

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

59. ročník, školský rok 2022/23

Kategória A

Školské kolo

**RIEŠENIE A HODNOTENIE
PRAKTICKÝCH ÚLOH**



RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 59. ročník – školský rok 2022/23
Školské kolo

Pavol Tarapčík

Hodnotenie: 25bodov (50 pb)

Potrebné chemikálie a pomôcky

Roztok hydroxidu sodného 50 g NaOH rozpustíte v objeme 50 cm³ vody, po ochladení na laboratórnu teplotu ho nalejte do polyetylénovej nádoby a nechajte stáť do druhého dňa, vznikne roztok s koncentráciou cca 18 mol/l, prípadné uhličitany sa nerozpúšťajú a usadia sa ako kal na dne. Na prípravu pracovného roztoku sa odoberá opatrne zvrchu číry roztok (pipetou).

Úloha 1

Meranie hmotnosti a meranie objemu pipetou a byretou – kalibrácia (10 pb)

Úloha sa venuje najmä nácviku – body prideliť podľa úvahy učiteľa o splnení zámeru.

Úloha 1.1

Voda sa z nádoby odparuje rýchlosťou niekoľko mg za minútu – úbytok hmotnosti je teda pozorovateľný pri bežnom vážení. Prchavé látky sa musia pripravovať v uzavretých nádobkách, pri používaní sa koncentrácia roztokov môže zmeniť, ak sú dlhodobo otvorené.

Úloha 1.2

Aritmetický priemer, medián, odhad štandardnej odchýlky pipetovaného množstva (hmotnosti), odhad štandardnej odchýlky aritmetického priemeru – získajú sa podľa obvyklých vzťahov.

Hrubé chyby testujte Grubsovým alebo Dean-Dixonovým testom aj vtedy, ak to nie je na prvý pohľad potrebné (študijné dôvody).

Získaná hodnota objemu pipety a jej výrobcom deklarovaná hodnota sa môžu líšiť maximálne o povolenú odchýlku pre danú triedu presnosti.

Smerodajná odchýlka určená z maximálne dovolenej odchýlky meradla a predpokladu jej rektangulárneho rozdelenia je maximálna dovolená odchýlka/ $\sqrt{(3)}$,

toto žiaci nebudú mať ako zistiť, vyžaduje sa interakcia učiteľa. Ak je smerodajná odchýlka získaná experimentálne väčšia ako smerodajná odchýlka získaná z maximálne dovolenej odchýlky, svedčí to o nedostatkoch v technike použitia meradla objemu.

Na zápis čísel v protokoloch, najmä pri odovzdávaných konečných výsledkoch treba dbať veľmi prísne.

Skutočne pridané množstvo v priemere z veľkého počtu opakovaní nemá byť závislé od meradla. Delenou pipetou sa však dosiahne menšia presnosť (širší interval jednotlivých hodnôt) ako nedelenou pipetou, porovnateľná presnosť bude aj pri práci s byretou.

Úloha 1.3

Keďže váženie považujeme za presnejšie, umožňuje „jemnejšie“ delenie látky (1 kvapka je 20 až 30 mg), predpokladáme, že chyby vnáša do merania najmä byreta. Priebeh grafu odlišný od priamky so smernicou 1 sa priraduje nerovnomernosti trubice byrety. Ak je tento zdroj nepresnosti významný (porovnanie s experimentom v úlohe 1.2), treba pri meraní používať korigované hodnoty podľa kalibračnej čiary.

Úloha 2

Stanovenie obsahu uhličitanu sodného v komerčnom preparáte (40 pb)

PRÍKLAD ZÁZNAMU O STANOVENIACH V ÚLOHE 2.1:

Výpočty potrebné k príprave roztokov

- Príprava 500 ml roztoku H_2SO_4 s koncentráciou $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ zo zásobného roztoku koncentrovanej kyseliny sírovej ($c = 18 \text{ mol dm}^{-3}$):

$$V_{ZAS} = \frac{0,1 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,5 \text{ dm}^3}{18 \text{ mol dm}^{-3}} = 0,0028 \text{ dm}^3 = 2,8 \text{ cm}^3$$

- Výpočet hmotnosti štandardu Na_2CO_3 ($M = 105,9 \text{ g mol}^{-1}$), ktorá je potrebná na kvantitatívnu reakciu:

Očakávaná rovnica chemickej premeny (napr.):



$$m_{ST} = 0,02 \text{ dm}^3 \times 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \times 105,9 \text{ g mol}^{-1} = 0,2118 \text{ g}$$

Tabuľky experimentálne nameraných hodnôt k úlohe 2.1

Tabuľka k titrácii základnej látky:

Návažok štandardnej látky	m_{ST1}	m_{ST1}	m_{ST3}	m_{ST4}
Spotreba odmerného roztoku	V_{ST1}	V_{ST2}	V_{ST3}	V_{ST4}

Tabuľka k titrácii vzorky:

Hmotnosť vzorky	m_{VZ1}	m_{VZ2}	m_{VZ3}	m_{VZ4}
Spotreba odmerného roztoku	V_{VZ1}	V_{VZ2}	V_{VZ3}	V_{VZ4}

Výpočty cieľových parametrov stanovenia v úlohe 2.1

- Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku H_2SO_4 :

Presná koncentrácia sa vypočíta pre každé stanovenie zvlášť. Pre prípad prvého stanovenia je to:

$$c_{ODM} = \frac{m_{ST1}}{M_{ST} \times V_{ST1}}$$

Obdobne sa vypočítajú koncentrácie z ďalších paralelných stanovení. Následne sa určí akceptovaná hodnota presnej koncentrácie odmerného roztoku c_{ODM} napríklad tak, že sa vylúčia odľahlé stanovenia a z korektných hodnôt sa vypočíta priemer.

- Výpočet hmotnostného zlomku $w(Na_2CO_3)$ vo vzorke:

$$M(Na_2CO_3) = 105,9 \text{ g mol}^{-1}$$

$$w_{VZ1} = \frac{V_{VZ1} \times c_{ODM} \times 105,9 \text{ g mol}^{-1}}{m_{VZ1}}$$

Obdobne sa vypočíta hmotnostný zlomok Na_2CO_3 z ďalších paralelných stanovení. Následne sa určí akceptovaná hodnota $w(Na_2CO_3)$ vo vzorke napríklad tak, že sa vylúčia odľahlé stanovenia a z korektných hodnôt sa vypočíta priemer.

Odporúčané hodnotenie úlohy 2.1

Opakovateľnosť relevantných spotrieb	0,1 ml	3 pb
	0,2 ml	2 pb
	0,3 ml	1 pb
Výpočet (správny spôsob)		2 pb
Relatívna odchýlka od správnej hodnoty	do 2 %	15 pb
	do 4 %	12 pb
	do 6 %	9 pb
	do 8 %	6 pb
	do 10 %	3 pb

PRÍKLAD ZÁZNAMU O STANOVENIACH V ÚLOHE 2.2

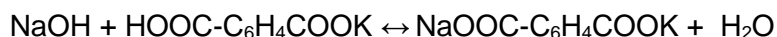
Výpočty potrebné k príprave roztokov

- Príprava 250 ml roztoku NaOH s koncentráciou $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ zo zásobného roztoku koncentrovaného NaOH ($c = 18 \text{ mol dm}^{-3}$):

$$V_{ZAS} = \frac{0,1 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,25 \text{ dm}^3}{18 \text{ mol dm}^{-3}} = 0,0014 \text{ dm}^3 = 1,4 \text{ cm}^3$$

- Výpočet hmotnosti štandardu HOOC-C₆H₄COOK, ktorá je potrebná na kvantitatívnu reakciu pri spotrebe $\frac{3}{4}$ objemu byrety (pri celkovom objeme byrety 25 ml je to napr. 18 ml):

Očakávaná rovnica chemickej premeny (uznať každý stechiometricky správny zápis, napr.):



$$m_{ST} = 0,018 \text{ dm}^3 \times 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \times 204,23 \text{ g mol}^{-1} = 0,3676 \text{ g}$$

- Výpočet hmotnosti sódy, ktorá kvantitatívne zreaguje s 15 ml odmerného roztoku H₂SO₄:

$$m_{VZ} = 0,015 \text{ dm}^3 \times 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \times 105,9 \text{ g mol}^{-1} = 0,1589 \text{ g}$$

Tabuľky experimentálne nameraných hodnôt k úlohe 2.2

Tabuľka1. Údaje k titrácii základnej látky:

Návažok štandardnej látky	m_{ST1}	m_{ST1}	m_{ST3}	m_{ST4}
Spotreba odmerného roztoku	V_{ST1}	V_{ST2}	V_{ST3}	V_{ST4}

Tabuľka 2. Údaje k štandardizácii roztoku H_2SO_4 :

Objem roztoku H_2SO_4 $V(H_2SO_4) = 0,01 dm^3$

Spotreba roztoku NaOH	V_{NaOH1}	V_{NaOH2}	V_{NaOH3}	V_{NaOH4}

$V_{NaOH} =$

Akceptovaná hodnota V_{NaOH} sa určí tak, že sa vylúčia odľahlé hodnoty a z korektných údajov sa vypočíta priemer.

Tabuľka 3. Údaje k titrácii vzorky:

Pridaný objem roztoku $V(H_2SO_4) = 0,025 dm^3$

Hmotnosť vzorky	m_{VZ1}	m_{VZ2}	m_{VZ3}	m_{VZ4}
Spotreba odmerného roztoku NaOH	V_{VZ1}	V_{VZ2}	V_{VZ3}	V_{VZ4}

Výpočty cieľových parametrov stanovenia v úlohe 2.2

- Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku NaOH:

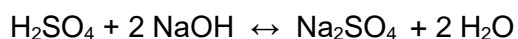
$$M(\text{HOOC-C}_6\text{H}_4\text{COOK}) = 204,23 \text{ g mol}^{-1}$$

$$c_{ODM} = \frac{m_{ST1}}{204,23 \text{ g mol}^{-1} \times V_{ST1}}$$

Obdobne sa vypočítajú koncentrácie z ďalších paralelných stanovení. Následne sa určí akceptovaná hodnota presnej koncentrácie odmerného roztoku c_{NaOH} napríklad tak, že sa vylúčia odľahlé stanovenia a z korektných hodnôt sa vypočíta priemer.

- Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku H_2SO_4 :

Stechiometrický zápis chemickej premeny:



Pri výpočte sa použijú akceptované hodnoty koncentrácie a objemu NaOH

$$c(H_2SO_4) = \frac{1}{2} \times \frac{c_{NaOH} \times V_{NaOH}}{0,01 \text{ dm}^3}$$

- **Výpočet hmotnostného zlomku** Na_2CO_3 (Výpočet pre prvý stĺpec tabuľky 3):

$$w_{VZ1} = \frac{\left[0,05 \text{ mol dm}^{-3} \times \zeta \text{ H}_2\text{SO}_4 - \frac{1}{2} c_{\text{NaOH}} \times V_{VZ1} \right] \times 105,9 \text{ g mol}^{-1}}{m_{VZ1}}$$

Obdobne sa vypočíta hmotnostný zlomok z ďalších paralelných stanovení. Následne sa určí akceptovaná hodnota $w(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ – napríklad tak, že sa vylúčia odľahlé stanovenia a z korektných hodnôt sa vypočíta priemer.

Odporúčané hodnotenie úlohy 2.2

Opakovateľnosť relevantných spotrieb	0,1 ml	3 pb
	0,2 ml	2 pb
	0,3 ml	1 pb
Výpočet $w(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ (správny spôsob)		2 pb
Relatívna odchýlka od správnej hodnoty	do 4 %	15 pb
	do 8 %	12 pb
	do 12 %	9 pb
	do 16 %	6 pb
	do 20 %	3 pb

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 59. ročník – školský rok 2022/23
Školské kolo

Samuel Andrejčák, Martin Puffler, Peter Dudáš, Martin Putala

Maximálne 15 bodov

Úloha 1 (9,5 b)

1. Krok

Hmotnosť rekryštalizovaného produktu A, vysušeného stáťím 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)

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

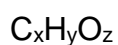
$$0,48 \text{ g} \leq m \leq 0,64 \text{ g} \quad \text{plný počet bodov (5,5 b)}$$

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

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

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 mólovej hmotnosti 0,1 b

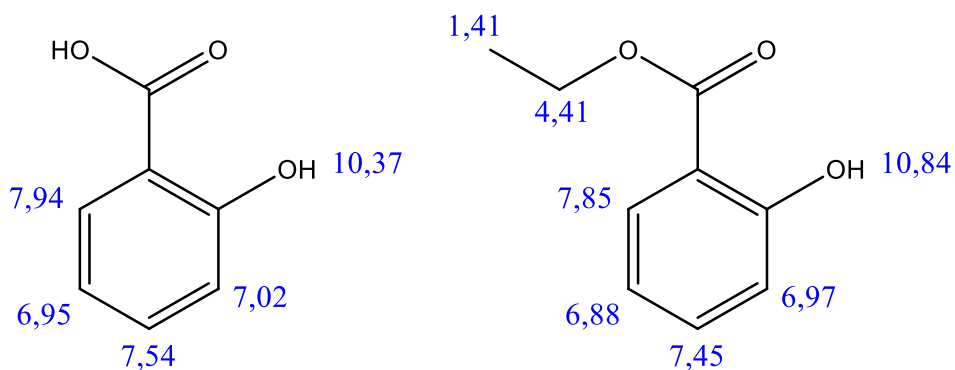
$$x : y : z = w_x/A_r\text{C} : w_y/A_r\text{H} : w_z/A_r\text{O} = 65,05/12 : 6,07/1 : 28,88/16 = \\ 5,421 : 6,07 : 1,805 = 3,00 : 3,36 : 1 = 9 : 10 : 3$$

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

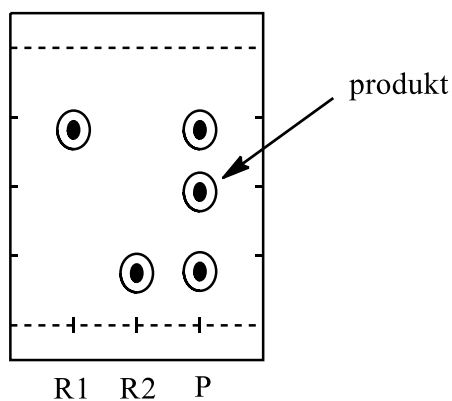
Úloha 3 (1,2 b = 12 x 0,1 b)

za každý správne priradený signál 0,1 b



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)

<u>1. krok</u>	ekvivalent	<i>n</i> (mmol)	<i>M</i> (g/mol)	<i>m</i> (g)	<i>V</i> (ml)	ρ (g/ml)
aspirín	1,0	8,33	180	1,5	–	–
HCl v 10 % \ominus	8,8	73,1	36	2,63	25	1,05
produkt A	1,0	8,33	138	1,15	–	–
izolované množstvo produktu A (v gramoch):						
percentuálny výťažok produktu A :						

<u>2. krok</u>	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	40,8	340	46	15,8	20	0,789
H ₂ SO ₄ v 98 % \ominus	6,6	55	98	5,4	3	1,84
produkt B	1,0	8.33	166	1,38	–	–
izolované množstvo produktu B (v gramoch):						
percentuálny výťažok produktu B :						

Autori: Bc. Samuel Andrejčák, Peter Dudáš, Martin Puffler, doc. RNDr. Martin Putala, PhD., RNDr. Pavol Tarapčík, PhD.

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

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

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2022