba chelátónu 3 je 16,6 cm³, ak koncentrácia chelátónu 3 je 0,0500 mol dm⁻³. Správnu hodnotu spotreby chelátónu 3 si na základe experimentálneho stanovenia určia učitelia, ktorí budú úlohu hodnotiť.

Hodnotenie za presnosť: **(max 3 pb)**

Hodnotenie za správnosť: **(max 10 pb)**

Výpočet presnej koncentrácie vápenatých iónov:

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{1 \times c(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) \times V2(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y})}{V(\text{Ca}^{2+})}$$

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{1 \times 0,0500 \times 0,0166}{0,025} = 0,0332 \text{ mol dm}^{-3}$$

(1 pb)

Výpočet hmotnosti vápnika v tablete:

$$m(\text{Ca}) = c(\text{Ca}^{2+}) \times V(\text{vz}) \times A(\text{Ca}) = \\ = 0,0332 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,250 \text{ dm}^3 \times 40,08 \text{ g mol}^{-1} = 0,333 \text{ g}$$

(1 pb)

b) Predpokladaná spotreba chelatónu 3 je 11,0 cm³, ak koncentrácia chelatónu 3 je 0,0500 mol dm⁻³. Správnu hodnotu spotreby chelatónu 3 si na základe experimentálneho stanovenia určia učitelia, ktorí budú úlohu hodnotiť.

Hodnotenie za presnosť:

(max 3 pb)

Hodnotenie za správnosť:

(max 10 pb)

Výpočet presnej koncentrácie vápenatých a horečnatých iónov:

$$c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = \frac{1 \times c(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) \times V_3(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y})}{V(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}$$

$$c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = \frac{1 \times 0,0500 \times 0,0110}{0,010} = 0,0550 \text{ mol dm}^{-3}$$

(1 pb)

Výpočet presnej koncentrácie horečnatých iónov:

$$c(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) - c(\text{Ca}^{2+})$$

$$c(\text{Mg}^{2+}) = 0,0550 - 0,0332 = 0,0218 \text{ mol dm}^{-3}$$

(1 pb)

Výpočet hmotnosti horčíka v tablete:

$$m(\text{Mg}) = c(\text{Mg}^{2+}) \times V(\text{vz}) \times A(\text{Mg}) = \\ = 0,0218 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,250 \text{ dm}^3 \times 24,31 \text{ g mol}^{-1} = 0,132 \text{ g}$$

(1 pb)

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

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

Martin Puffler, Peter Dudáš, Samuel Andrejčák, Martin Putala

Maximálne 15 bodov

Úloha 1 (9,5 b)

1. Krok

Hmotnosť rekryštalizovaného produktu A, vysušeného státim cez noc (4,0 b)

$$m \leq 0,82 \text{ g} \quad \text{počet bodov} = 4 \cdot m / 0,82 \text{ b}$$

$$0,82 \text{ g} \leq m \leq 1,12 \text{ g} \quad \text{plný počet bodov (4 b)}$$

$$1,12 \text{ g} \leq m \leq 1,45 \text{ g} \quad \text{počet bodov} = 4 \cdot [(1,45 - m)/0,33] \text{ b}$$

$$m \geq 1,45 \text{ g} \quad 0 \text{ b}$$

Poznámka: priemerný výťažok v kontrolnom experimente bol 0,97 g (84 %).

2. Krok

Hmotnosť produktu B po oddestilovaní rozpúšťadla a odparení jeho zvyšku (5,5 b)

$$m \leq 0,48 \text{ g} \quad \text{počet bodov} = 5,5 \cdot m / 0,48 \text{ b}$$

$$0,48 \text{ g} \leq m \leq 0,64 \text{ g} \quad \text{plný počet bodov (5,5 b)}$$

$$0,64 \text{ g} \leq m \leq 0,84 \text{ g} \quad \text{počet bodov} = 5,5 \cdot [(0,84 - m)/0,2] \text{ b}$$

$$m \geq 0,84 \text{ g} \quad 0 \text{ b}$$

Poznámka: priemerný výťažok v kontrolnom experimente bol 0,56 g (41 %).

Úloha 2 (1,0 b = 10 x 0,1 b)



za každé x, y, z 0,1 b

celkový sumárny vzorec 0,1 b

určenie molárnej hmotnosti 0,1 b

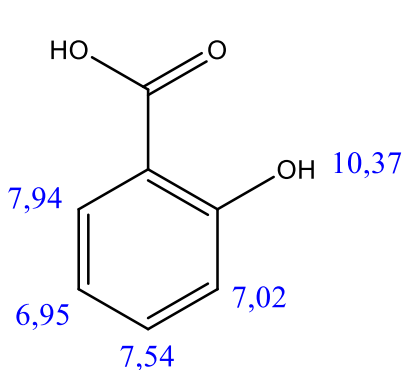
$$\begin{aligned} x : y : z &= w_x/A_r\text{C} : w_y/A_r\text{H} : w_z/A_r\text{O} = 65,05/12 : 6,07/1 : 28,88/16 = \\ &= 5,421 : 6,07 : 1,805 = 3,00 : 3,36 : 1 = 9 : 10 : 3 \end{aligned}$$

produkt **B**: 65,05% uhlík, 6,07% vodík, 28,88% kyslík $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_3$ 166 g/mol

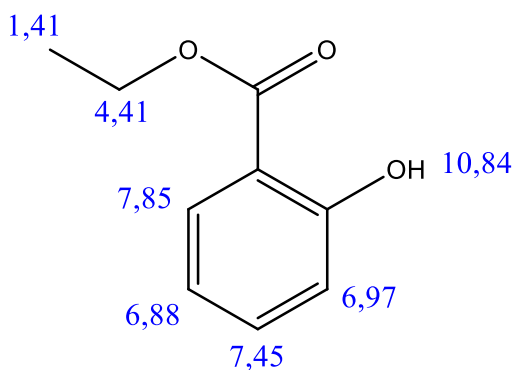
produkt **A**: 60,87% uhlík, 4,38% vodík, 34,75% kyslík $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ 138 g/mol

Úloha 3 (1,2 b = 12 x 0,1 b)

za každý správne priradený signál 0,1 b



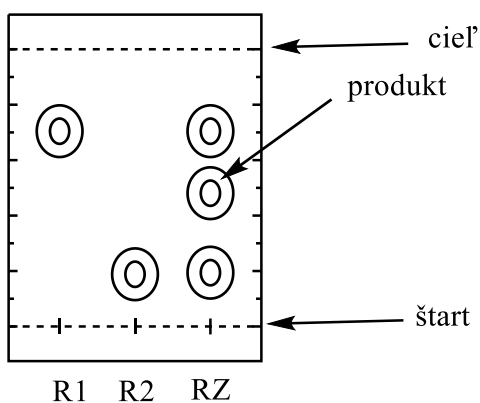
Produkt A



Produkt B

Úloha 4 (0,5 b = 5 x 0,1 b)

a) (0,1b)



b) (0,3 b)

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

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

c) roztok KMnO₄, H₂SO₄ a každé iné relevantné riešenie (0,1 b)

Úloha 5 (2,8 b = 26 x 0,1 + 4 x 0,05 b)

údaje z textu: 4 x 0,05 = 0,2 b (žlté)

údaje na výpočet: (10 + 14) x 0,1 = 2,4 b (modré)

percentuálny výťažok: 2 x 0,1 = 0,2 b

nehodnotia sa vopred zadané hodnoty (zelené)

Príprava A	ekvivalent	<i>n</i> (mmol)	<i>M</i> (g/mol)	<i>m</i> (g)	<i>V</i> (ml)	ρ (g/ml)
Kyseliny acetylsalicylová	1,0	8,33	180	1,5	-	-
HCl v 10% \ominus	8,8	72,9	36	2,63	25	1,05
produkt A (teor. množstvo)	1,0	8,33	138	1,15	-	-
izolované množstvo produktu A (v gramoch):						
percentuálny výťažok produktu A :						

Príprava B	ekvivalent	<i>n</i> (mmol)	<i>M</i> (g/mol)	<i>m</i> (g)	<i>V</i> (ml)	ρ (g/ml)
produkt A	1,0	8,33	138	1,15	-	-
etanol	41,2	343	46	15,8	20	0,789
H ₂ SO ₄ v 98% \ominus	6,6	55	98	5,41	3	1,84
produkt B (teor. množstvo)	1,0	8,33	166	1,38	-	-
izolované množstvo produktu B (v gramoch):						
percentuálny výťažok produktu B vzhľadom na východiskovú kyselinu acetylsalicylovú:						

Autori: Mgr. Samuel Andrejčák, Peter Dudáš, Martin Puffler, doc. RNDr. Martin Putala, CSc., RNDr. Peter Troška, PhD., doc. Ing. Ján Reguli, CSc. (vedúci autorského kolektívu)

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

Slovenská komisia Chemickej olympiády

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