

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Krajské kolo

Rastislav Serbin

Maximálne 25 bodov	(57 pomocných bodov), 1 pb = 0,4386b
--------------------	--------------------------------------

Návrh bodového hodnotenia (autorské riešenie):

Pridelia sa pomocné body (pb). Spolu celkovo 57 pb, ktoré sa prepočítajú na konečné body podľa vzťahu: 1 pb = 0,4386 b.

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

Hodnotenie za presnosť pri úlohách 1.2 a 1.3 (max 3 pb x 2)

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

- 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 alebo pri zhode väčšej ako do 0,6 ml pri viacerých výsledkoch = 0,5 pb

Hodnotenie za správnosť pri úlohách 1.2 a 1.3: (max 10 pb x 2)

Akceptovaná hodnota pre spotrebu NaOH je zhodná s „master“ hodnotou:

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

ODPOVEĎOVÝ HÁROK – AUTORSKÉ RIEŠENIE

(údaje pre jednu zmes vzorky uvedenú v inštrukciách a zadaných koncentráciách NaOH a HCl)

1. Praktická časť

1.1 Spracovanie vzorky
Objem vzorky: $V1 = 100,00 \text{ cm}^3$ Objem odobratej časti vzorky: $V2 = 25,00 \text{ cm}^3$
1.2 Stanovenie prvej zložky vzorky
Objem HCl pre reakciu: $V3 = 25,00 \text{ cm}^3$ Koncentrácia použitej HCl: $c1 = 0,20 \text{ mol dm}^{-3}$ Upravený objem roztoku po reakcii s HCl: $V4 = 100,00 \text{ cm}^3$ Objem roztoku po reakcii s HCl odobratý na titráciu: $V5 = 25,00 \text{ cm}^3$ Koncentrácia odmerného roztoku NaOH: $c2 = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ Spotreby pri titracii: $V6_1 = 9,0 \text{ cm}^3$ $V6_2 = 8,9 \text{ cm}^3$ $V6_3 = 9,1 \text{ cm}^3$ Akceptovaná spotreba: $V_{6akc.} = 9,0 \text{ cm}^3$

Hodnotenie za presnosť: (3 pb)

Hodnotenie za správnosť: (10 pb)

1.3 Stanovenie druhej zložky vzorky
Upravený objem filtrátu: $V7 = 100,00 \text{ cm}^3$ Odobratý objem filtrátu pre titráciu: $V8 = 25,00 \text{ cm}^3$ Koncentrácia odmerného roztoku NaOH: $c2 = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ Spotreby pri titracii: $V9_1 = 8,7 \text{ cm}^3$ $V9_2 = 8,5 \text{ cm}^3$ $V9_3 = 8,6 \text{ cm}^3$ Akceptovaná spotreba: $V_{9akc.} = 8,6 \text{ cm}^3$

Hodnotenie za presnosť: (3 pb)

Hodnotenie za správnosť: (10 pb)

2. Výpočty a vyhodnotenie

2.1 Vypočítajte látkové množstvo ($n1$) a hmotnosť Na_2CO_3 ($m1$) v pôvodnej vzorke

Z postupu 1.1	za správne priradenie látky postupu (1 pb)
Na_2CO_3 ($n1$, $m1$)	
Pridané $n(\text{HCl})$:	

$$n(\text{HCl}) = 0,025 \times 0,2 = 0,005 \text{ mol} \quad (1\text{pb})$$

Z titrácie 25 cm³ alikvóty:

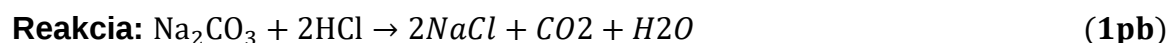
$$n(\text{zvyšok HCl}) = n(\text{NaOH}) = 0,1 \times 0,009 = 0,009 \text{ mol} \quad (1\text{pb})$$

Celkový zvyšok na 100 cm³ vzorky:

$$(\text{celkový zvyšok HCl}) = n(\text{NaOH}) = 4 \times 0,0009 = 0,0036 \text{ mol} \quad (1\text{pb})$$

Spotrebované HCl:

$$n(\text{HCl}) = 0,005 - 0,0036 = 0,0014 \text{ mol} \quad (1\text{pb})$$



Teda vo **V2** (prvá alikvóta)

$$n_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) \text{ vo } V2 = \frac{0,0014}{2} = 0,0007 \text{ mol} \quad (1\text{pb})$$

$$m_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) \text{ vo } V2 = 0,0007 \times 106 = 0,0742 \text{ g} \quad (1\text{pb})$$

V dodanej vzorke teda,

$$n1 = 4 \times 0,0007 = 0,0028 \text{ mol} \quad (1 \text{ pb})$$

$$m1 = 4 \times 0,0742 = 0,2968 \text{ g} \quad (1 \text{ pb})$$

Výsledky:

- **n1** = 0,0028 mol
- **m1** = 0,2968 g

Hodnotenie: (10 pb)

2.2 Vypočítajte látkové množstvo (**n2**) a hmotnosť H₃BO₃ (**m2**) v pôvodnej vzorke

Z postupu 1.2 za správne priradenie látky k postupu (1pb)

H₃BO₃ (n2, m2)

V 25 cm³ alikvóte:

$$n(\text{H}_3\text{BO}_3) = n(\text{NaOH}) = 0,1 \times 0,0086 = 0,00086 \text{ mol} \quad (1\text{pb})$$

Celkom vo **V2** 25 cm³:

$$n_2(\text{H}_3\text{BO}_3) = 4 \times 0,00086 = 0,00344 \text{ mol} \quad (1\text{pb})$$

$$m_2(\text{H}_3\text{BO}_3) = 0,00344 \times 61,832 = 0,2127 \text{ g} \quad (1\text{pb})$$

V dodanej vzorke teda

$$n2 = 4 \times 0,00344 = 0,01376 \text{ mol} \quad (1 \text{ pb})$$

$$m2 = 4 \times 0,2127 = 0,8508 \text{ g} \quad (1 \text{ pb})$$

Výsledky:

$$n_2 = 0,01376 \text{ mol}$$

$$m_2 = 0,8508 \text{ g}$$

Hodnotenie:**(6 pb)**

2.3 Určte hmotnostné zlomky oboch zložiek Na_2CO_3 (**w1**) a H_3BO_3 (**w2**) vo vzorke pred jej rozpustením vo vode

$$m(\text{spolu}) = 0,2968 + 0,8508 = 1,1476 \text{ g}$$

(1pb)

$$w_1 = \frac{0,2968}{1,1476} \times 100 = 25,86\%;$$

$$w_2 = 74,14\%$$

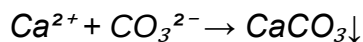
(2pb)**Výsledok:**

$$w_1 (\text{Na}_2\text{CO}_3) = 25,86 \%$$

$$w_2 (\text{H}_3\text{BO}_3) = 74,14 \%$$

Hodnotenie:**(3 pb)****3. Otázky**

3.1 Napíšte rovnicu zrážania po pridaní CaCl_2 .

**(2pb)**

3.2 Zdôvodnite použitie spätnej titrácie pri stanovení Na_2CO_3 .

Spätná titrácia sa používa, pretože reakcia Na_2CO_3 s HCl prebieha kvantitatívne a prebytok kyseliny sa dá presne stanoviť.

(2pb)

3.3 Vysvetlite úlohu manitolu pri titrácii.

Manitol vytvára komplex s kyselinou boritou a zvyšuje jej kyslosť.

(2pb)

3.4 Prečo nie je možné kyselinu boritú titrovať priamo hydroxidom sodným?

Kyselina boritá je veľmi slabá a bez komplexotvorby sa netitruje.

(2pb)

3.5 Uvedte dva možné zdroje systematickej chyby pri analýze tejto vzorky.

Neúplné premytie zrazeniny, straty pri filtrácii.

(2pb)

3.6 Prečo kyselina boritá a uhličitan sodný v roztoku prakticky vôbec nereagujú?

Ide o kyselinu a soľ slabých kyselín – reakcia je zanedbateľná.

(2pb)**Hodnotenie:****(12 pb)**

Pokyny na prípravu pre organizátorov

Pomôcky pre každého súťažiaceho

odmerné banky 100 cm^3 so zátkami (3 ks) a 250 cm^3 (1 ks), titračná banka 250 cm^3 (2 – 3 ks), byreta 25 cm^3 (1 ks), nedielikovaná pipeta 25 cm^3 (1ks), kadičky $150 - 250\text{ cm}^3$ (spolu 3 ks), filtračný lievik, filtračný kruh, filtračný papier, laboratórny stojan (1 – 2 ks), krížová svorka (1 – 2 ks), držiak na byretu (1ks), sklenená tyčinka, balónik, rýchlováhy, lodička alebo hodinové sklíčko, lyžička na manitol.

Chemikálie potrebné na prípravu

GSH údaje:

Chemikália	H-vety	P-vety
HCl	H314, H290	P280, P301+P330+P331, P305+P351+P338
Na_2CO_3	H319	P280, P305+P351+P338
H_3BO_3	H360FD	P280, P308+P313
NaOH	H314	P280, P301+P330+P331, P305+P351+P338
CaCl_2	–	–
Manitol	–	–
Fenolftaleín	H351	P280, P308+P313
Bromtymolová modrá	–	–

Približné množstvo chemikálií a roztokov na jedného súťažiaceho

- vzorka 25 cm^3 (koncentrát na doplnenie, naliať do 100 cm^3 odmernej banky v rámci pomôcok),
- 250 cm^3 roztoku NaOH v odmernej banke ($c = 0,10\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), pripraviť čo najpresnejšie. Ideálne pre vlastnú potrebu ošandardizovať si pre korekciu master hodnoty, naliať každému žiakovi do 250 cm^3 odmernej banky uvedenej v pomôckach, nemusí byť presne na značke. **Bez ohľadu na výsledok prípadnej štandardizácie každému žiakovi na banku uviesť $c = 0,10\text{ mol dm}^{-3}$.**

- roztok HCl, $c = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (cca 50 cm^3) detto ako pri NaOH. Tento roztok a ďalšie látky v poradí už môžu byť centrálne v zásobných fľašiach alebo nádobkách a študenti si odtiaľ budú potrebné množstvá odmeriavať do svojich roztokov. **Na zásobný roztok HCl bez ohľadu na výsledky Vašej prípadnej štandardizácie uviesť presne $c = 0,20 \text{ mol dm}^{-3}$.**
- roztok CaCl_2 , cca $1,0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (cca 25 cm^3), pomocný roztok, ktorý má byť len v nadbytku, preto ho stačí pripraviť s približnou koncentráciou 1 M, ale **na zásobnú fľašu uviesť $1,0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.**
- manitol (cca 6 g), umiestniť nádobku prípadne aj viac s dostatočným množstvom tuhého manitolu, ideálne do nádobiek umiestniť nejaké lyžičky, resp. iné naberacie pomôcky, aby si žiaci mohli na akýchkoľvek rýchlováhach navažovať približne po 2 g na jednu titráciu.
- destilovaná voda
- roztoky indikátorov: fenolftaleín, brómtymolová modrá (pár kvapiek).

Príprava roztoku vzorky

Na prípravu 250 cm^3 roztoku vzorky (pre 9,9 študentov) treba navážiť 2,968 g Na_2CO_3 a 8,508 g H_3BO_3 . Obidve látky spoločne rozpustiť v destilovanej vode a doplniť po značku 250 cm^3 destilovanou vodou. Následne každému súťažiacemu napipetovať presne po 25 cm^3 do pripravenej 100 cm^3 odmernej banky a uzatvoriť zátkou. Na odmernú banku uviesť „**Vzorka (koncentrát)**“.

Príprava odmerného roztoku NaOH

Na prípravu 3000 cm^3 odmerného roztoku NaOH s koncentráciou cca $0,10 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ je potrebné navážiť 12,00 g NaOH ($40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) a rozpustiť v destilovanej vode. Podľa stavu (čerstvosti) tuhého NaOH odporúčam navážiť aj 13 g (ak je starší). Presnú koncentráciu NaOH je možné určiť štandardizáciou na hydrogenftalan draselný alebo na kyselinu šťaveľovú. **Pre presné „master“ hodnoty odporúčam urobiť komplet súťažnú úlohu a tým získate master hodnoty, bez nutnosti čokoľvek štandardizovať.** Samozrejme na zásobné roztoky i NaOH uvádzať hodnoty uvedené v zadaní, bez ohľadu na realitu.

Príprava 0,2 mol dm⁻³ roztoku HCl

Do cca 500 cm³ destilovanej vody pomaly prilejete 17,2 cm³ koncentrovanej HCl. Po premiešaní finálny roztok doplníte po značku 1000 cm³ v odmernej banke destilovanou vodou.

Príprava 1 mol·dm⁻³ roztoku CaCl₂

(z neutrálnych foriem)

A) z bezvodého CaCl₂

- molárna hmotnosť: 110,98 g·mol⁻¹
- navážiť 55,5 g CaCl₂
- rozpustiť v ~300 cm³ destilovanej vody
- po vychladnutí doplniť na 500,0 cm³

B) z CaCl₂·2H₂O

- M = 147,01 g·mol⁻¹
- navážiť 73,5 g
- rovnaký postup

C) z CaCl₂·6H₂O (najčastejšie)

- M = 219,08 g·mol⁻¹
- navážiť 109,54 g
- rovnaký postup

Pri rozpúšťaní sa CaCl₂ silne zahrieva, vždy rozpúšťajte po častiach, nechajte vychladnúť, ak si nie sme istí čistotou, skontrolujeme pH (má byť cca neutrálne až mierne kyslé, pH ~ 6 – 7).

Príprava indikátora brómtymolová modrá

Najčastejšie sa brómtymolová modrá pripravuje ako etanolový (alebo etanol–vodný) roztok; do titrácií stačí pár kvapiek.

1) Jednoduchý „školský“ roztok (0,1 % m/V)

- 0,10 g brómtymolovej modrej
- doplniť na 100,0 cm³ 96 % etanolu
(príp. 70–80 % etanol; funguje tiež)

Postup: navážiť → preliať do odmernej banky → doplniť etanolom → premiešať.

2) Vodný roztok (keď nechceme etanol)

BTB je vo vode slabšie rozpustná, preto sa použije kvapka zásady:

- 0,10 g BTB
- pridať ~2 ml 0,1 M NaOH (alebo pár kvapiek 1 M NaOH), aby sa rozpustila
- doplniť destilovanou vodou na 100 cm³

Pri spätnej titracii je koncový bod „**stabilná zelená**“ (BTB), takže je ideálne mať **nie príliš koncentrovaný** indikátor (0,05 – 0,1 %) a dávať **2 – 3 kvapky** do titračnej banky. Indikátor ideálne naplniť do kvapkadiel, alebo, ak nemáme, tak do kadičiek a pridať nejakú Pasteurku alebo kvapkadlo.

Príprava indikátora fenolftaleín

Štandardný indikátorový roztok fenolftaleínu (1 % m/V)

- 1,00 g fenolftaleínu
- rozpustiť v 60 – 70 ml 96 % etanolu
- doplniť destilovanou vodou na 100 cm³
- často sa pridá pár kvapiek 0,1 M NaOH, aby roztok nebol zakalený a bol jemne zásaditý

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Krajské kolo

Samuel Andrejčák, Peter Dudáš, Martin Putala

Maximálne 15 bodov

Úloha 1 (9 b)

Hmotnosť pripraveného produktu, vysušeného stáťím cez noc (8 b)

$m \leq 0,10 \text{ g}$	počet bodov = $8 \cdot m / 0,10 \text{ b}$
$0,10 \text{ g} \leq m \leq 0,15 \text{ g}$	plný počet bodov (8 b)
$0,15 \text{ g} \leq m \leq 0,21 \text{ g}$	počet bodov = $8 \cdot [1 - (m - 0,15) / 0,06] \text{ b}$
$m \geq 0,21 \text{ g}$	0 b

Tenkostvová chromatografia (1 b)

Označenie platničky	štart, cieľ, VL, P	$4 \times 0,10 \text{ b} = 0,4 \text{ b}$
Vyvolanie platničky	na platničke je správna škvrna VL	0,3 b
	na platničke je správna škvrna P	0,3 b (v prípade, že sa v produkte nachádza aj VL)
		0 b

Úloha 2 (0,6 b)

$0,6885/12 : 0,0495/1 : 0,262/16$

$0,057375 : 0,0495 : 0,016375$

$3,5 : 3 : 1$

$7 : 6 : 2 \Rightarrow \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$

Za správne priradenie koeficientov po 0,2 bode.

Úloha 3 (2,9 b)

Modré údaje sú zadané, nehodnotia sa

Zelené údaje sú známe z textu, každý za 0,1 b = $3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ b}$

Žlté údaje je nevyhnutné vypočítať, každý za 0,15 b = $16 \cdot 0,15 = 2,4$

Percentuálny výťažok sa hodnotí za 0,2 b. **Pokiaľ súťažiaci nemá vypočítanú teoretickú hmotnosť, treba počítať s 0,6 g, a pokiaľ nemá hmotnosť svojho**

pripraveného produktu, treba počítať s hmotnosťou 0,21 g (percentuálny výťažok 35 %).

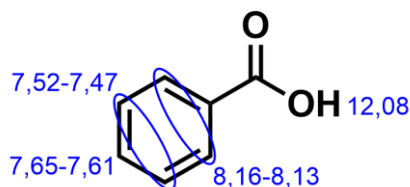
	ekvivalent	n (mmol)	M (g/mol)	m (g)	V (ml)	ρ (g/ml)
Acetofenón	1,0	4,3	120	0,515	0,5	1,03
Savo (4,7% roztok NaClO)	3,29	14,1	74	1,04	20	1,11
NaOH (5 % vodný roztok)	1,23	5,3	40	0,211	4	1,055
produkt A (teor. výťažok)	1,0	4,3	122	0,524	-	-
izolované množstvo produktu (v gramoch): 0,12 – autorský výťažok						
percentuálny výťažok produktu: $(0,12/0,524) \cdot 100\% = 23\%$						

Úloha 4 (0,4 b)

Odčítanie vzdialeností škvŕn a výpočet R_F hodnoty VL a P po 0,2 b. R_F majú byť uvedené na dve desatinné miesta. V opačnom prípade zrážka po 0,05 b.

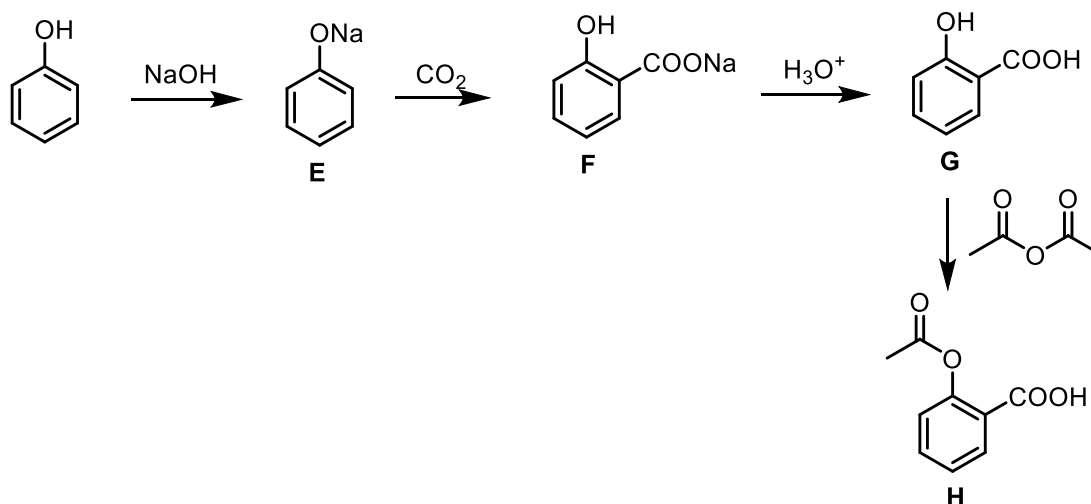
Úloha 5 (1,1 b)

Za správnu štruktúru 0,3 b, za každé správne priradenie signálov 0,2 b.

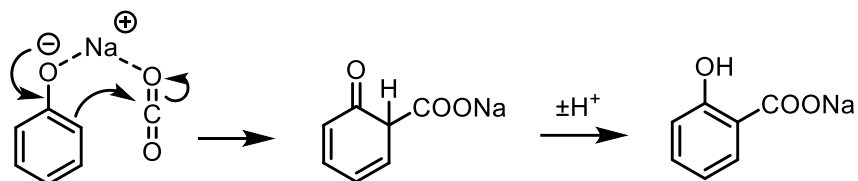


Úloha 6 (1,0 b)

Za každú správnu štruktúru 0,2 b. Za zdôvodnenie selektivity 0,2 b.



Proces spočíva v nukleofilnej adícii fenoxidu sodného na oxid uhličitý, kde vznikajúce karboxylátová skupina sa viaže do *orto*-polohy vďaka koordinácii na sodnom katóne.



Autori: Mgr. Samuel Andrejčák, Peter Dudáš, doc. RNDr. Martin Putala, CSc.,
RNDr. Rastislav Serbin, PhD.

Recenzenti: doc. RNDr. Peter Magdolen, PhD., doc. Ing. Ján Reguli, CSc. (vedúci
autorského kolektívu), RNDr. Peter Troška, PhD.

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2026