

# RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 60. ročník – školský rok 2023/24  
Domáce a školské kolo

**Rastislav Serbin**

---

## Pomôcka pre učiteľov a hodnotenie

Maximálne 25 bodov

### Potrebné chemikálie s označením klasifikácie rizikových vlastností (GHS)

Kyselina sírová –  $\text{H}_2\text{SO}_4$

H290 Môže byť korozívna pre kovy.

H314 Spôsobuje vážne poleptanie kože a poškodenie očí.

Kyselina šťaveľová –  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

H302+H312 Zdraviu škodlivý pri požití alebo pri styku s kožou

H318 Spôsobuje vážne poškodenie očí

Manganistan draselný –  $\text{KMnO}_4$

H272 Môže prispieť k rozvoju požiaru; oxidačné činidlo.

H302 Zdraviu škodlivý pri požití

H400 Veľmi toxický pre vodné organizmy

Zelená skalica –  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

H302 Zdraviu škodlivý pri požití alebo pri styku s kožou

H315 Dráždivý pri styku s kožou

H319 Dráždivý pre oči

Mohrova soľ -  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

H315 Dráždivý pri styku s kožou

H319 Dráždivý pre oči

H335 Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest

Síran železito-amónny -  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

H315 Dráždivý pri styku s kožou

H319 Dráždivý pre oči

Síran železitý -  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

H315 Dráždivý pri styku s kožou

H318 Spôsobuje vážne poškodenie očí

Granulovaný zinok – Zn

kov nie je nebezpečný

## Príprava roztokov a vzorky

### **Príprava roztoku $H_2SO_4$ ( $2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )**

Na jedného žiaka by mal byť aj s rezervou dostatok  $250 \text{ cm}^3$ . Na prípravu  $1 \text{ dm}^3$  použite cca  $110 \text{ cm}^3$  konc.  $H_2SO_4$ . V prípade potreby menšieho množstva použite alikvotný objem. Pri príprave odporúčam roztok chladiť vo vodnom alebo ľadovom kúpeli a konc. kyselinu pridávať do dostatočného množstva pripravenej dest. vody, po ochladení roztok doplniť na požadovaný objem dest. vodou.

**Vypočítané potrebné hmotnosti na prípravu roztokov v úlohe 2** (žiaci si vypočítajú a roztoky pripraví sami): kyselina šťaveľová cca  $0,6304 \text{ g}$  a manganistan draselný cca  $0,79 \text{ g}$

### **Vzorka**

Je potrebné mať aspoň jednu železnatú soľ (zelená skalica –  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  alebo Mohrova soľ –  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ) a aspoň jednu železitú soľ ( $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  alebo  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$  pričom  $x = 0; 5$  a viac). Jednotlivé soli je možné medzi sebou akokoľvek kombinovať. Kvôli rozpustnosti je lepšie namiesto  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$  použiť  $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ . Každému žiakovi bude potrebné navážiť zmes dvoch látok (do kadičky, resp. na hodinové sklíčko, lodičku resp. inú vhodnú nádobu, či podložku) tak, aby látkove množstvo  $Fe^{2+}$  ( $n_1$ ) bolo minimálne  $0,01 \text{ mol}$  a maximálne  $0,015 \text{ mol}$  a látkove množstvo  $Fe^{3+}$  ( $n_2$ ), bolo  $n_2 = 0,025 - n_1$ . Hmotnosť návažku zvolenej látky sa bude rovnať zvolenému  $n_1$  ( $Fe^{2+}$ ) a vypočítanému  $n_2$  ( $Fe^{3+}$ ) násobenému molovou hmotnosťou zvolenej látky uvedenej na obale delené počtom atómov železa v molekule. Po navážení oboch látok tieto môžete premiešať, aby žiak nevidel, že má navážené práve dve rôzne látky a jedna nie je integrálnou súčasťou tej druhej.

### **Napr:**

Vybral som si  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  a  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$ . Pre  $Fe^{2+}$  som sa rozhodol pre  $n_1 = 0,012 \text{ mol}$  z čoho vyplýva, že  $n_2$  pre  $Fe^{3+}$  musí byť  $0,013 \text{ mol}$ . Navážok  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  bude teda  $0,012 \text{ mol} \cdot 278,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = \underline{\underline{3,336 \text{ g}}}$ . Keďže síran železitý má v molekule 2 atómy železa, tak návažok pre  $Fe^{3+}$  bude  $(0,013 \text{ mol} \cdot 489,9542 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) / 2 = \underline{\underline{3,185 \text{ g}}}$ .

Ak sú vaše látky s dvojmocným železom evidentne znečistené (červenohnedé nečistoty napr. v zelenej skalici alebo Mohrovej soli), tak zelené kryštalické latky je možné veľmi jednoducho zo zmesi mechanicky separovať a navážiť len čistú latku.

**Upozornenie:** V prípade použitia síranu železitého je potrebné dohliadnuť, aby žiak navážok rozpúšťal najprv v  $H_2SO_4$  ( $2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Ak sa nepoužije síran železitý, vzorka sa rozpustí aj vo vode, ale  $50 \text{ cm}^3 H_2SO_4$  ( $2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) je potrebné pridať tak či tak.

### Možné varianty realizácie podľa materiálnych podmienok

Ak nemáte granulovaný zinok, môžete použiť aj granulovaný hliník (resp. nastrihaný hliníkový drôt, staré 10 halierniky, pliešky a podobne) samozrejme odporúčané hmotnosti pre zinok sa týmto pre Al znížia. Pokiaľ sa žiak nebude veľmi zaujímať, nie je potrebné sa o prípadnej zmene kovov zmieňovať (teoretické úlohy sú postavené pre Zn).

### Hodnotenie:

Pridelia sa pomocné body (**pb**)

### Úloha 2

- práca v laboratóriu (váženie, pipetovanie, príprava roztokov atď.) **2 pb**
  - prípravné výpočty pred titráciami **5 pb**  
(1 + 1,8 + 2,2) pb
  - konečný výpočet výsledkov **6 pb**  
(1 + 2 + 3) pb
  - hodnotenie za presnosť (platí aj pre ostatné titrácie) do **5 pb**
- Hodnotenie za presnosť = opakovateľnosť titrácií pri všetkých titráciách podľa maximálneho intervalu spotrieb relevantných titrácií
- |                     |      |
|---------------------|------|
| 0,1 $\text{cm}^3$ – | 5 pb |
| 0,2 $\text{cm}^3$ – | 3 pb |
| 0,4 $\text{cm}^3$ – | 1 pb |

keďže toto hodnotenie sa aplikuje **3x, teda spolu max 15 pb**

### hodnotenie podľa správnosti dosiahnutého výsledku za celkový obsah $Fe^{2+}$ a $(Fe^{2+} + Fe^{3+})$

- za každú zložku do **20 pb**
- Teda spolu max 40 pb**

Dosiahnutá hodnota odchýlky vo výsledku:

- interval 0 až 2 %: **20 pb**
- interval 2,1 až 4,0 %: **16 pb**

interval 4,1 až 7 %:	<b>12 pb</b>
interval 7,1 až 10,0 %:	<b>8 pb</b>
interval 10,1 až 15,0 %:	<b>5 pb</b>
viac ako 15,1 %:	<b>0 pb</b>

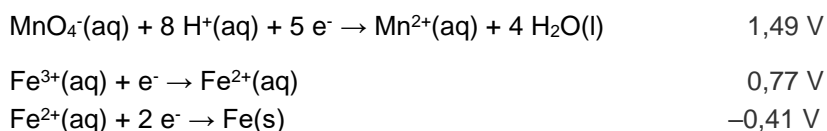
**Spolu:** **68 pb**

**Úloha 1** sa týka znalostí, ktoré súvisia s praktickou činnosťou v tomto kole CHO. Má podporiť porozumenie problému, je určená na domáce samostatné štúdium a prípadnú konzultáciu medzi žiakmi a učiteľom. Aby samostatné štúdium bolo účinné, nie je vhodné poskytnúť žiakom riešenia vopred, najprv sa majú pokúsiť riešiť úlohy samostatne s dostupnou literatúrou. To platí aj pre **Úlohu 3**, kde je náplň všeobecnejšia.

**Hodnotenie za úlohy 1 a 3** spolu je maximálne 34 pb pri 100 % úspešnosti.

**Výsledné hodnotenie** v pomocných bodoch (pb) sa prepočíta na konečné body za analytiku použitím vzťahu: 1 pb = 0,2451 b.

**Úloha/otázka 1a:** **(0,7 pb)**



*Najsilnejším oxidovadlom je v tejto trojici manganistan*

**Úloha/otázka 1b:** **(0,7 pb)**

*Elektrochemický rad napätia kovov je zoznam kovov, zoradených vzostupne podľa hodnôt štandardného elektródového potenciálu príslúchajúcej polreakcii  $\text{Me}^{z+} + z \text{e}^- = \text{Me}$ . Na základe týchto hodnôt rozdelil Bekeťov kovy na ušľachtilé a neušľachtilé (neušľachtilé kovy naľavo od vodíka, pri reakciách so zriedenými kyselinami vytláčajú vodík; ušľachtilé kovy, napravo od vodíka, nereagujú a vodík nevytláčajú). Slúži aj na informáciu o oxidačno-redukčných vlastnostiach, čím je prvok viac vľavo tým má väčšie redukčné účinky (ľahšie sa oxiduje), čím je viac vpravo tým má väčšie oxidačné účinky (ľahšie sa redukuje z roztoku svojej soli). Ďalej kov naľavo vytlačí v zlúčenine kov napravo.*

*Konvenciou sa ako referenčná elektróda zaviedla štandardná vodíková elektróda (platinová elektróda nasýtená vodíkom pri tlaku 101,325 kPa, ponorená do roztoku kyseliny s jednotkovou aktivitou oxóniových kationov). Potenciál tejto elektródy je podľa dohody rovný nule, takže nameraná hodnota rozdielu potenciálov sústavy kov – štandardná vodíková elektróda je hodnota elektródového potenciálu príslušného kovu (polreakcie  $\text{Me}^{z+} + z \text{e}^- = \text{Me}$ ). Elektródový potenciál sa nazýva aj redoxný potenciál (príslúchajúci príslušnej redukčnej polreakcii).*

**Úloha/otázka 1c:****(0,7 pb)**

$$E = E^0 - \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_{red}}{a_{ox}} = E^0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_{ox}}{a_{red}}$$

$E$  – elektródový potenciál

$E^0$  – štandardný elektródový potenciál

$R$  – molárna plynová konštanta (8,314 J/K.mol)

$T$  – teplota v kelvinoch (teplota v °C + 273,15)

$z$  – počet vymenených elektrónov

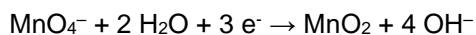
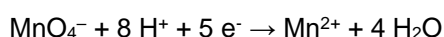
$F$  – Faradayova konštanta (96485 C/mol)

$a$  – aktivita oxidovanej alebo redukovanej formy

Definuje vzťah medzi potenciálom kovovej elektródy a aktivitou ich iónov v roztoku pri ich povrchu. Slúži na výpočet elektrochemického rovnovážneho potenciálu  $E$  ľubovoľného iónu  $X$ .

**Úloha/otázka 1d:****(0,7 pb)**

Štandardný elektródový potenciál ( $E^0$ ) je hodnota potenciálu elektródy určitého kovu, ponoreného do roztoku jeho soli za štandardných podmienok (tlak 101 325 Pa, teplota 25 °C a koncentrácií iónov v roztoku 1 mol . dm<sup>-3</sup> (presnejšie s jednotkovou aktivitou iónov). Meria sa vždy napätie galvanického článku v bezprúdovom stave a musíme poznať elektródový potenciál druhej elektródy.

**Úloha/otázka 1e:****(0,7 pb)**

alebo  $\text{MnO}_4^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

**Úloha/otázka 1f:****(0,35 pb)**

Za studena by reakcia prebiehala veľmi pomaly

**Úloha/otázka 1g:****(0,35 pb)**

Pri teplote nad 90 °C dochádza k rozkladu kyseliny šťaveľovej na CO, CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O

**Úloha/otázka 1h:****(0,7 pb)**

Slepý pokus znamená vykonanie úplne rovnakého experimentu ako pri stanovení vzorky, ale s nulovým obsahom vzorky. Ak je malé množstvo analytu súčasťou použitých materiálov, časť odmerného roztoku sa spotrebuje na tento analyt a nepatrí do spotreby na vzorku. Na vytvorenie pozorovateľného množstva indikačnej zlúčeniny treba pridať nadbytočné činidlo. Toto nadbytočné množstvo nepatrí do spotreby činidla na analyt vo vzorke. Spotrebu pri „slepom“ pokuse teda treba od spotreby pri stanovení odpočítať.

**Úloha/otázka 1i:****(0,7 pb)**

Reakcia prebieha pomaly, najmä na začiatku. Je autokatalytická a teda sa postupne zrýchľuje v prítomnosti reakčného produktu (iónov Mn<sup>2+</sup>).

**Úloha/otázka 1j:****(0,7 pb)**

Spotreba manganistanu sa zvýši, pretože oxiduje aj pridané chloridové ióny.

Postup upravíme pridaním tzv. Reinhardtovho-Zimmermannovho roztoku:

Kyselina sírová – zabezpečí kyslé prostredie

Síran manganatý – zabezpečí rýchlosť reakcie

Kyselina fosforečná – komplexuje trojmocné ióny železa – úprava farebnosti roztoku

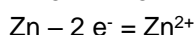
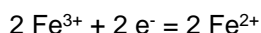
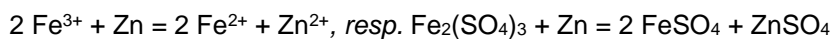
Mangán pôsobí ako katalyzátor oxidácie chloridov, čím sa posunie elektródový potenciál tak, že sa chloridy neoxidujú.

**Úloha/otázka 1k:****(0,7 pb)**

Papier je celulóza, ktorá filtrovaný manganistan redukuje, čím znižuje jeho koncentráciu vo filtrovanom roztoku.

**Úloha/otázka 1l:****(0,7 pb)**

Nastáva redukcia  $Fe^{3+}$  na  $Fe^{2+}$  vodíkom v stave zrodu, preto musí byť roztok okyslený, aby vznikol vodík.



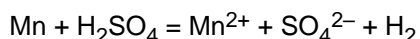
Oxidačno-redukčný proces vyplýva aj priamo z Beketovovho radu napätia kovov. Reakcia by však bez vodíka v stave zrodu, ktorý má silné redukčné účinky neprebíhala takmer vôbec, alebo veľmi pomaly.

**Úloha/otázka 1m:****(0,7 pb)**

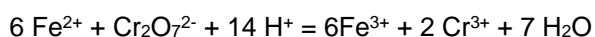
Ak sú vo vzorke prítomne látky, ktoré v danom systéme tiež podliehajú redukcii, napr.  $Ti^{4+}$ ,  $NO_3^-$ , a iné oxidujúce látky.

**Úloha/otázka 1n:****(0,7 pb)**

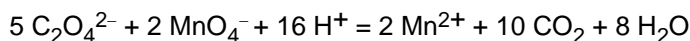
Vhodný je feroín, pretože jeho funkčná oblasť leží v titračnom skoku tohto systému.

**Úloha/otázka 1o:** za každú reakciu aj s opisom analytického využitia 0,3pb, spolu **(4,2 pb)**

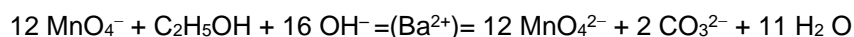
rozpúšťanie kovov v kyseline s neoxidujúcim aniónom



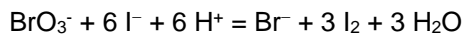
stanovenie železa dichromátometricky.



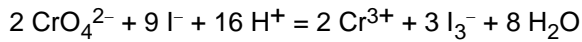
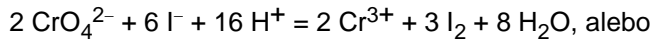
štandardizácia roztoku manganistanu na základnú látku kyselina šťaveľová



Stanovenie organických látok manganometricky v zásaditej oblasti. Bárnatá soľ v reakčnej zmesi odstráni vplyv tmavozeleného manganu, ktorý sa vyzráža ( $\text{BaCO}_3 + \text{BaMnO}_4$ )

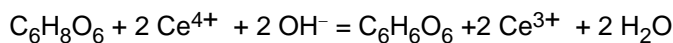
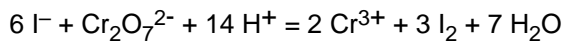


bromičnan je základnou látkou (štandardom) pre jodometriu

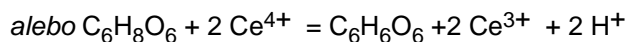


chróman je základnou látkou (štandardom) pre jodometriu

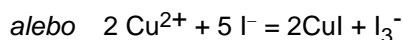
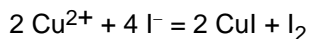
V kyslom prostredí sa chróman dimerizuje na dichróman, ten tiež oxiduje jodid na jód



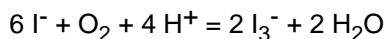
stanovenie vitamínu C cerimetricky –  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  = kyselina askorbová



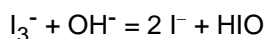
dôkaz mangánatých katiónov, oxidáciou sa vytvorí fialové sfarbenie



jodometrické stanovenie meďnatých iónov

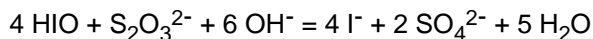


oxidácia vzdušným kyslíkom v kyslom prostredí spôsobuje pri jodometrii systematické chyby, reakciu podporuje viditeľné svetlo a prítomnosť katalyzátorov (napr.  $\text{Cu}^{2+}$ )

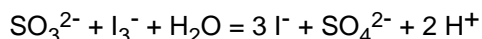


Jód v alkalickom prostredí poskytuje jódnan, ktorý je potom reakčnou zložkou.

Napríklad: Jodometrické stanovenie hydroxidu: k alkalickému roztoku sa pridá jód, nadbytok jódu vo forme  $\text{I}_2$  sa odstráni a HIO sa titruje tiosíranom.

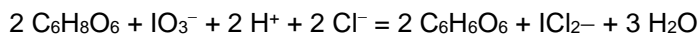


reakcia tiosíranu s „jódnom“ v alkalickom prostredí



stanovenie siričitanu jodometricky

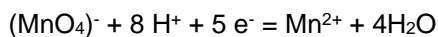
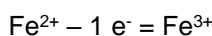
Vyčíslíte rovnicu, ktorá platí pre titráciu v prostredí  $5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$



**Úloha/otázka 1p:****(3,9 pb)**

$$E^0 (\text{Mn}^{7+}/\text{Mn}^{2+}) = 1,49 \text{ V}$$

$$E^0 (\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V}$$



Pre výpočty použijeme zjednodušenú Nernstovu-Petersovu rovnicu pre teplotu 25°C.

$$E = E^0 - \frac{0,0592}{z} \log \frac{a_{\text{red}}}{a_{\text{ox}}} = E^0 + \frac{0,0592}{z} \log \frac{a_{\text{ox}}}{a_{\text{red}}}$$

Namiesto aktivít budeme dosadzovať analytické rovnovážne koncentrácie jednotlivých foriem.

Na začiatku titrácie platí zásada že koncentrácia ox. formy analytu je  $10^4$  krát menšia ako koncentrácia red. formy analytu.

Pre bod ekvivalencie bol odvodený a platí vzťah  $E = (z_1 * E^{0_1} + z_2 * E^{0_2}) / (z_1 + z_2)$ , pričom  $E^{0_1}$  a  $E^{0_2}$  sú štandardné elektródové potenciály oboch polreakcií a  $z_1$  a  $z_2$  sú počty vymenených elektrónov pre obe polreakcie.

Pred bodom ekvivalencie sa potenciál sústavy ráta z  $E^0$  polreakcie analytu a za bodom ekvivalencie z  $E^0$  polreakcie titračného činidla.

$$0 \text{ cm}^3 : n(\text{Fe}^{2+}) = 0,05 \text{ dm}^3 * 0,02 \text{ mol dm}^{-3} = 0,001 \text{ mol}; n(\text{Fe}^{3+}) = 1 * 10^{-3} / 10^4 = 10^{-7} \text{ mol}$$

Keďže z matematických princípov sa podiel koncentrácií látok musí rovnať podielu ich látkových množstiev, netreba strácať čas prerátavaním každej spotreby na koncentrácie zložiek, ale stačí vyčísliť len ich látkove množstvá a dosadzovať do podielu v Nernstovej-Petersovej rovnici

$$E = 0,77 \text{ V} + 0,0592/1 * \log (10^{-7} \text{ mol}/10^{-3} \text{ mol}) = 0,5332 \text{ V}$$

$$5 \text{ cm}^3: n(\text{Fe}^{2+}) = 5 * 10^{-4} \text{ mol}; n(\text{Fe}^{3+}) = 5 * 10^{-4} \text{ mol}$$

$$E = E^0 = 0,77 \text{ V}$$

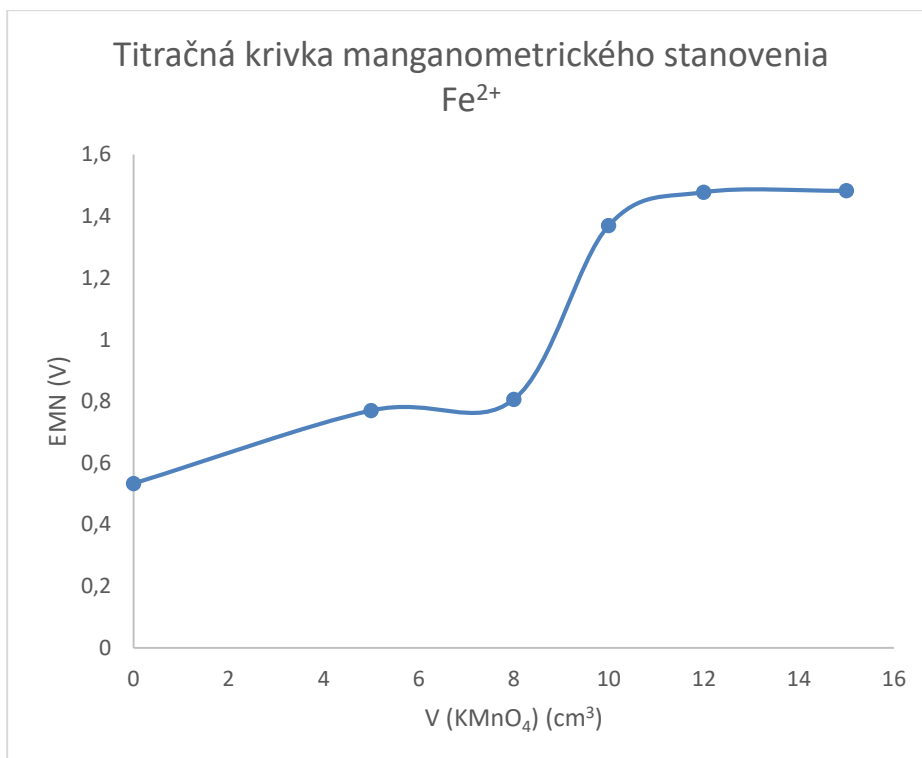
$$8 \text{ cm}^3: n(\text{Fe}^{2+}) = 2 * 10^{-4}; n(\text{Fe}^{3+}) = 8 * 10^{-4}; E = 0,77 \text{ V} + 0,03565 = 0,8056 \text{ V}$$

$$10 \text{ cm}^3: n(\text{Fe}^{2+}) = 0 - \text{ekvivalentný bod}; E = (1 * 0,77 \text{ V} + 5 * 1,49 \text{ V}) / 6 = 1,37 \text{ V}$$

$$12 \text{ cm}^3: n(\text{MnO}_4)^- = 2 * 10^{-5} \text{ mol}; n(\text{Mn}^{2+}) = 2 * 10^{-4} \text{ mol}; E = 1,49 \text{ V} - 0,01184 \text{ V} = 1,4782 \text{ V}$$

$$15 \text{ cm}^3: n(\text{MnO}_4)^- = 5 * 10^{-5} \text{ mol}; n(\text{Mn}^{2+}) = 2 * 10^{-4} \text{ mol}; E = 1,4829 \text{ V}$$





## 2. Príprava štandardného roztoku kyseliny šťaveľovej

*Pokiaľ sa žiakovi nepodari navážiť presne vypočítané množstvo kyseliny šťaveľovej, je dôležité, aby spätne prepočítal výslednú koncentráciu kyseliny šťaveľovej podľa skutočnej hmotnosti návažku.*

## 3. Štandardizácia odmerného roztoku $\text{KMnO}_4$

$c_{st} = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  (prípadne spätne prerátaná pri inom návažku)

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

$c_{(\text{KMnO}_4)} = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

$V_{(\text{KMnO}_4)} = ?$

reakcia:  $5 (\text{COO}^-)_2^{2-} + 2 (\text{MnO}_4)^- + 16 \text{ H}^+ = 2 \text{ Mn}^{2+} + 10 \text{ CO}_2 + 8 \text{ H}_2\text{O}$

resp:  $5 (\text{COOH})_2 + 2 \text{ KMnO}_4 + 3 \text{ H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{ MnSO}_4 + \text{ K}_2\text{SO}_4 + 10 \text{ CO}_2 + 8 \text{ H}_2\text{O}$

pomer šťaveľovej ku manganistanu je teda 5:2, stačí ak má žiak napísanú len jednu z reakcií

$V_{(\text{KMnO}_4)} = (2 \cdot c_{st} \cdot V_{3st}) / (5 \cdot c_{(\text{KMnO}_4)}) = (2 \cdot 0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 10 \text{ cm}^3) / (5 \cdot 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3})$

$V_{(\text{KMnO}_4)} = \underline{10 \text{ cm}^3}$

**(1 pb)**

Najprv zrealizujte tzv. slepý pokus, podľa postupu pre štandardizáciu (uvedený nižšie) t. j. titrácia bez prítomnosti kyseliny šťaveľovej, tú nahraďte  $10 \text{ cm}^3$  destilovanej vody.

*Je na to aj otázka v úlohe 1. Toto slúži na to, aby experimentátor zistil aký objem má prebytok  $\text{KMnO}_4$ , kým sa dosiahne slaboružové sfarbenie roztoku, navyše to môže pomôcť ak aj ostatné zložky okrem vzorky sú čiastočne znečistené nejakou vedľajšou reagujúcou látkou/látkami. Väčší význam to má pri titráciách nízkych koncentrácií vo vzorke, pretože rozdiel jednej kvapky sa prejaví veľkou chybou*

stanovenia. Zistený objem sa potom odčítava od spotreby samotnej titrácie. Je to objem navyše, rozdiel medzi koncovým a ekvivalentným bodom titrácie.

**Upozornenie:** Na začiatku bude titrácia (reakcia) bežať pomaly a roztok sa po pridaní prvého odmerného roztoku zafarbí. Po chvíli intenzívneho miešania sa však roztok odfarbí a titrácia už bude prebiehať požadovanou rýchlosťou.

Toto je tiež súčasťou jednej otázky v úlohe 1. Ide o autokatalytickú reakciu, kde je reakcia katalyzovaná (urýchľovaná) svojim vlastným produktom, v tomto prípade  $Mn^{2+}$ . Preto za predpokladu stálej teploty  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  prebieha s pribúdajúcim  $Mn^{2+}$  rýchlejšie a rýchlejšie. Reálne však pribúdajúci  $Mn^{2+}$  len kompenzuje prirodzene ochladzujúci sa titrovaný roztok.

Stanovenie opakujte aspoň trikrát V5, V6, V7. Na výpočet použite priemernú resp. akceptovanú spotrebu V8 odmerného činidla.

$$V_{4\text{slepý}} = 0,1\text{ cm}^3 \quad \text{napr.} \quad \begin{aligned} V5 &= 10,1\text{ cm}^3 \\ V6 &= 10,1\text{ cm}^3 \\ V7 &= 10,1\text{ cm}^3 \\ V8_{\text{priemerné}} &= 10,1\text{ cm}^3 \end{aligned}$$

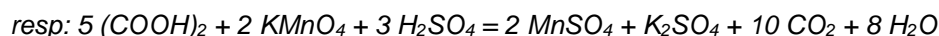
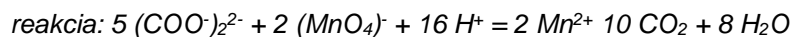
$$c_{\text{st}} = 0,05\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3} \text{ (prípadne spätne prerátaná pri inom návažku)}$$

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

$$V_{8\text{priemerné}} = 10,1\text{ cm}^3$$

$$V_{4\text{slepý}} = 0,1\text{ cm}^3$$

$$c_{(\text{KMnO}_4)} = ?\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$



stačí ak má žiak napísanú len jednu z reakcií

pomer stechiometrických koeficientov šťaveľovej ku manganistanu z reakcie je teda 5 : 2

$$c_{(\text{KMnO}_4)} = (2 \cdot c_{\text{st}} \cdot V_{3\text{st}}) / (5 \cdot (V_{8\text{priemerné}} - V_{4\text{slepý}})) = (2 \cdot 0,05\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3} \cdot 10\text{ cm}^3) / (5 \cdot 10\text{ cm}^3)$$

$$c_{(\text{KMnO}_4)} = \underline{0,02\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}} \text{ ak zohľadní slepý pokus}$$

(1 pb)

ak nezohľadní slepý pokus

(0,5 pb)

#### **4. Stanovenie celkového obsahu dvojmocného železa ( $\text{Fe}^{2+}$ ) vo vzorke**

$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 7\text{g}$$

$$M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 278,02\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$A(\text{Fe}) = 55,845\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

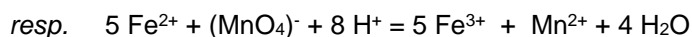
$$c_{(\text{KMnO}_4)} = 0,02\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

$$f_z = 250\text{ cm}^3 / 25\text{ cm}^3 = 10$$

$$m_{\text{Fe}} = [A(\text{Fe}) / M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})] \cdot m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 55,845\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} / 278,02\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \cdot 7\text{g}$$

$m_{\text{Fe}} = 1,4061\text{ g}$  toto prakticky ani nie je potrebné, pozri výpočet nižšie

$$V_{(\text{KMnO}_4)} = ?\text{ cm}^3$$



stačí ak má žiak napísanú len jednu z reakcií

pomer stechiometrických koeficientov  $\text{Fe}^{2+}$  ku manganistanu z reakcie je teda  $10 : 2 = 5 : 1$

$$V_{(\text{KMnO}_4)} = m_{\text{Fe}} / 5 * (c_{(\text{KMnO}_4)} * A(\text{Fe}) * f_z) = 1,4061 \text{ g} / 5 * 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} * 55,845 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} * 10 = \underline{\underline{25,18 \text{ cm}^3}}$$

resp.

$$V_{(\text{KMnO}_4)} = m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) / 5 * (c_{(\text{KMnO}_4)} * M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) * f_z) = 7 \text{ g} / 5 * 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} * 278,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} * 10 = \underline{\underline{25,18 \text{ cm}^3}} \quad \text{(1,8 pb)}$$

Stanovenie opakujte aspoň trikrát  $V_{10}$ ,  $V_{11}$ ,  $V_{12}$ . Pre výpočet použite priemernú resp. akceptovanú spotrebu  $V_{13}$  odmerného činidla. Výsledok vyjadrite ako hmotnosť Fe (dvojmocné)  $m_3$  vo vzorke.

Master hodnota priemernej spotreby v  $\text{cm}^3$  je numericky zhodná s číslom, ktoré je výsledkom ( $n_1 * 1000$ ). V závislosti od reálnych návažkov a čistoty soli môže byť master hodnota o  $\pm 5\%$  odlišná. Ideálne je si to preveriť. Ja som si vyššie za  $n_1$  zvolil 0,012 mol čo odpovedá master hodnote spotreby na  $\text{Fe}^{2+}$  12,00  $\text{cm}^3$ .

Vzor výpočtu žiaka:

$$V_{9\text{slepy}} = 0,1 \text{ cm}^3$$

$$V_{10} = 12,1 \text{ cm}^3$$

$$V_{11} = 12,0 \text{ cm}^3$$

$$\underline{V_{12} = 12,2 \text{ cm}^3}$$

$$V_{13\text{priemerný}} = 12,1 \text{ cm}^3$$

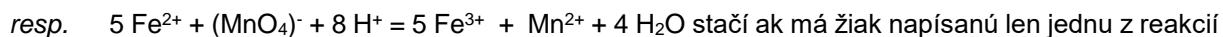
$$A(\text{Fe}) = 55,845 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$c_{(\text{KMnO}_4)} = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$f_z = 250 \text{ cm}^3 / 25 \text{ cm}^3 = 10$$

$$V_{13\text{priemerný}} = 12,1 \text{ cm}^3$$

$$m_{3\text{Fe}^{2+}} = ? \text{ mg}$$



stačí ak má žiak napísanú len jednu z reakcií pomer stechiometrických koeficientov  $\text{Fe}^{2+}$  ku manganistanu z reakcie je teda  $10 : 2 = 5 : 1$

$$m_{3\text{Fe}^{2+}} = 5 * c_{(\text{KMnO}_4)} * (V_{13\text{priemerný}} - V_{9\text{slepy}}) * A(\text{Fe}) * f_z$$

$$m_{3\text{Fe}^{2+}} = 5 * 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} * 12 \text{ cm}^3 * 55,845 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} * 10 = \underline{\underline{670,14 \text{ mg}}} \quad \text{(2 pb)}$$

## 5. Stanovenie celkového obsahu železa a trojmocného železa $\text{Fe}^{3+}$ vo vzorke

V tomto kroku dôjde k redukcii  $\text{Fe}^{3+}$  prítomného vo vzorke spolu s  $\text{Fe}^{2+}$  prítomného vo vzorke ešte pred redukciou. Z toho vyplýva, že spotreba roztoku  $\text{KMnO}_4$  bude zodpovedať súčtu spotrieb zo stanovenia  $\text{Fe}^{2+}$  podľa predošlého postupu + spotreba na  $\text{Fe}^{2+}$ , ktoré vznikne ekvimolárne po redukcii  $\text{Fe}^{3+}$  prítomného vo vzorke ako nečistota.

$$m_{\text{vzorky}} = 7 \text{ g}$$

$$m(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,15 \cdot 7 \text{ g} = 1,05 \text{ g}$$

$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 7 \text{ g} - 1,05 \text{ g} = 5,95 \text{ g}$$

$$A(\text{Fe}) = 55,845 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 278,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 489,9542 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$c_{(\text{KMnO}_4)} = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$f_z = f_{z1} \cdot f_{z2} = (250 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^3) \cdot (250 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^3) = 25$$

$$\underline{V_{(\text{KMnO}_4)} = ? \text{ cm}^3}$$



resp.  $5 \text{ Fe}^{2+} + (\text{MnO}_4)^- + 8 \text{ H}^+ = 5 \text{ Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4 \text{ H}_2\text{O}$  stačí ak má žiak napísanú len jednu z reakcií pomer stechiometrických koeficientov  $\text{Fe}^{2+}$  ku manganistanu z reakcie je teda  $10 : 2 = 5 : 1$

$$V_{(\text{KMnO}_4)} = m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) / (5 \cdot (c_{(\text{KMnO}_4)} \cdot M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot f_z)) + 2 \cdot m(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) / (5 \cdot c_{(\text{KMnO}_4)} \cdot M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot f_z)$$

$$V_{(\text{KMnO}_4)} = 5,95 \text{ g} / (5 \cdot 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 278,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 25) + 2 \cdot 1,05 \text{ g} / (5 \cdot 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 489,9542 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 25) = \underline{10,28 \text{ cm}^3} \quad (2,2 \text{ pb})$$

Pozvoľna začne prebiehať reakcia, čo sa prejaví bublinkovaním a šumením roztoku v kolóne.

Vodík -  $\text{H}_2$

H220 Mimoriadne horľavý plyn

Pri tomto postupe sa z kolóny resp. kadičky bude uvoľňovať plyný vodík. Keďže sa postup bude realizovať v laboratóriu v otvorenom priestore, prípadne digestóriu, pre žiaka či personál to nepredstavuje žiadne riziko. Maximálny celkový objem  $\text{H}_2$ , ktorý sa teoreticky môže uvoľniť za dlhý časový interval (10 až 30 min) je  $2,7 \text{ dm}^3$ . Tento objem a dokonca ani jeho 5 násobok by nepredstavoval žiadne riziko, aj keby sa do otvoreného priestoru uvoľnil naraz. V ďalšom sa reakcia nebude uskutočňovať kvantitatívne, pretože sa roztok vzorky od zinku oddelí oveľa skôr. Prosím dozor, aby bol pri tomto postupe prítomný, žiakovi by mohlo napadnúť unikajúci vodík na kolóne či kadičke podpáliť, resp. svojvoľne si pridať, či zvýšiť koncentráciu  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Titraciu vzorky získanej po reakcii na zinkovom granuláte opakujte aspoň trikrát V14, V15, V16. Pre výpočet použite priemernú resp. akceptovanú spotrebu odmerného činidla V17. Výsledky vyjadrite ako hmotnosť Fe (celkové)  $m_4$  a hmotnosť Fe (trojmocné)  $m_5$  vo vzorke. Pre výpočet budete potrebovať aj výsledok  $m_3$  z kroku 4.

Master hodnota pre túto titraciu je  $10 \text{ cm}^3 \pm 5\%$  s ohľadom na čistotu soli a/resp. presnosť váženia a bez ohľadu na pomer zmiešaných solí vo vzorke, keďže sumárne látkové množstvo je nastavené vždy na  $0,025 \text{ mol}$  a faktor zriedenia ( $f_z$ ) nám vzrástol 2,5 násobne ( $25 \text{ cm}^3 / 2,5 = 10 \text{ cm}^3$ ).

V tomto kroku došlo k redukcii  $\text{Fe}^{3+}$  prítomného vo vzorke spolu s  $\text{Fe}^{2+}$  prítomného vo vzorke ešte pred redukciou. Z toho vyplýva, že spotreba roztoku  $\text{KMnO}_4$  bude ekvimolárne zodpovedať súčtu spotrieb zo stanovenia  $\text{Fe}^{2+}$  z predošlého postupu + spotreba na  $\text{Fe}^{2+}$ , ktoré vzniklo ekvimolárne po redukcii  $\text{Fe}^{3+}$  prítomného vo vzorke ako nečistota.

$$V_{9\text{slepy}} = 0,1 \text{ cm}^3$$

$$V_{14} = 10,2 \text{ cm}^3$$

$$V_{15} = 10,1 \text{ cm}^3$$

$$V_{16} = 10,3 \text{ cm}^3$$

$$V_{17\text{priemerny}} = 10,2 \text{ cm}^3$$

$$A(\text{Fe}) = 55,845 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$c_{(\text{KMnO}_4)} = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$f_z = f_{z1} \cdot f_{z2} = (250 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^3) \cdot (250 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^3) = 25$$

$$m_{4\text{celkove Fe}} = ? \text{ mg}$$

$$m_{5\text{Fe}^{3+}} = ? \text{ mg}$$



resp.  $5 \text{ Fe}^{2+} + (\text{MnO}_4)^- + 8 \text{ H}^+ = 5 \text{ Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4 \text{ H}_2\text{O}$  stačí ak má žiak napísanú len jednu z reakcií  
poměr stechiometrických koeficientov  $\text{Fe}^{2+}$  ku manganistanu z reakcie je teda  $10 : 2 = 5 : 1$

$$m_{4\text{celkove Fe}} = 5 \cdot c_{(\text{KMnO}_4)} \cdot (V_{17\text{priemerny}} - V_{9\text{slepy}}) \cdot A(\text{Fe}) \cdot f_z$$

$$m_{4\text{celkove Fe}} = 5 \cdot 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 10,1 \text{ cm}^3 \cdot 55,845 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 25 = \underline{1\,410,1 \text{ mg}}$$

$$m_{5\text{Fe}^{3+}} = m_{4\text{celkove Fe}} - m_{3\text{Fe}^{2+}} = 1410,1 \text{ mg} - 670,14 \text{ mg} = \underline{739,96 \text{ mg}}$$

(3 pb)

### A) Všeobecne - odmerná analýza:

#### Úloha/otázka 3a:

(0,7 pb)

Špeciálny prípad referenčného materiálu, ktorý je chemickým individuom s vlastnosťami vhodnými na stanovenie presnej koncentrácie roztokov.

#### Úloha/otázka 3b:

(0,7 pb)

Presne definované zloženie

Zanedbateľný obsah nečistôt

Pri reakcii používanej na stanovenie reaguje rýchlo a stechiometricky

Dobrá rozpustnosť vo vode

Veľká molekulová hmotnosť

Ľahko detegovateľný priebeh reakcie

Stabilná v čase pri uskladnení

Má sa ľahko pripravovať v definovanej forme (čistiť)

Musí mať dostupné vhodné metódy kontroly kvality

Bezpečná a lacná

#### Úloha/otázka 3c:

(0,7 pb)

kyselina šťaveľová, šťaveľan sodný, oxid arzenitý, hexakyanidoželeznatan sodný, resublimovaný jód, dichrómán draselný, bromičnan draselný a pod.

#### Úloha/otázka 3d:

(0,7 pb)

Zistenie presnej koncentrácie danej látky v odmernom roztoku porovnaním s vhodným referenčným materiálom (napríklad „základná látka“) alebo iným štandardným roztokom.

#### Úloha/otázka 3e:

(0,7 pb)

Koncový bod titrácie je stav, keď titráciu zastavíme na základe vizuálneho prejavu indikátora, ekvivalentný bod je stav, keď pridané množstvo činidla stechiometricky zodpovedá množstvu analytu. Nezhoda koncového a ekvivalentného bodu titrácie je tzv. titračná chyba.

**Úloha/otázka 3f:****(0,7 pb)**

Odmerný valec je kalibrovaný tzv. na naplnenie, teda deklarovaný objem je objem kvapaliny vo vnútri valca po príslušnú značku. Ak chceme využiť presnosť valca, kvapalinu musíme kvantitatívne vypláchnuť. Tak získame odmerané množstvo vo valci, ale zriedime ho „neistým“ objemom vyplachovadla. Vyliatím (teda použitím meradla ako typ „Ex“, hoci je typu „In“) z valca sa nedá pridávať presný požadovaný objem.

**Úloha/otázka 3g:****(0,7 pb)**

Pred vlastným odmeraním pipetovaného roztoku najprv pipetu vypláchneme odmeriavaným roztokom takto: do čistej kadičky odlejeme časť daného roztoku, potom do pipety nasajeme roztok a jej horný koniec okamžite uzavrieme ovlhčeným ukazovák. Po omytí stien pipety roztok z pipety vypustíme a ešte dvakrát uvedeným spôsobom pipetu vypláchneme. Pri vlastnom pipetovaní nasajeme odmeriavaný roztok nad objemovú značku a uzavrieme horný koniec. Čistou handrou alebo filtračným papierom utrieme zvonku dolný koniec pipety (ktorý bol ponorený do nasávaného roztoku) a prebytok roztoku necháme vytečť až po objemovú značku tak, že opatrne uvoľňujeme ukazovák. Znovu dávame pozor, aby sme neurobili paralaxnú chybu. Potom opatrne preniesieme pipetu s jej obsahom do pripravenej nádoby, dolný koniec pipety oprieme o stenu nádoby a necháme voľne vytečť jej obsah. Počkáme 15 až 50 s (podľa veľkosti pipety) a potom sa špičkou pipety ešte dotkneme stien nádoby. Pipety nikdy nevyfukujeme. V prípade, že sú na pipete dve značky, roztok vypúšťame dovtedy, kým sa dolná časť menisku nekryje s druhou značkou.

**Úloha/otázka 3h:****(0,7 pb)**

Horúcu vodu nemôžeme použiť, ak chceme meradlo použiť v krátkej dobe. Teplom sa sklo rozťahne a spätné obnovenie objemu po vytemperovaní na laboratórnu teplotu vyžaduje dlhú dobu.

**Úloha/otázka 3i:****(0,7 pb)**

Nie, mal to urobiť v kadičke. Zaťažil tepelne sklenené meradlo objemu, následný prídavok vody bol zrejme väčší ako predpokladal.

**Úloha/otázka 3j:****(0,7 pb)**

Aj keď sa bublinky nezúčastnili zdanlivo merania – vytekla kvapalina nad nimi bez pohybu bublín, v priebehu merania sa zmenil hydrostatický tlak a objem bublín sa zmenil, spotreba pri titrácii teda bola menšia ako odčítaná z byrety.

**Úloha/otázka 3k:****(0,7 pb)**

Jednotlivé titrácie sa môžu nepredvídateľne líšiť vzhľadom na stlačiteľnosť plynu v bubline.

**Úloha/otázka 3l:****(0,7 pb)**

Pri dopĺňaní odmernej banky je v hornej časti bez premiešania rozpúšťadlo, resp. zriedený roztok. Ten sa použije v byrete ako prvý a pri experimente sa postupne obsah banky premiešava. Spotreby teda postupne klesajú.

**Úloha/otázka 3m:****(0,7 pb)**

Použitie nevysušenej titračnej banky sa na výsledkoch experimentu neprejaví nijako. Nadbytočným rozpúšťadlom sa množstvo látky v banke nemení. Malá zmena koncentrácie experiment neovplyvní.

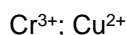
**Úloha/otázka 3n:****(0,7 pb)**

Ak je medzi získanými výsledkami odľahlá hodnota – vylúčime ju na základe štatistického testu alebo na základe „skúseností“.

Z ostatných hodnôt určíme aritmetický priemer alebo medián (prostrednú z hodnôt zoradených podľa veľkosti).

## B) Všeobecná chémia a „čísla“

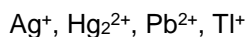
Úloha/otázka 3o: (0,7 pb)



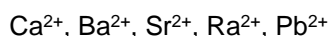
Úloha/otázka 3p: (0,7 pb)



Úloha/otázka 3r: (0,7 pb)



Úloha/otázka 3s: (0,7 pb)



Úloha/otázka 3t: (0,7 pb)

c) koncentrácia  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$

Úloha/otázka 3u: (0,7 pb)

Je to interval potenciálov (V) v ktorom sa zmení forma indikátora z redukovanej formy na oxidovanú, ktoré majú odlišné sfarbenie. Miera tejto zmeny je obvykle medzi 1:10 do 10:1.

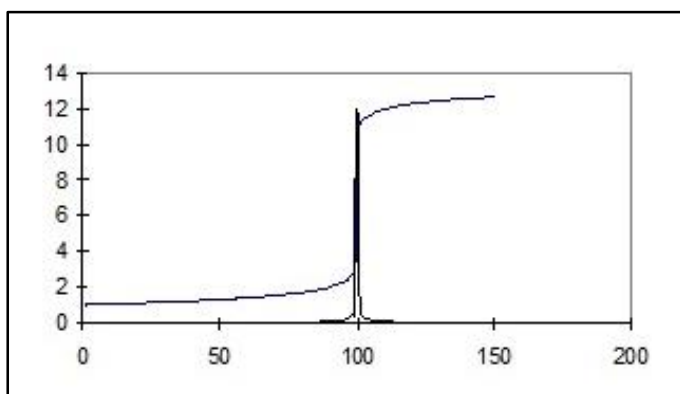
$$\Delta E = E_{ind}^0 \pm 0,059/z$$

interval potenciálu v ktorom sa mení zafarbenie indikátora.

Úloha/otázka 3v: (0,7 pb)

Teoretické krivky môžeme využiť na optimalizáciu podmienok titrácie a indikácie, výber indikátora alebo spôsobu inštrumentálnej indikácie. Namerané experimentálne krivky poskytnú bod ekvivalencie, a umožňujú študovať chemické reakcie (zistiť zloženie reagujúcich častíc, rovnovážne konštanty, čo sa týka reaktantov, ale aj ovplyvňujúcich prímiesí.

Úloha/otázka 3x: (0,7 pb)



Úloha/otázka 3y: (0,7 pb)

$$2,70 \cdot 10^{-2}$$

Úloha/otázka 3z: (0,7 pb)

3

# RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 60. ročník – školský rok 2023/24  
Domáce kolo

**Samuel Andrejčák, Martin Putala**

---

Maximálne 15 bodov

## Úloha 1 (7b)

Hmotnosť získaného produktu:

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

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

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

## 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

$$\begin{aligned} x : y : z &= w_x/A_rC : w_y/A_rH : w_z/A_rO = \\ &= 68,85/12 : 4,95/1 : 26,20/16 = \end{aligned}$$

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

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)	$\rho$ (g/ml)
Toluén	1,0	5,4	92	0,50	0,58	0,867
KMnO <sub>4</sub>	2,6	13,9	158	2,20	-	-
NaOH	0,2	1,05	40	0,042	0,8	1,054
produkt A (teor. výťažok)	1,0	5,4	122	0,66	-	-
izolované množstvo produktu (v gramoch):						
percentuálny výťažok produktu:						

údaje z textu, resp. už vypočítané:  $4 \times 0,1 = 0,4 \text{ b}$  (žlté)

údaje na výpočet:  $14 \times 0,2 = 2,8 \text{ b}$  (modré)

percentuálny výťažok:  $1 \times 0,2 = 0,2 \text{ b}$

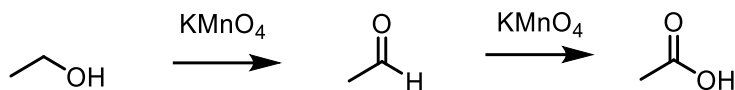
nehodnotia sa vopred zadané hodnoty (zelené)

kladne sa hodnotí výpočet výťažku aj zo zle vypočítanej molárnej hmotnosti



#### Úloha 4 (0,8 b)

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



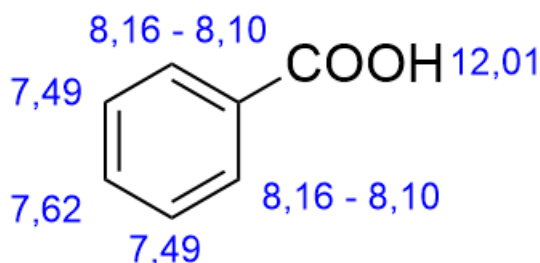
b)  $MnO_2$  (0,3 b)

#### Úloha 5 (1,8 b = (8 x 0,2 + 2 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  $-COOH$  (2 x 0,1b)

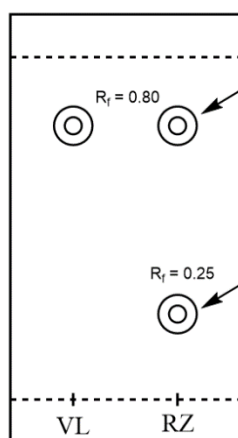


$\delta_H$ : 12,01 (s, 1H); 8,16 – 8,10 (d, 2H); 7,68 (t, 1H); 7,54 (t, 2H)

- vibrácia pre O-H:  $2800 - 3500\text{ cm}^{-1}$

- vibrácia pre C=O:  $1690 - 1760\text{ cm}^{-1}$

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



- za správne priradenie škvryny 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)

**Autori:** Bc. Samuel Andrejčák, doc. RNDr. Martin Putala, PhD., RNDr. Rastislav Serbin, PhD.

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

**Recenzenti:** RNDr. Peter Troška, PhD., doc. RNDr. Peter Magdolen, PhD.

**Slovenská komisia Chemickej olympiády**

**Vydal:** NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2023