

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

58. ročník, školský rok 2021/2022

Kategória B

Domáce kolo

TEORETICKÉ A PRAKTICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 58. ročník – školský rok 2021/2022

Domáce kolo

Martin Vavra

Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: neobmedzená

Úvod

Súťažné úlohy zo všeobecnej a anorganickej chémie 58. ročníka CHO kategórie B budú zamerané na chémiu uhlíka, kremíka a ich zlúčenín. Uhlík je vnímaný hlavne ako základný stavebný prvok organických zlúčenín, ale veľmi dôležitý je aj z pohľadu anorganickej chémie. Nielen uhlík ako jednoduchá látka, ale aj iné stabilné anorganické zlúčeniny s obsahom uhlíka majú v modernej spoločnosti nezameniteľnú úlohu.

Kremík, na rozdiel od uhlíka, nie je s organickou chémiou takmer nijako prepojený. Naproti tomu je kremík jedným z najdôležitejších prvkov neživej prírody. V prírode sa ako jednoduchá látka nevyskytuje, ale nachádza sa vo veľmi veľkom množstve minerálov. Základnou stavebnou jednotkou všetkých kremičitanov je tetraéder $\{\text{SiO}_4\}^{4-}$. Tieto tetraédre sa pomocou atómov kyslíka, umiestnených v ich vrchoch, môžu spájať do rôznych nepolymérnych (kremičitany s ostrovčekovitou štruktúrou) alebo zložitých polymérnych štruktúr. Ak sa atóm kyslíka nezdieľa s ďalšou stavebnou jednotkou, ostáva na ňom záporný náboj, ktorý musí byť kompenzovaný voľnými kationmi.

Pri zložitejších mineráloch sa v určitom množstve týchto tetraédrov nahrádza kremičitý kation za hlinitý. V takom prípade už hovoríme o hlinitokremičitanoch. Hlinitokremičitany s 3D štruktúrou sú vo veľkej miere zastúpené takmer v celej zemskej kôre.

Úlohy v jednotlivých kolách budú zamerané na nasledujúce okruhy:

1. Modifikácie prvkov a zlúčenín uhlíka a kremíka, štruktúrne vzorce, ich vlastnosti a využitie.
2. Systematické názvoslovie, triviálne názvy.
3. Stechiometrické výpočty, hmotnostný zlomok.

Odporúčaná literatúra

1. Gažo, J. a kol.: *Všeobecná a anorganická chémia*, Alfa, Bratislava, 1981.
2. Shriver & Atkins: *Inorganic Chemistry, Fourth edition*, Oxford university press, Oxford, 2006.
3. Vavra, M. a kol.: *Základy výpočtov v chémii*, Rokos Prešov, 2017.

Úloha 1 (14 b)

- Napíšte názvy dvoch stabilných jednoduchých oxidov uhlíka.
- Porovnajzte základné chemické a fyzikálne vlastnosti oxidov uhlíka z úlohy a), pričom sa zamerajte na: (i) skupenstvo pri normálnych podmienkach; (ii) toxicitu; (iii) rozpustnosť vo vode a acidobázické vlastnosti; (iv) spôsob vzniku; (v) redoxné vlastnosti.
- Jeden z oxidov uhlíka ochotne vystupuje ako ligand v koordinačných zlúčeninách, pretože na atóme uhlíka má voľný elektrónový pár. Uveďte názov tohto oxidu a aký názov má ako neutrálny ligand.
- Uhličitanový anión je súčasťou mnohých zložitejších minerálov. Znázornite elektrónový štruktúrny vzorec uhličitanového aniónu.
- Pomenujte systematickým názvom nasledujúce tri zložené zlúčeniny: dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, malachit $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ a azurit $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$.
- Na prvotné určenie, či daný minerál patrí medzi uhličitany, sa priamo v teréne používa kyselina chlorovodíková. Tá sa kvapne na vzorku minerálu a pozoruje sa následná reakcia. Ako sa prejaví pozitívna reakcia s kyselinou v prípade minerálu s obsahom uhličitanu? Prípadnú chemickú reakciu zapíšete chemickou rovnicou.

Úloha 2 (8 b)

- Pretavením SiO_2 vzniká sklo. Nevýhodou je, že čistý SiO_2 má vysokú teplotu tavenia a keby sa sklo vyrábalo iba z oxidu kremičitého, bolo by veľmi drahé. Na zníženie teploty tavenia sa do sklárskeho kmeňa (tuhofázová zmes vstupných surovín) pridávajú k oxidu kremičitému rôzne uhličitany, napr. CaCO_3 , Na_2CO_3 alebo K_2CO_3 . Uveďte triviálne názvy týchto troch uhličitanov.
- Vypočítajte hmotnosť Na_2CO_3 , CaCO_3 a SiO_2 , ktoré sú potrebné na prípravu 15,0 t sodno-vápenatého skla.
Jeho chemické zloženie vyjadruje vzorec $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$.
 $M_r(\text{Na}) = 22,990$; $M_r(\text{C}) = 12,011$; $M_r(\text{O}) = 15,999$; $M_r(\text{Ca}) = 40,078$;
 $M_r(\text{Si}) = 28,086$.

Úloha 3 (8 b)

- Akým názvom sa bežne označuje oxid kremičitý v amorfnej forme?
- Nakreslite základnú stavebnú jednotku všetkých kremičitanov.
- Schematicky zakreslite štruktúru aniónu, ktorý je zložený zo šiestich základných stavebných jednotiek kremičitanov pospájaných do pravidelného cyklu. Aké nábojové číslo má novovzniknutý cyklický anión? Uveďte názov jedného minerálu, ktorý obsahuje takýto typ cyklického aniónu.
- Kremičitany, ktoré v štruktúre obsahujú tri nezávislé jednoduché anióny $\{\text{SiO}_4\}^{4-}$, sa všeobecne nazývajú granáty. Aj na Slovensku je známy tzv. český granát, ktorého zloženie vyjadruje vzorec $\text{Al}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_4)_3$. Pomenujte túto zlúčeninu a uveďte mineralogický názov českého granátu. Aké významné využitie má tento minerál?

ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 58. ročník – školský rok 2021 / 2022

Domáce kolo

Mgr. Peter ŠrAMEL¹, PhD., Ing. Juraj Malinčík²

¹Katedra organickej chémie, PriF UK, Univerzita Komenského v Bratislave

²Department of Chemistry, University of Basel, Switzerland

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: neobmedzená

Súťažné úlohy v tomto školskom roku budú zamerané na štruktúru, vlastnosti a základné reakcie (elektrofilné a radikálové adície) nenasýtených uhľovodíkov (alkény, alkíny) a ich derivátov. Pre úspešné riešenie úloh sa vyžaduje aj znalosť názvoslovia organických zlúčenín.

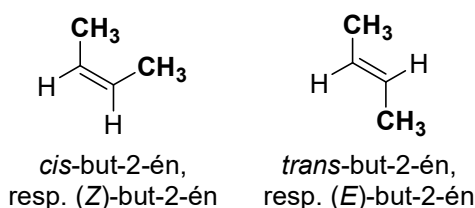
Literatúra:

1. J. Heger, I. Hnát, M. Putala: *Názvoslovie organických zlúčenín*, SPN, Bratislava, 2004.
2. P. Zahradník, V. Lisá: *Organická chémia I (učebnica pre gymnáziá)*, SPN, Bratislava, 2006.
3. P. Zahradník, M. Kollárová: *Prehľad chémie 2*, SPN, Bratislava, 1996.

Úloha 1 (10,50 b)

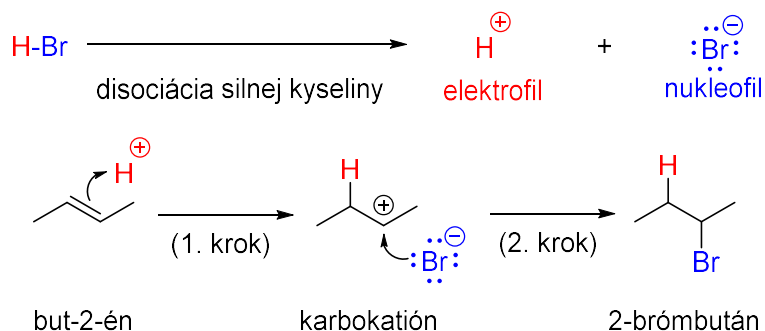
Alkény predstavujú nenasýtené uhľovodíky, ktoré obsahujú jednu dvojitú väzbu C=C. Dvojitá väzba C=C v alkénoch je vytvorená medzi dvoma sp^2 -hybridizovanými uhlíkmi a skladá sa z jednej σ -väzby a jednej π -väzby. Takto hybridizovaný uhlík obsahuje tri sp^2 -hybridizované orbitály vytvárajúce tri σ -väzby, ktoré ležia v jednej rovine a zvierajú uhol 120° . Väzba π vzniká nad a pod rovinou molekuly prekryvom p -orbitálov.

Dvojitá väzba je kratšia ako jednoduchá (dĺžka C–C : 0,154 nm a C=C : 0,134 nm) a nie je okolo nej možná voľná rotácia, z čoho vyplýva existencia dvoch stereoizomérov (konfiguračných izomérov), ktoré označujeme stereodeskriptormi *cis* a *trans*. (Označovanie konfigurácie alkénov stereodeskriptormi *cis* a *trans* a využíva výhradne pri alkénoch s disubstituovanou dvojitou väzbou. V súčasnosti sa preferuje použitie stereodeskriptorov *Z* a *E*, ktorými možno definovať konfiguráciu aj pri zložitejšie substituovaných alkénoch.) Stereoizoméry sa líšia svojimi fyzikálnochemickými vlastnosťami a *trans*-izomér býva zvyčajne termodynamicky stabilnejší.



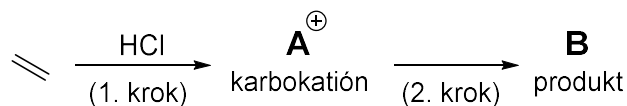
Prítomnosť dvojitej väzby spôsobuje, že nenasýtené uhľovodíky sú reaktívnejšie ako nasýtené. Reakcie typické pre alkény sú **elektrofilné adície**. Elektrofilná adícia je dvojstupňová reakcia, pričom v prvom stupni reaguje **elektrofil** (spravidla kladne nabitá častica) s elektrónmi dvojitej väzby. Tento stupeň je pomalý a určuje celkovú rýchlosť reakcie. Následne dochádza k vytvoreniu organickej častice s kladným nábojom na atóme uhlíka, tzv. **karbokatiónu**. Ten reaguje v druhom rýchlom stupni s **nukleofilom**, teda časticou obsahujúcou voľný elektrónový pár, spravidla nesúcou záporný náboj.

Ako príklad možno uviesť mechanizmus elektrofilnej adície HBr na but-2-én:



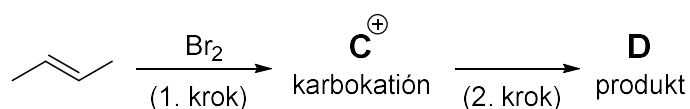
V nasledujúcich elektrofilných adíciách na doplňte štruktúry príslušných karbokatiónov a produktov, resp. medziproduktov. Produkty reakcií pomenujte.

a) adícia HCl



Štruktúra karbokatiónu A [⊕]	Štruktúra produktu B	Názov produktu B

b) adícia Br₂



Štruktúra karbokatiónu C [⊕]	Štruktúra produktu D	Názov produktu D

c) adícia Cl_2



Štruktúra karbokatiónu E^+	Štruktúra produktu F	Názov produktu F

d) adícia H_2O



Štruktúra karbokatiónu G^+	Štruktúra medziproduktu H^+	Štruktúra produktu I	Názov produktu I

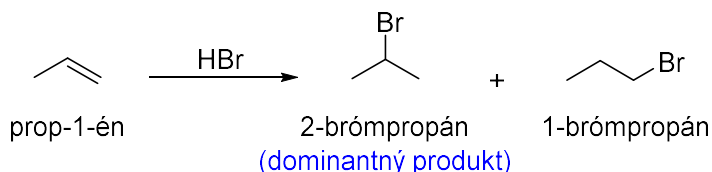
Nakreslite štruktúrne vzorce nasledujúcich zlúčenín a pomenujte ich. V prípade, že môžu existovať vo forme *cis* a *trans* stereoizomérov, nakreslite štruktúrne vzorce oboch a určite ich konfiguráciu.

e) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ f) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_3$ g) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_3$

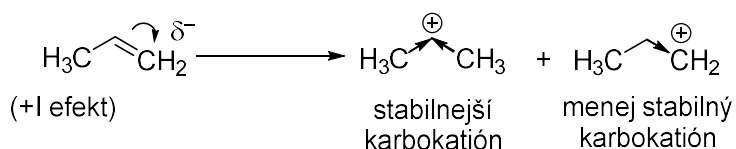
h) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ i) $\text{PhCH}=\text{CHPh}$ (Ph = fenyl)

Úloha 2 (11,50 b)

Elektrofilnou adíciou na nesymetrické alkény môžu vzniknúť dva produkty.

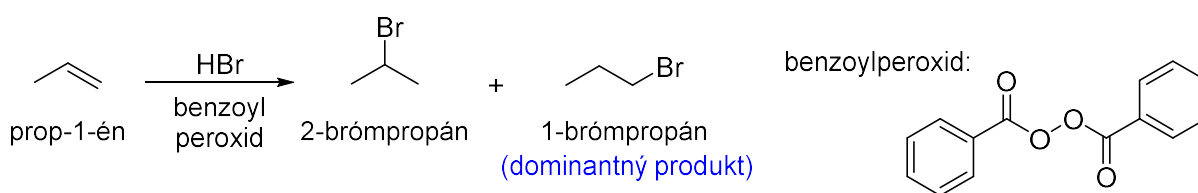


V skutočnosti vzniká 2-brómpropán vo veľkom nadbytku. Tento jav je opisuje **Markovnikovo pravidlo**, ktoré hovorí, že kladná častica (elektrofil) sa viaže na ten uhlík dvojitej väzby, kde je viac vodíkov. Vysvetlenie spočíva v prvom (reverzibilnom) pomalšom stupni elektrofilnej adície, pri ktorom vzniká kation s vyššou stabilitou. Indukčný účinok (I+) alkylových skupín znižuje elektrónovú medzeru na uhlíku a stabilnejší je ten karbokation, kde je na kladne nabitý uhlík naviazaných viac alkylových skupín. Ešte výraznejší efekt na stabilizáciu karbokationu má mezomérny efekt (M+) alkenylových a fenylových skupín.



Stabilitu karbokatiónu zvyšujú aj π -elektróny dvojitej väzby alebo aromatického systému vedľa uhlíka s kladným nábojom. Stabilita karbokatiónov klesá v poradí: Ph-CH_2^+ (benzylový) $\approx$ $\text{H}_2\text{C=CH-CH}_2^+$ (alylový) $\approx$ $(\text{R})_3\text{C}^+$ (terciárny) $\gg$ $(\text{R})_2\text{CH}^+$ (sekundárny) $>$ R-CH_2^+ (primárny) $>$ CH_3^+ (metylový); (Ph = fenyl, R = alkyl).

V prítomnosti peroxidov (napr. benzoylperoxid) prebieha adícia HBr proti Markovnikovmu pravidlu. Ostatné halogenovodíky túto reakciu neposkytujú (vyplýva to z možnosti homolytického štiepenia väzby H-X). Reakcia prebieha radikálovým mechanizmom (radikálová adícia) a uplatňuje sa pri nej tzv. **Kharashov efekt**, teda táto adícia prebieha s opačnou regioselektivitou ako elektrofilná adícia.



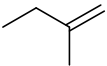
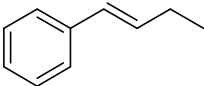
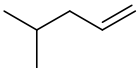
Vychádzajúc z vyššie uvedených informácií o regiosektivite elektrofilných adícií na alkény:

- a)** napíšte schému reakcie (prop-1-én-1-yl)benzénu s HBr; šípkou vyznačte stabilizáciu najstabilnejšieho karbokatiónu vzniknutého po naviazaní elektrofilu; nakreslite dominantný produkt reakcie a pomenujte ho,
- b)** adícia HCl na 3,3,3-trichlórprop-1-én formálne prebieha proti Markovnikovmu pravidlu. Napíšte reakčnú schému tejto reakcie včítane štruktúry najstabilnejšieho karbokatiónu, vysvetlite regioselektivitu reakcie a pomenujte dominantný produkt.

Doplňte nasledujúcu tabuľku:

c) uveďte názov, resp. štruktúrny vzorec jednotlivých východiskových alkénov

d) napíšte štruktúry a názvy dominantných produktov reakcií prebiehajúcich za daných reakčných podmienok

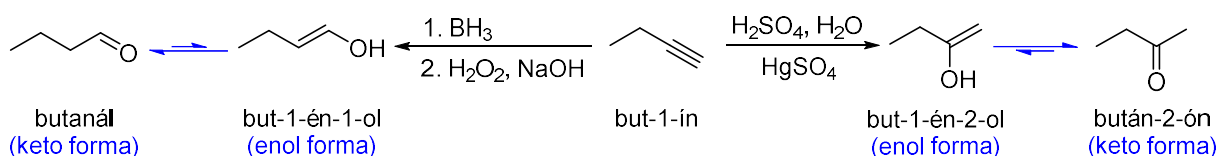
Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu
1-metylcyklopentén		$\text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O}$	
		Br_2	
but-1-én		HBr / benzoylperoxid	
		HCl	
vinylcyklopentán		Cl_2	
		HBr	
1-etylcyklohexén		Br_2	
		$\text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O}$	

Úloha 3 (8 b)

Alkíny predstavujú uhľovodíky, ktoré obsahujú trojitú $C\equiv C$ väzbu. Trojitú väzbu vytvárajú dva sp -hybridizované uhlíky. Na každom z nich sú dva p -orbitály navzájom na seba kolmé. Okrem toho obsahujú uhlíky dva sp -orbitály zvierajúce uhol 180° . Prekryvom p -orbitálov uhlíkov vznikajú dve π -väzby a na spojnici uhlíkov vzniká prekryvom sp -orbitálov σ -väzba. Táto leží v jednej priamke a na alkínoch nie je tým pádom možná geometrická izoméria.

Podobne ako alkény, aj alkíny poskytujú **elektrofilné adičné reakcie**. Trojitá väzba $C\equiv C$ je kratšia a kompaktnejšia (dĺžka $C\equiv C$: 0,120 nm) ako dvojité väzba $C=C$, preto je reaktivita trojitej väzby pri elektrofilnej adícii nižšia ako dvojitej. Adičné reakcie na trojitú väzbu je preto potrebné často katalyzovať soľami ťažkých kovov, napr. $HgSO_4$. Adičné reakcie môžu tiež v nadbytku činidla prebiehať dvojnásobne. Koncový vodík v terminálnych alkínoch je kyslý a jeho odštiepenie pomocou vhodnej bázy, napr. $NaNH_2$ umožňuje vznik alkínových solí (acetylidov).

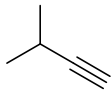
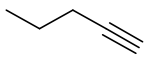
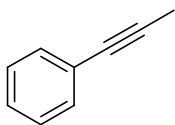
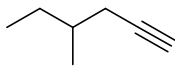
Zaujímavou reakciou alkínov je adícia vody. Pri tejto reakcii, na rozdiel od adície halogenovodíkov môže reagovať iba jeden ekvivalent vody, pretože vzniknutý enol izomerizuje na stabilnejšiu karbonylovú zlúčeninu (keto-enol tautoméria). Reakcia sa uskutočňuje pomocou H_2SO_4 , H_2O , pričom sa ešte pridáva katalytické množstvo $HgSO_4$. Adícia vody na trojitú väzbu formálne proti Markovnikovmu pravidlu sa uskutočňuje pomocou boránov, napr. BH_3 a následnou oxidačnou hydrolýzou s H_2O_2 a $NaOH$ (takýto typ adície vody možno samozrejme využiť aj v prípade alkénov).



Doplňte nasledujúcu tabuľku:

a) uveďte názov, resp. štruktúrny vzorec jednotlivých východiskových alkínov

b) napíšte štruktúry a názvy dominantných produktov reakcií prebiehajúcich za daných reakčných podmienok

Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu
pent-1-ín		HBr (1 ekvivalent)	
		H ₂ SO ₄ , H ₂ O, HgSO ₄	
acetylén		NaNH ₂ , NH ₃ , -33 °C	
		Br ₂ (nadbytok)	
etynylcyklopentán		1. BH ₃ , 2. H ₂ O ₂ , NaOH	
		HBr (nadbytok)	
pent-2-ín		Cl ₂ (1 ekvivalent)	
		HBr (1 ekvivalent), benzoylperoxid	

PRAKTICKÉ ÚLOHY Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 58. ročník – školský rok 2021/2022

Domáce kolo

Pavel Májek

Ústav analytickej chémie FCHPT STU v Bratislave

Maximálne 40 bodov

Doba riešenia: neobmedzená

Stanovenie koncentrácie odmerného roztoku KMnO_4

Úvod

Oxidačno-redukčné titrácie sú založené na výmene elektrónov medzi odmerným roztokom a stanovovanou látkou. Tieto metódy sa nazývajú podľa použitého odmerného roztoku. KMnO_4 nie je základnou látkou, preto sa jeho presná koncentrácia stanovuje pomocou vhodného štandardného roztoku.

Na úspešné riešenie praktickej časti kategórie B v tomto ročníku CHO je potrebné si naštudovať teóriu o oxidačno-redukčných reakciách, vyčísľovanie týchto reakcií, spôsob indikácie a odmerné metódy stanovenie látok manganometricky. Priamou titráciou s KMnO_4 možno stanoviť mnohé redukovadlá ako soli Fe^{2+} , Sn^{2+} , As^{3+} , Mn^{2+} , anióny $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4+}$, NO_2^- a látky ako peroxidy, alkoholy a kyselina šťavelová. Nepriamo možno stanoviť niektoré oxidovadlá, redukovadlá a kovy poskytujúce nerozpustné štavelany.

Literatúra

1. J. Kmeťová, M. Skoršepa, P. Mäčko: *Chémia pre 2. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*, Vydavateľstvo Expol Pedagogika, s.r.o., Bratislava, 2012, ISBN 978-80-8091-271-0
2. https://sk.wikipedia.org/wiki/Oxida%C4%8Dno-reduk%C4%8Dn%C3%A1_reakcia
3. https://cs.wikipedia.org/wiki/Redoxn%C3%AD_titrace
4. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Manganometrie>
5. http://chemwiki.ucdavis.edu/Analytical_Chemistry/Electrochemistry/Redox_Chemistry/Oxidation-Reduction_Reactions
6. <http://www.chemteam.info/Redox/Redox.html>
7. <https://pdf.truni.sk/e-skripta/analchem.pdf>

Poznámka: Informácie na webových stránkach, ktoré sú uvedené v literatúre, boli dostupné ku dňu 30.9. 2021

Experimentálna úloha: (28 b)

Štandardizácia odmerného roztoku KMnO_4 na Mohrovu soľ

Pracovný postup

- a) Príprava roztoku $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ s koncentráciou $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$: Na prípravu 100 cm^3 roztoku Mohrovej soli s koncentráciou $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ sa diferenčne odváži na analytických váhach potrebné množstvo $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($M = 392,1388 \text{ g mol}^{-1}$), rozpustí v kadičke v cca 50 cm^3 deionizovanej vody. Potom sa k roztoku pridá 5 cm^3 1 mol dm^{-3} H_2SO_4 , po doplnení po značku deionizovanou vodou a premiešaní sa vypočíta presná koncentrácia štandardného roztoku.
- b) Príprava roztoku $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$ roztoku KMnO_4 : Zo zásobného roztoku KMnO_4 s koncentráciou cca $c = 0,2 \text{ mol dm}^{-3}$ sa na prípravu 250 cm^3 roztoku KMnO_4 s koncentráciou $c = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$ odmerným valcom odmeria vypočítaný objem roztoku, prenesie sa do odmernej banky. Po zriedení deionizovanou vodou, doplnení po značku sa premiešaním pripraví odmerný roztok požadovanej koncentrácie.

Príprava byrety na titráciu: 25 cm^3 byreta sa po premytí deionizovanou vodou a odmerným roztokom KMnO_4 , doplní odmerným roztokom po značku, čím je pripravená na odmerné stanovenie.

Pozn.: Pri farebných, nepriehľadných, roztokoch sa objem na byrete odčítava podľa hornej hladiny roztoku. Pri práci s roztokom KMnO_4 používajte rukavice.

- c) Stanovenie presnej koncentrácie roztoku KMnO_4 : Zo zásobného roztoku KMnO_4 s koncentráciou cca $c = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$ sa do troch titračných baniek odpipetuje po 20 cm^3 $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ štandardného roztoku Mohrovej soli, odmerným valcom sa pridá 10 cm^3 deionizovanej vody, 10 cm^3 1 mol dm^{-3} H_2SO_4 a 6 cm^3 zriedenej H_3PO_4 (1:1). Roztok v banke sa premieša a titruje roztokom KMnO_4 do prvého ružového sfarbenia. Farebná zmena nastane jednou kvapkou pozorovateľnou voči bielemu pozadiu (papier). Z priemernej hodnoty spotreby roztoku KMnO_4 sa vypočíta presná látková koncentrácia odmerného roztoku KMnO_4 .

Úloha 1 (1 b)

Vysvetlite na akom princípe sú založené oxidačno-redukčné metódy odmernej analýzy.

Úloha 2 (2 b)

Ako možno rozdeliť stanovenia odmernej analýzy podľa jednotlivých oxidačno-redukčných metód.

Úloha 3 (1 b)

Vymenujte základné látky, ktoré možno použiť v manganometrii na štandardizáciu KMnO_4 .

Úloha 4 (2 b)

Vysvetlite pojem polreakcia a oxidačno-redukčný pár.

Úloha 5 (3 b)

Napíšte polreakcie priebehu štandardizácie manganistanu Mohrovou soľou a vyjadrite ich pomocou Nernstovej rovnice.

Úloha 6 (3 b)

Vypočítajte molovú a hmotnostnú koncentrácie vápnika v 10 cm^3 ľudského séra. Vápnik sa zo vzorky vyzrážal ako CaC_2O_4 , po izolácii sa rozpustil v HCl a za horúca titroval roztokom KMnO_4 . Spotreba manganistanu s $c = 1,950 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ bola $5,15 \text{ cm}^3$.

Pomôcky

Byreta 25 cm^3 , pipeta 20 cm^3 , 3 titračné banky 250 cm^3 , odmerná banka 100 cm^3 a 250 cm^3 , 2 kadičky 50 cm^3 , kadička $75 - 100 \text{ cm}^3$, kadička 250 cm^3 , odmerný valec $5 - 10$ a 25 cm^3 , strička, sklenená tyčinka, byretový lievik, laboratórny stojan, svorky, lapák.

Chemikálie a roztoky

$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, [H315, H319, H335],

KMnO_4 ($c = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$) [H272, H302, H314, H361d, H373, H410],

$(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [H314, H318],

H_2SO_4 ($c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$) [H290, H314, H318],

H_3PO_4 [H290, H314, H318],

deionizovaná voda.

Autori: RNDr. Martin Vavra, PhD., Mgr. Peter Šramel PhD., Ing. Pavel Májek, PhD., (vedúci autorského kolektívu).

Recenzenti: Ing. Simona Herdová, doc. RNDr. Martin Putala, PhD., Ing. Agneša Szarka, PhD.

Vydal: IUVENTA, Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2021.