

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Domáca príprava a školské kolo

Rastislav Serbin

Maximálne 25 bodov

Celkový počet pomocných bodov **140 pb** (24 pb + 61 pb + 31 pb + 24 pb)

1pb = 0,1786 pb

Vzorové riešenie a bodovanie

Úloha 1: Neutralizačné titrácie a rovnováhy v odmernej analýze max 24 pb

Každá podúloha 1a–1m: **2 pb** (čiastočne správna odpoveď: 1 pb)

Úloha/otázka 1a: Pri titracii $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ kyseliny octovej $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ NaOH dosiahnete bod ekvivalencie pri $\text{pH} \approx 8,7$. Prečo pH v bode ekvivalencie nie je neutrálne ($\text{pH} 7$)?

Riešenie 1a: V bode ekvivalencie je celý pôvodný slabý kyslý roztok neutralizovaný na jeho konjugovanú zásadu (acetátový ión). Táto zásada hydrolyzuje vodu, čím sa vytvára mierne zásadité prostredie ($\text{pH} > 7$).

Úloha/otázka 1b: Nakreslite a popíšte titračnú krivku pre titráciu zmesi HCl a kyseliny octovej silnou zásadou. Ako určiť koncentrácie?

Riešenie 1b: Krivka bude mať dva body ekvivalencie: prvý pre HCl (silnú kyselinu, $\text{pH} \approx 7$), druhý pre kyselinu octovú ($\text{pH} > 7$). Odberom dvoch alikvôt a titráciou rôznymi indikátormi (metyloranž pre HCl, fenolftaleín pre celkovú kyslosť) možno vypočítať koncentrácie oboch.

Úloha/otázka 1c: Ako ovplyvňuje prítomnosť komplexotvorných iónov (napr. amoniaku alebo citrátových iónov) priebeh acidobázickej titrácie kovových iónov?

Riešenie 1c: Komplexotvorné ióny tvoria s kovovými iónmi stabilné komplexy, ktoré môžu zmeniť dostupnosť kovov pre reakciu s titračným činidlom. Tým sa môže posunúť bod ekvivalencie alebo spomaliť reakcia, čo komplikuje vyhodnotenie titrácie.

Úloha/otázka 1d: Prečo sa na stanovenie amfotérnych hydroxidov často používa spätná titrácia? Navrhnite postup.

Riešenie 1d: Priama titrácia je náročná, lebo amfotérne hydroxidy môžu reagovať aj s kyselinou, aj so zásadou. Spätná titrácia spočíva v pridávaní nadbytku kyseliny, ktorá zreaguje so zásadou, a následnom titrovaní zvyšnej kyseliny zásadou, čím sa získa presnejšie množstvo hydroxidu.

Úloha/otázka 1e: Prečo je pri titracii slabých kyselín alebo zásad dôležité vybrať indikátor s hodnotou pK_a blízkou pH bodu ekvivalencie?

Riešenie 1e: Indikátor musí meniť farbu v úzkom pH rozmedzí okolo bodu ekvivalencie, aby bol koncový bod titrácie presný. Ak je pK_a indikátora príliš vzdialená od pH ekvivalencie, titrácia bude ukazovať chybný koncový bod.

Úloha/otázka 1f: Ako by ste použili dva indikátory na stanovenie zmesi uhličitanu a hydrogenuhličitanu sodného?

Riešenie 1f: Prvý indikátor (fenolftaleín) zistí prechod $CO_3^{2-} \rightarrow HCO_3^-$, druhý (metyloranž) prechod $HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3$. Meraním objemov kyseliny na oba body možno vypočítať pomer zložiek.

Úloha/otázka 1g: V roztoku s dvomi slabými kyselinami, ako stanoviť ich pomer?

Riešenie 1g: Použiť dve alikvoty a rôzne indikátory, alebo využiť spätnú titráciu, prípadne separačné reakcie, ktoré odlíšia jednotlivé kyseliny (napr. zrážaním, extrakciou).

Úloha/otázka 1h: Aké problémy môžu nastať pri použití fenolftaleínu v silne zakalených alebo farebných roztokoch a ako ich riešiť?

Riešenie 1h: Zakalené alebo farebné roztoky môžu sťažiť pozorovanie farebnej zmeny indikátora. Rieši sa to použitím iného indikátora s kontrastnejšou farbou, prípadne filtráciou alebo riedením vzorky.

Úloha/otázka 1i: Čo sa stane, ak použijete nesprávnu pK_a indikátora pri výpočte koncentrácie kyseliny?

Riešenie 1i: Ekvivalentný bod bude chybné určený, čo spôsobí nesprávny objem titračného činidla a teda aj nesprávny výpočet koncentrácie.

Úloha/otázka 1j: Doplníte a vysvetlite reakcie pri titracii uhličitanu sodného HCl.

Riešenie 1j: $CO_3^{2-} + HCl \rightarrow HCO_3^-$ (prvý bod ekvivalencie),
 $HCO_3^- + HCl \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O$ (druhý bod ekvivalencie). Prvý bod znamená prechod na hydrogenuhličitan, druhý na oxid uhličitý uvoľnený z roztoku.

Úloha/otázka 1k: Vypočítajte objem 0,1 M NaOH potrebný na neutralizáciu 25 ml 0,05 M H_3PO_4 . Kde je prvý bod ekvivalencie?

Riešenie 1k: Viacnásobné protóny vedú k viacerým bodom ekvivalencie na titračnej krivke, pričom každý zodpovedá odštiepeniu jedného protónu. Tieto body môžu byť blízko seba alebo výrazne oddelené podľa silnej/slabej kyslosti daných protónov.

Výpočet: $n(H_3PO_4) = 0,025 \text{ dm}^3 \cdot 0,0500 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 0,00125 \text{ mol}$.

Prvý bod ekvivalencie zodpovedá neutralizácii prvého protónu: $n(\text{NaOH}) = 1,25 \text{ mmol}$

$V(\text{NaOH}, 0,1 \text{ mol dm}^{-3}) = 0,00125 / 0,1 = 0,0125 \text{ dm}^3 = 12,5 \text{ cm}^3$.

Ďalšie body ekvivalencie by nastali pri 25 cm^3 (2. H^+) a 37,5 cm^3 (3. H^+), ale ich pH sa líši podľa K_{a1} – K_{a3} .

Úloha/otázka 1m: Ako by ste navrhli analytickú metódu na rozlíšenie a stanovenie dvoch kyselín v zmesi, ktoré sa líšia len slabým rozdielom vo svojej disociačnej konštante?

Riešenie 1m: Použijeme selektívne titračné metódy s indikátormi s rôznymi pK_a alebo separačné postupy (napr. extrakciu alebo zrážanie). Prípadne môžeme využiť diferencované pufrové roztoky na oddelenie titračných krokov.

Praktická časť

Bodovanie experimentov:

Max 61 pb = 9 pb + 4 x 3 pb + 4 x 10 pb (viď nižšie)

0 – 9 pb - na konci bodovania podľa vlastného uváženia za iniciatívu, šikovnosť, invenčnosť, entuziazmus atď.

Za každú titráciu (spolu 4 titrácie) udeliť **za tesnosť výsledkov (musia byť aspoň 3 výsledky) do 0,2 cm³ 3pb; do 0,3 cm³ – 2pb a do 0,4 cm³ 1 pb**

Za každý správny výsledok titrácie **do 3% od master hodnoty 10pb; do 5% 8pb; do 6% 6pb; do 7% 4pb; a do 8% 2 pb**

Úloha 2 – Stanovenie zložiek CaCO_3 / $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ / SiO_2 :

Max 31 pb (pozri nižšie)

1. Príprava odmerného roztoku NaOH (0,1 mol·dm⁻³)

$$c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$V(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ dm}^3$$

$$m_1 = ?$$

$$m_1 = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,25 \text{ dm}^3 \cdot 40 \text{ g mol}^{-1} = 1 \text{ g NaOH}$$

1pb

2. Príprava roztoku HCl (0,1 mol·dm⁻³)

$$w(36\% \text{ HCl}) = 0,36$$

$$\rho = 1180 \text{ g dm}^{-3}$$

$$M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g mol}^{-1}$$

$$c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$V(\text{HCl}) = 0,5 \text{ dm}^3$$

$$c(36\% \text{ HCl}) = ?$$

$$V(36\% \text{ HCl}) = ?$$

$$c(36\% \text{ HCl}) = \rho \cdot w / M = (1180 \text{ g dm}^{-3} \cdot 0,36) / 36,46 \text{ g mol}^{-1} = 11,651 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$V(36\% \text{ HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) / (c(36\% \text{ HCl})) = (0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,5 \text{ dm}^3) / 11,651 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$V(36\% \text{ HCl}) = 4,3 \text{ cm}^3 \text{ (zaokrúhlene)} \quad \quad \quad \mathbf{2pb}$$

3. Štandardizácia odmerného roztoku NaOH kyselinou šťaveľovou

$$c(\text{COOH})_2 = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$M(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 126,07 \text{ g mol}^{-1}$$

$$V(\text{COOH})_2 = 100 \text{ cm}^3$$

$$m(\text{COOH})_2 = ?$$

$$m(\text{COOH})_2 = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 100 \text{ cm}^3 \cdot 126,07 \text{ g mol}^{-1} = \mathbf{0,6304 \text{ g}} \quad \quad \quad \mathbf{1pb}$$

spotreby už po dotitrovaní za horúca

$$V_{41} = 10,1 \text{ cm}^3$$

$$V_{42} = 10,2 \text{ cm}^3$$

$$V_{43} = 10,0 \text{ cm}^3 \quad \quad V_{\text{priemer}} = 10,1 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{V_{4akc} = 10,1 \text{ cm}^3}$$

Ak si žiak za akceptovanú hodnotu zvolí hodnotu inú ako priemer, treba to akceptovať, žiak si môže byť vedomý napr. nejakej chyby pri niektorom meraní a podobne, priemer ako akceptovaná hodnota nie je povinný.

$$c(\text{NaOH}) \approx 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ (má byť okolo)}$$

skutočný návažok $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ napr. **0,6311 g** (m_{sk})

$$M(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 126,07 \text{ g mol}^{-1}$$

$$V(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,1 \text{ dm}^3$$

$$V_{\text{pip}} = 10 \text{ cm}^3 \text{ (pipetovaný objem kys. šťaveľovej)}$$

$$c(\text{COOH})_2\text{sk} = ?$$

$$c(\text{COOH})_2\text{sk.} = m_{\text{sk}} / 126,07 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,1 \text{ dm}^3 = 0,05006 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

pri takýchto nepatrných rozdieloch nie je potrebné štandard ani prerátavať

$$\text{rovnica pre výpočet z titrácie: } (\text{COOH})_2 + 2 \text{ NaOH} = \text{Na}_2(\text{COO})_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \quad \quad \quad \mathbf{1pb}$$

$$c(\text{NaOH}) = (2 \cdot c(\text{COOH})_2 \cdot V_{\text{pip}}) / V_{4\text{akc}} = \mathbf{0,0991 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}} \quad \quad \quad \mathbf{2pb}$$

4. Štandardizácia odmerného roztoku HCl bezvodým Na₂CO₃

Použité chemikálie:

$c \approx 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$

$0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{CO}_3$

$V_5 = 10 \text{ cm}^3$ (pipetovaný objem základnej látky na štandardizáciu)

$m_3 = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,1 \text{ dm}^3 \cdot 106 \text{ g mol}^{-1} = \mathbf{0,53 \text{ g}}$

v prípade iného návažku koncentráciu prerátať ako v úlohe 3.

Reakcia: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{ HCl} = 2 \text{ NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

1pb

spotreby už po dotitrovaní

$V_{61} = 9,9 \text{ cm}^3$

$V_{62} = 10 \text{ cm}^3$

$V_{63} = 10,1 \text{ cm}^3$ $V_{\text{priemer}} = 10 \text{ cm}^3$

$V_{6\text{akc}} = \mathbf{10 \text{ cm}^3}$ (nemusí byť len priemer)

$c(\text{HCl}) = (2 \cdot c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V_5) / V_{6\text{akc}} = \mathbf{0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}}$

2pb

Úloha 2: Postup (a) (príklad)

Návažky napr:

$m_{4a1} = \mathbf{0,5036 \text{ g}}$ (vážíme presne na analytických váhach)

$m_{4a2} = \mathbf{0,5028 \text{ g}}$

$m_{4a3} = \mathbf{0,5039 \text{ g}}$

Spotreby:

$V_{81} = 11,3 \text{ cm}^3$

$V_{82} = 11,35 \text{ cm}^3$

$V_{83} = 11,4 \text{ cm}^3$ $V_{\text{priemer}} = 11,35 \text{ cm}^3$

$V_{8\text{akc}} = \mathbf{11,35 \text{ cm}^3}$ (nemusí byť iba priemer)

Prebiehajúce reakcie:

S HCl

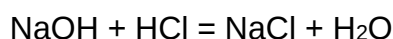
$\text{CaCO}_3 + 2 \text{ HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

1pb

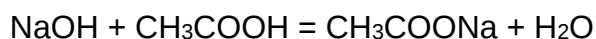
$(\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{ Zn} + 2 \text{ HCl} = \text{ZnCl}_2 + 2 \text{ CH}_3\text{COOH}$

1pb

Pri titrácii s NaOH



1pb



1pb

V reakciách je nestechiometria, na 1 mól CaCO_3 sa spotrebujú 2 móly HCl . Na 1 mól $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$ sa tiež spotrebujú 2 móly HCl , ale do produktov nám prejdú tiež 2 móly CH_3COOH .

Z uvedeného vyplýva, že z tejto jednej titrácie nie je možné stanoviť koľko presne CaCO_3 a CH_3COOH sa vo vzorke nachádza. Z tejto titrácie vieme len jednoznačne určiť spotrebu látkového množstva (n_1) HCl na kvantitatívnu reakciu s oboma reaktantmi. Netreba asi spomínať, že SiO_2 nereaguje.

Do reakcie sme pridali presne $0,05 \text{ dm}^3$ $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ HCl

$$n_1 = (0,05 \text{ dm}^3 \cdot 0,1 \text{ mol dm}^{-3}) - (V_{\text{akc}} \cdot c(\text{NaOH}))$$

$$n_1 = 0,005 \text{ mol} - (0,01135 \text{ dm}^3 \cdot 0,0991 \text{ mol dm}^{-3}) = 0,003875 \text{ mol}$$

2pb

Postup (b)

Návažky napr:

$$m_{4b1} = 0,5032 \text{ g (vážime presne na analytických váhach)}$$

$$m_{4b2} = 0,5029 \text{ g}$$

$$m_{4b3} = 0,5031 \text{ g}$$

$$m_{4\text{priemer}} = (0,5036 \text{ g} + 0,5028 \text{ g} + 0,5039 \text{ g} + 0,5032 \text{ g} + 0,5029 \text{ g} + 0,5031 \text{ g}) / 6$$

$$m_{4\text{priemer}} = 0,5033 \text{ g}$$

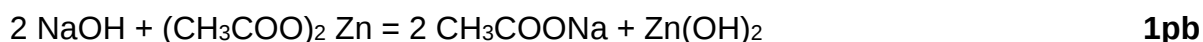
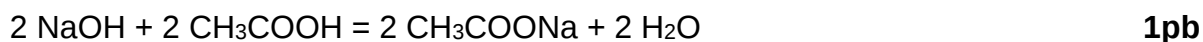
Spotreby:

$$V_{91} = 13,7 \text{ cm}^3$$

$$V_{92} = 13,8 \text{ cm}^3$$

$$V_{93} = 13,6 \text{ cm}^3 \quad V_{\text{priemer}} = 13,7 \text{ cm}^3$$

$$V_{9\text{akc}} = 13,7 \text{ cm}^3 \text{ (nemusí byť iba priemer)}$$

Prebiehajúce reakcie:**S HCl****Pri titracii s NaOH**

HCl sa v tomto kroku pridáva len pre lepšiu a kvantitatívny priebeh titrácie, od študenta túto odpoveď neočakávam, preto je to uvedené aj v predlohe. Keďže však HCl reaguje stechiometricky s analytom a produkt reaguje stechiometricky s NaOH, HCl nebude mať žiadny vplyv na spotrebu. Pomer výpočtu 2 : 1 NaOH: $(\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Zn}$ zostáva zachovaný. Ak si uvedomí, že HCl nevplyva na výpočet 1pb

$$m(\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Zn} = 0,5 \cdot c(\text{NaOH}) \cdot M((\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Zn} \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot V_{9\text{akc}}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Zn} = 0,5 \cdot 0,0991 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 219,5 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,0137 \text{ dm}^3 = \mathbf{0,15 \text{ g}} \quad 2\text{pb}$$

$$(\%_{\text{w/w2}}) = (m(\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Zn} / m_{4\text{priemer}}) \cdot 100\% = \mathbf{29,8 \%} \quad 1\text{pb}$$

$$n(\text{HCl spotrebované na CaCO}_3) = n_1 - (c(\text{NaOH}) \cdot V_{9\text{akc}})$$

$$n(\text{HCl}) = 0,003875 \text{ mol} - 0,00137 \text{ mol} = \mathbf{0,002505 \text{ mol HCl na CaCO}_3} \quad 2\text{pb}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{HCl spotrebované na CaCO}_3) / 2 \cdot M(\text{CaCO}_3)$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 0,002505 \text{ mol} / 2 \cdot 100,087 \text{ g mol}^{-1} = \mathbf{0,1254 \text{ g}} \quad 2\text{pb}$$

$$(\%_{\text{w/w1}}) = (m(\text{CaCO}_3) / m_{4\text{priemer}}) \cdot 100 \% = \mathbf{24,92 \%} \quad 1\text{pb}$$

$$m(\text{SiO}_2) = m_{4\text{priemer}} - m(\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Zn} - m(\text{CaCO}_3)$$

$$m(\text{SiO}_2) = 0,5033 \text{ g} - 0,15 \text{ g} - 0,1254 \text{ g} = \mathbf{0,228 \text{ g}} \quad 2\text{pb}$$

$$(\%_{\text{w/w3}}) = (m(\text{SiO}_2) / m_{4\text{priemer}}) \cdot 100 \% = \mathbf{45,28 \%} \quad 1\text{pb}$$

Úloha 3 (všeobecné otázky)

Všeobecné otázky (3a – 3z): **Max 24 pb**

Každá správna odpoveď: **1 pb**; čiastočne správna: **0,5 pb**

A) Všeobecne – odmerná analýza

- 3a) Základná látka (primárny štandard) je vysoko čistá, stabilná, známeho zloženia a molárnej hmotnosti, z ktorej možno pripraviť roztok presne známej koncentrácie priamym navážením.
- 3b) Vysoká čistota, stálosť na vzduchu (žiadna hygroskopickosť), definované zloženie (bez hydrátovej variabilnosti), veľká molárna hmotnosť, neškodnosť a dostupnosť.
- 3c) Typické: bezvodý Na_2CO_3 (pre kyseliny), KHP – hydrogénftalan draselný, kyselina boritá, $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ pre zásady .
- 3d) Štandardizácia je presné určenie skutočnej koncentrácie odmerného roztoku pomocou reakcie s primárnym štandardom známeho množstva.
- 3e) Ekvivalentný bod: stechiometrické ukončenie reakcie. Koncový bod: experimentálne pozorovaný zlom (zmena farby indikátora, skok pH) – môže sa mierne líšiť od ekvivalentného bodu.
- 3f) „In“ (In-calibrated) = kalibrované na nalievanie: udaný objem je objem kvapaliny, ktorý sa z valca po vyliatí uvoľní (deliver).
- 3g) Vypláchnuť pipetu roztokom, nasávať nad rysku, nastaviť meniskus na rysku pri $20\text{ }^\circ\text{C}$, vyliť nad recipient stálym prúdom, nevyfukovať zvyšok (ak nie je As).
- 3h) Horúca voda a sušenie teplom môžu zanechať rezíduá a zmeniť objemové vlastnosti skla. Pre odmerné sklo sa odporúča sušenie odkvapkaním/na vzduchu pri laboratórnej teplote.
- 3i) Postupoval nesprávne: vždy sa leje kyselina do vody (nikdy nie voda do kyseliny). V danom opise sa mýli pomer aj poradie miešania.
- 3j) Bublinky nad odoberaným objemom nemenia odtečený objem – výsledok zostane správny (ak bubliny zostali nad).
- 3k) Bublina pod kohútom spôsobí, že časť objemu je vzduch – nameraný objem je nadhodnotený → výsledok je nižší pre titrant (zdanlivo väčšia spotreba).
- 3l) Nehomogénna koncentrácia → výsledky rozptýlené a systematická chyba podľa toho, z ktorej časti sa odoberalo.
- 3m) Zvyšná voda v banke riedi titrovaný roztok → spotreba titrantu je menšia, než by mala byť → podhodnotenie koncentrácie analytu.
- 3n) Vyradiť odľahlé hodnoty, vypočítať aritmetický priemer akceptovaných hodnôt; uviesť aj smerodajnú odchýlku a interval spoľahlivosti/relatívnu odchýlku.

B) Všeobecná chémia a „čísla“

- 3o) Farebné soli najčastejšie tvoria katióny s čiastočne zaplnenými d-orbitalmi: Cr^{3+} , Cu^{2+} . Li^+ , Ba^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} typicky bezfarebné (Zn^{2+} d^{10} – bez d–d prechodov).
- 3p) Z uvedených aniónov nemusia byť inherentne farebné; farba solí závisí hlavne od kovového katiónu. SCN^- tvorí intenzívne farebné komplexy (napr. s Fe^{3+}), CrO_4^{2-} je žltý – anión je farebný.
- 3r) Nerozpustné chloridy: AgCl , PbCl_2 (slabo rozpustný, teplotne závislý), Hg_2Cl_2 ; ostatné alkalické a väčšina ostatných sú rozpustné.
- 3s) Nerozpustné sírany: BaSO_4 , PbSO_4 , SrSO_4 (málo rozpustný), CaSO_4 (mierne rozpustný).
- 3t) Správne: c) $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$. Pozn.: $\text{pH} = 7$ platí len pre 25°C vo vode.
- 3u) Interval pH , v ktorom indikátor zmení farbu (typicky $\text{pK}_a \pm 1$).
- 3v) Z titračnej krivky odčítame pH ekvivalentného bodu, pufráčnej oblasti, disociačné konštanty (zo sklonu/derivačnej krivky), počet protónov, vhodnosť indikátora.
- 3x) Integrálna krivka: pH vs. objem titrantu (sigmoid). Derivačná krivka: dpH/dV s maximami v ekvivalentných bodoch.
- 3y) $0,018 = 1,80 \times 10^{-2}$ (tri platné číslice).
- 3z) Číslo 0,01380 má 4 platné číslice (1, 3, 8, 0 – koncová nula za desatinnou čiarkou je platná).

Autori: Mgr. Samuel Andrejčák, prof. RNDr. Martin Putala, CSc.,
RNDr. Rastislav Serbin, PhD.

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

Slovenská komisia Chemickej olympiády

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

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Domáca príprava a školské kolo

Samuel Andrejčák, Martin Putala

Maximálne 15 bodov

Úloha 1 (7b)

Hmotnosť získaného produktu:

$$m \leq 0,41 \text{ g} \quad \text{počet bodov} = (m \times 7) / 0,41 \text{ b}$$

$$0,41 \text{ g} \geq m \geq 0,51 \text{ g} \quad \text{plný počet bodov (7 b)}$$

$$0,51 \text{ g} \leq m \leq 0,92 \text{ g} \quad \text{počet bodov} = 7 - [7 \times (m - 0,51)/0,41] \text{ b}$$

Počet bodov zaokrúhlite na dve desatiny.

Úloha 2 (1,0 b = 5 x 0,2b)



za každé x, y, z 0,2 b

celkový sumárny vzorec 0,2 b

určenie molárnej hmotnosti 0,2 b

$$x : y : z = w_x/A_rC : w_y/A_rH : w_z/A_rO =$$

$$= 68,85/12 : 4,95/1 : 26,20/16 =$$

$$5,738 : 4,95 : 1,638 = 3,5 : 3 : 1 = 7 : 6 : 2$$

Produkt A má molekulový vzorec $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ a molárnu hmotnosť $M = 122 \text{ g/mol}$.

Úloha 3 (3,4 b = 4 x 0,1 + 15 x 0,2b)

	ekvivalent	n (mmol)	M (g/mol)	m (g)	V (ml)	ρ (g/ml)
Toluén	1,0	5,47	92	0,50	0,58	0,867
KMnO ₄	2,5	13,9	158	2,20	-	-
NaOH (5 % vodný roztok)	0,2	1,05	40	0,84	0,8	1,054
produkt A (teor. výťažok)	1.0	5,47	122	0,67	-	-
izolované množstvo produktu (v gramoch):						
percentuálny výťažok produktu:						

údaje z textu, resp. už vypočítané: 4 x 0,1 = 0,4 b (žlté)

údaje na výpočet: 14 x 0,2 = 2,8 b (modré)

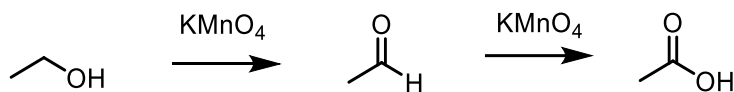
percentuálny výťažok: 1 x 0,2 = 0,2 b

nehodnotia sa vopred zadané hodnoty (zelené)

kladne sa hodnotí výpočet výťažku aj zo zle vypočítanej molárnej hmotnosti

Úloha 4 (0,7 b)

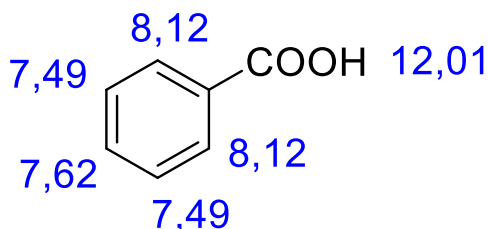
a) Fialové sfarbenie zmesi spôsoboval nezreagovaný manganistan draselný. Pridaním etanolu sme tento nadbytok odstránili ich vzájomnou reakciou. (0,5 b)



b) MnO_2 (0,2 b)

Úloha 5 (1,9 b = 8 x 0,2 + 3 x 0,1 b)

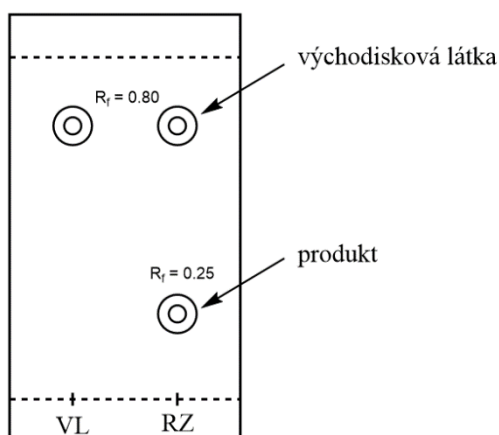
- za každý správne priradený signál 0,2 b (4 x 0,2 b)
- za každý správne zapísaný signál 0,2 b (4 x 0,2 b)
- za správny signál v IČ spektre pre $-\text{COOH}$ (2 x 0,1b)



δ_{H} : 12,01 (s, 1H); 8,12 (d, 2H); 7,62 (t, 1H); 7,49 (t, 2H)

- vibrácia pre O–H : 2500 – 3500 cm^{-1} (k. benzoová 3071 cm^{-1})
- vibrácia pre C=O: 1630 – 1760 cm^{-1} (k. benzoová 1696 cm^{-1})
- vibrácia pre C–O: 1050 – 1300 cm^{-1} (k. benzoová 1266 cm^{-1})

Úloha 6 (1,0 = 2 x 0,1 + 2 x 0,2 + 0,4 b)



- za správne priradenie škvŕny pre produkt (0,2 b)
- za správny výpočet R_f hodnôt pre produkt a východiskovú látku (0,4 b)
- vizualizácie:
 - KMnO_4 – toluén (0,1 b)
 - Brómkrezolová zeleň – produkt **A** (0,1 b)
 - Pary jódu – toluén + produkt **A** (0,2 b)