

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

56. ročník, školský rok 2019/2020

Kategória B

Domáce kolo

TEORETICKÉ A PRAKTICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 56. ročník – školský rok 2019/2020

Domáce kolo

Martin Vavra

Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

Maximálny počet bodov: 30

Doba riešenia: 60 minút

Úvod

Úlohy kategórie B Chemickej olympiády budú venované chémii prvkov 17. skupiny periodickej sústavy. Jednou z dôležitých zlúčenín s obsahom halogénu je chlorid sodný, ktorý má veľké využitie, napr. i v potravinárskom priemysle.

Tuhý chlorid sodný kryštalizuje v kubickej kryštalografickej sústave. Chloridové anióny aj sodné kationy vytvárajú samostatné kubicky plošne centrované základné bunky, vzájomne preskupené o polovicu dĺžky základnej bunky. Výsledkom tohto preskupenia je, že vo všetkých oktaedrických dutinách aniónovej submriežky (Cl^-) sa nachádzajú sodné kationy a platí to aj opačne, t. j. v oktaedrických dutinách kationovej submriežky (Na^+) sa nachádzajú chloridové anióny.

Úlohy v jednotlivých kolách budú zamerané na nasledujúce okruhy:

1. Minerály s obsahom halogénov a štruktúra halogenidov.
2. Významné zlúčeniny prvkov 17. skupiny, ich výroba a využitie.
3. Bezokyslíkaté a kyslíkaté kyseliny halogénov, výpočet pH.
4. Výpočty z chemických rovníc, látkové množstvo, koncentrácia látkového množstva, osmotický tlak.
5. Hmotnostný zlomok, štruktúrne vzorce.
6. Tepelné javy pri fyzikálnych a chemických dejoch.

Odporúčaná literatúra

1. Gažo, J. a kol.: *Všeobecná a anorganická chémia*, Alfa, Bratislava, 1981.
2. Kohout, J. – Melník, M.: *Anorganická chémia 1*, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 1997.
3. Vavra, M. a kol.: *Základy výpočtov v chémii*, Rokos Prešov, 2017.
4. Shriver & Atkins: *Inorganic Chemistry, Fourth edition*, Oxford university press, Oxford, 2006.

Úloha 1 (13 b)

- Uvedte mineralogický názov chloridu sodného (1 b).
- Dĺžka hrany základnej bunky NaCl je 0,564 nm. Aká je vzdialenosť Cl^- a Na^+ iónov v tejto základnej bunke? Určte počet chloridových aniónov aj sodných katiónov, ktoré pripadajú práve na jednu základnú bunku (3 b).
- Chlór vytvára štyri kyslíkaté kyseliny. Nakreslite ich elektrónové štruktúrne vzorce a systematicky pomenujte (4 b).
- Zriedený vodný roztok NaCl (0,900%) sa v medicíne používa ako fyziologický roztok ($M(\text{NaCl}) = 58,443 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$). Pre jednoduchosť uvažujte jeho hustotu $1,000 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Vypočítajte osmotický tlak fyziologického roztoku pri teplote $21,0^\circ\text{C}$ (5 b).

Úloha 2 (6 b)

- Elektrolýza nasýteného vodného roztoku NaCl je priemyselne významný proces. Akým názvom sa bežne označuje nasýtený vodný roztok NaCl (0,5 b)?
- Napíšte, aké zlúčeniny tri dôležité produkty môžeme týmto spôsobom pripraviť. Jednoduchými chemickými reakciami zapíšte priebeh elektrolýzy nasýteného vodného roztoku NaCl (3,5 b).
- Posypávaním ľadu tuhým chloridom sodným sa v laboratóriu krátkodobo pripravujú nízke teploty (okolo -20°C) potrebné pre syntézy mimo mraziacich boxov. Vysvetlite, čo je príčinou znižovania teploty tejto zmesi (2 b).

Úloha 3 (11 b)

- Reakciou vodných roztokov chloridu vápenatého ($M(\text{CaCl}_2) = 110,99 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) a dusičnanu strieborného ($M(\text{AgNO}_3) = 169,873 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) dochádza k zrážaniu nerozpustného AgCl ($M(\text{AgCl}) = 143,321 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$). Vypočítajte hmotnosť AgCl, ktorý pripravíme reakciou 50,0 g 2,50% roztoku chloridu vápenatého a 90,0 g 1,00% roztoku dusičnanu strieborného (5 b).
- Vypočítajte objem roztoku HCl s $c(\text{HCl}) = 0,150 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$, ktorý je potrebný na neutralizáciu 100 cm^3 vodného roztoku NaOH. Tento roztok NaOH sa pripravil v 500 cm^3 odmernej banke rozpustením 1,75 g tuhého hydroxidu sodného ($M(\text{NaOH}) = 39,9971 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$). Vypočítajte pH oboch vstupných roztokov HCl aj NaOH a takisto uveďte očakávané pH roztoku, ktorý ostane po ukončení neutralizácie (6 b).

ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 56. ročník – školský rok 2019/2020

Domáce kolo

Dušan Bortňák

Oddelenie organickej chémie, Ústav organickej chémie, katalýzy a petrochémie FCHPT STU

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: neobmedzená

Súťažné úlohy v tomto školskom roku budú zamerané na reaktivitu alkénov (elektrofilné adície a ozonolýzu), ich štruktúru a izomériu. Pre úspešné riešenie úloh sa vyžaduje znalosť názvoslovía organických zlúčenín: uhľovodíkov, halogénderivátov a karbonylových zlúčenín.

Literatúra

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

Alifatické halogénderiváty možno pripraviť adíciou halogénvodíkov na nenasýtenú násobnú väzbu. Týmto reakciám sa venoval ruský chemik Vladimír Markovnikov, ktorý si všimol, že pri elektrofilnej adícii sa vodík z halogénvodíka viaže na menej substituovaný atóm a halogén na viac substituovaný atóm uhlíka. V roku 1865 Vladimír Markovnikov formuloval tento poznatok ako tzv. **Markovnikovo pravidlo**. Ak sa pri adícii bromovodíka (neplatí pre chlorovodík alebo jodovodík,) v reakčnej zmesi vyskytujú peroxidy, reakcia prebieha radikálovým mechanizmom a tak dochádza ku vzniku opačného regioizoméru, t.j. vodík sa naväzuje na viac substituovaný atóm uhlíka a bróm na menej substituovaný, čo nazývame ako tzv. **Kharaschovo pravidlo**.

Alkény reagujú s molekulovými halogénmi (X_2) za vzniku dihalogénderivátov s halogénmi naviazanými na susediacich atómoch uhlíka (vicinálne dihalogénderiváty).

Ketóny resp. aldehydy možno pripraviť z alkénov tzv. redukčnou ozonolýzou (schéma č. 1). Najskôr adíciou ozónu na alkénu vzniká 1,2,3-trizoxolán (molozonid),

ten sa prešmykuje na 1,2,4-trioxolán (izoozonid), z ktorého v prítomnosti redukčného činidla (trifenylfosfánu alebo dimetylsufidu) vzniká aldehyd a/alebo ketón.

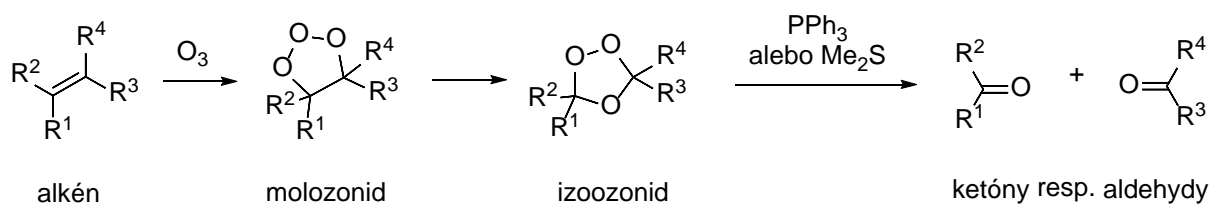


Schéma č. 1: Redukčná ozonolýza

Úloha 1 (18 bodov)

Doplňte nasledujúcu tabuľku:

Štruktúrny vzorec alkénu	Názov alkénu	Štruktúrny vzorec produktu elektrofilnej adície HBr	Štruktúrny vzorec produktu radikálovej adície HBr (v prít. H ₂ O ₂)	Štruktúrny vzorec produktu adície brómu	Štruktúrne vzorce produktov ozonolýzy

Úloha 2 (12 bodov)

- Napište štruktúrne vzorce všetkých zlúčeniny so sumárnym vzorcom C₇H₁₂, ktoré obsahujú šesťčlánkový kruh a násobnú väzbu.
- Napište štruktúrne vzorce produktov tých zlúčenín z podúlohy a), ktoré elektrofilnou adíciou HBr poskytujú iba jeden produkt.
- Napište štruktúrne vzorce produktov tých zlúčenín z podúlohy a), ktoré radikálovou adíciou HBr v prítomnosti peroxidu vodíka poskytujú iba jeden produkt.
- Napište štruktúrne vzorce produktov ozonolýzy všetkých zlúčenín z podúlohy a).

PRAKTICKÉ ÚLOHY Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 56. ročník – školský rok 2019/20

Domáce kolo

Pavel Májek

Ústav analytickej chémie FCHPT STU v Bratislave

Maximálne 40 bodov

Doba riešenia: neobmedzená

Štandardizácia odmerného roztoku NaOH

Úvod

Na úspešné riešenie praktickej časti kategórie B v päťdesiatom šiestom ročníku CHO je potrebné si naštudovať acidobázické rovnováhy a titrácie, osvojiť si vedomosti o vlastnostiach, disociácii a neutralizácii jedno- a viacsýtnych anorganických kyselín, venovať pozornosť alkali-metrickým titráciám a vizuálnej indikácii pri acidobázických titráciách.

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. J. Kmeťová, M. Skoršepa, M. Vydrová: *Chémia pre 3. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 7. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*, Vydavateľstvo Matice slovenskej s.r.o., 2011, ISBN 978-80-8115-042-5
3. http://cs.wikipedia.org/wiki/Disocia%C4%8Dn%C3%AD_konstanta
4. <http://ch301.cm.utexas.edu/help/ch302/ab/indicators.pdf>

Poznámka: *Informácie na webových stránkach, ktoré sú uvedené v literatúre, boli dostupné ku dňu 9. 9. 2019.*

Experimentálna úloha: (28 b)

Príprava 250 cm³ 0,20 mol dm⁻³ odmerného roztoku NaOH: na prípravu 0,2 mol dm⁻³ roztoku NaOH sa použije 30 %-ný zásobný roztok NaOH ($M = 39,99711 \text{ g mol}^{-1}$, $\rho = 1,3277 \text{ g cm}^{-3}$). Vypočítaný objem NaOH sa odmeria valcom alebo pomocou plastovej striekačky a preniesie sa do suchej odváženej 50 – 100 cm³ kadičky, ktorá sa potom opäť odváži – hmotnosť $m(\text{NaOH})$.

Odvážené množstvo NaOH sa opatrne a kvantitatívne spláchnie do 250 cm³ kadičky v ktorej je cca 150 cm³ deionizovanej vody. Roztok sa po premiešaní tyčinkou a ochladení následne preniesie do 250 cm³ odmernej banky a doplní po značku deionizovanou vodou. Odmernú banku zazátkujeme, premiešame a roztok je pripravený na štandardizáciu.

Príprava 250 cm³ 0,08 mol dm⁻³ štandardného roztoku kyseliny etándiovej: Na prípravu štandardného roztoku kyseliny etándiovej – šťavelovej ($M(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126,0654 \text{ g mol}^{-1}$) sa na analytických váhach naváži presne vypočítané množstvo dihydrátu kyseliny etándiovej, rozpustí sa vo vode v 150 cm³ kadičke a kvantitatívne preniesie do 250 cm³ odmernej banky, doplní po značku deionizovanou vodou, zazátkuje a premieša.

Príprava byrety na titráciu: 25 cm³ byreta sa po premytí deionizovanou vodou a odmerným roztokom NaOH doplní odmerným roztokom po značku, čím je pripravená na odmerné stanovenie.

Pozn.: Na prípravu odmerného roztoku NaOH sa obvykle používa prevarená a ochladená deionizovaná, príp. destilovaná voda.

Štandardizácia odmerného roztoku NaOH

Do každej z troch titračných baniek sa odpipetuje 25 cm³ 0,08 mol dm⁻³ štandardného roztoku kyseliny etándiovej, pridá 10 cm³ deionizovanej H₂O odmerným valcom a 1 – 2 kvapky indikátora metylovej oranže.

- a) Roztok v prvej titračnej banke titrujeme roztokom NaOH za stáleho miešania do zmeny farby indikátora červená (svetlo ružová) – žltá, potom sa pridá 10 cm³ 0,4 mol dm⁻³ roztoku CaCl₂ odmerným valcom. Po pridaní CaCl₂ by mal titrovaný roztok získať svoje pôvodné svetloružové zafarbenie a jemne sa zakaliť – ak sa tak nestane, tak je pretitrovaný. Roztok dotitrujeme za intenzívneho miešania až do úplného vymiznutia ružovej farby (bod ekvivalencie) – spotreba NaOH: V_a . Roztok v koncovom bode titrácie môže mať jemný nádych žltej farby.
- b) V druhej a tretej titračnej banke sa roztok CaCl₂ **pridáva 0,5 cm³ pred bodom ekvivalencie**, t.j. $V_a - 0,5 \text{ cm}^3$ a po premiešaní sa dotitruje roztokom NaOH. Z priemernej spotreby získanej v kroku b) \bar{V}_b sa vypočíta látková a hmotnostná koncentrácia odmerného roztoku NaOH ako aj hmotnostný zlomok zásobného roztoku NaOH použitého pri príprave odmerného roztoku.

Úloha 1 (2 b)

Vysvetlite pojmy: titračná krivka acidobázických titrácií, bod ekvivalencie, koncový bod titrácie a acidobázický vizuálny indikátor.

Úloha 2 (2 b)

Čo je funkčná oblasť vizuálneho indikátora. Ako možno vybrať správny acidobázický indikátor.

Úloha 3 (2 b)

Vysvetlite, prečo je vždy potrebné pripravený roztok NaOH štandardizovať.

Úloha 4 (2 b)

Vysvetlite, prečo sa pri štandardizácii NaOH vyššie uvedeným postupom pred bodom ekvivalencie pridáva roztok CaCl_2 , a prečo musí byť „neutrálny na použitý indikátor.“

Úloha 5 (4 b)

V laboratóriu tuhých látok sa pri anodickej oxidácii (eloxácia) hliníka použila experimentálna zmes kyseliny trihydrogén fosforečnej a kyseliny selénovej. Na analýzu tejto zmesi sa navážilo 10,52 g vzorky a pripravilo sa zriedením 100 cm^3 zásobného roztoku. Vypočítajte obsah H_3PO_4 (FA) ($M = 97,9952 \text{ g mol}^{-1}$) a H_2SeO_4 (SA) ($M = 144,9735 \text{ g mol}^{-1}$) v percentách ako i látkovú koncentráciu kyselín v zásobnom roztoku, ak sa pri titrácii $20,00 \text{ cm}^3$ tohto roztoku na indikátor metylová oranžová (mo) spotrebovalo $10,25 \text{ cm}^3$ a pri titrácii alikvotného množstva na fenolftaleín (ff) bola spotreba $14,75 \text{ cm}^3$ $0,2015 \text{ mol dm}^{-3}$ NaOH (L).

Pomôcky

Byreta 25 cm^3 , pipeta 25 cm^3 , 2 ks odmerná banka 250 cm^3 , 3 ks titračná banka 250 cm^3 , kadičky: $50 - 100 \text{ cm}^3$, 250 cm^3 , odmerný valec 10 cm^3 , strička, sklenená tyčinka, byretový lievik, laboratórny stojan, svorky, lapák, $5 - 10 \text{ cm}^3$ plastová injekčná striekačka, ochranné rukavice a okuliare.

Chemikálie a roztoky

30 %-ný zásobný roztok NaOH, [H290, H314, H315, H319, S26, S37/39, S45],

kyselina etándiová, dihydrát, $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, [H302, H312, S(2), S24/25],

CaCl_2 , roztok, $c = 0,4 \text{ mol dm}^{-3}$, [H319],

indikátor: metylová oranžová,

deionizovaná voda.

Autori: Ing. Dušan Bortňák, RNDr. Martin Vavra, PhD., Ing. Pavel Májek, PhD., (vedúci autorského autorského kolektívu).

Recenzenti: Ing. Simona Matejová, doc. RNDr. Martin Putala, PhD., doc. Ing. Jana Sádecká, PhD.

Vydal: IUVENTA, Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2019.