

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

61. ročník, školský rok 2024/2025

Kategória B

Krajské kolo

SÚŤAŽNÉ ÚLOHY

ÚLOHY ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 61. ročník – školský rok 2024/2025

Krajské kolo

Martin Vavra

Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: 60 minút

Úloha 1 (15 b)

- a) Naviazať molekulový dusík do zlúčenín je pre človeka v priemysle energeticky náročný proces. Naopak, v prírode prebieha fixácia dusíka aj za normálnych podmienok. Prírodná fixácia dusíka vedie k vzniku amónneho katiónu, ktorý sa v ďalších krokoch zoxидуje až na dusičnanový anión. Ten predstavuje prírodné hnojivo potrebné pre všetky rastliny. Jednoduchou chemickou reakciou v iónovom tvare zapíšte opísaný proces fixácie dusíka na amónny katión a uveďte, pri koreňovom systéme akých rastlín tento proces prebieha. Ako sa nazýva enzým, ktorý katalyzuje spomínanú prírodnú fixáciu dusíka?
- b) Plynné oxidy dusíka patria medzi rozšírené plynné polutanty. Vysvetlite, čo znamená pojem „polutant“. Patria sem najmä oxid dusnatý a oxid dusičitý. Ich spoločný vzorec NO_x je bežne používaný aj v meteorológii. V čom spočíva nebezpečenstvo týchto polutantov? Aby došlo k minimálnym únikom NO_x -ov do atmosféry, musí uvoľnený plyn z chemickej výroby prejsť detoxikáciou oxidov dusíka pomocou metánu a prísnu záverečnou kontrolou. Zapíšte chemickú reakciu tejto detoxikácie (uvažujte reakciu oxidu dusičitého s metánom) a určte jej stechiometrické koeficienty.
- c) Azid sodný je súčasťou airbagov, pretože jeho termickým rozkladom sa v zlomku sekundy uvoľní veľké množstvo plynného dusíka. Termickým rozkladom azidu sodného vzniká okrem dusíka aj sodík, ktorý je zneškodnený pomocou dusičnanu sodného. Touto detoxikáciou získame ďalší diel plynného dusíka a oxid sodný. Na záver, žieravý oxid sodný je neutralizovaný pomocou oxidu kremičitého (uvažujte vznik kremičitanu sodného). Zapíšte všetky tri chemické reakcie a určte ich stechiometrické koeficienty. Vypočítajte objem dusíka (uvažujte normálne podmienky), ktorý sa uvoľní pri termickom rozklade 250,0 g azidu sodného.
- $A_r(\text{Na}) = 22,99$; $A_r(\text{N}) = 14,007$; $A_r(\text{O}) = 15,999$.
- d) Hodnotu pH vodného roztoku ovplyvňujú aj ióny solí podliehajúce hydrolyze. Medzi takéto zlúčeniny patria aj amónne soli. Vypočítajte pH vodného roztoku chloridu amónneho s koncentráciou $0,150 \text{ mol dm}^{-3}$ $K_B(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

- e) Kyselina dusičná je hlavnou súčasťou tzv. nitračnej zmesi (zmes kyseliny dusičnej a kyseliny sírovej), ktorá sa používa na nitráciu rôznych organických zlúčenín. Je zdrojom nitrylového kationu NO_2^+ (v organickej chémii známeho ako nitroniový kation). Kyselina sírová zohráva dôležitú úlohu katalyzátora pri nitračných reakciách. Nitračná zmes nesmie obsahovať takmer žiadnu vodu. Znázornite elektrónový štruktúrny vzorec kyseliny dusičnej a vysvetlite, v čom spočíva katalytický účinok kyseliny sírovej. Vysvetlite, prečo v nitračnej zmesi nesmie byť prítomná takmer žiadna voda.

Úloha 2 (8,5 b)

- a) Liadok vápenatý sa pripravuje priamou reakciou vápenca s kyselinou dusičnou. Prebytočná kyselina sa následne neutralizuje pomocou amoniaku. Kryštalizáciou takto zneutralizovaného roztoku liadku vápenatého získame dusíkaté hnojivo s obsahom dusičnanu amónneho, ktorého priemerný vzorec je napr. $10\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$. Vypočítajte hmotnostný zlomok celkového dusíka, amoniakálneho dusíka a dusíka pochádzajúceho z dusičnanového aniónu.

$A_r(\text{Ca}) = 40,078$; $A_r(\text{N}) = 14,007$; $A_r(\text{O}) = 15,999$; $A_r(\text{H}) = 1,0079$.

- b) Zapíšte chemickú rovnicu termického rozkladu dichrómanu amónneho ak viete, že chróm sa redukuje na jeho najbežnejšie oxidačné číslo a dusík sa oxiduje na plynný dusík N_2 . Určte stechiometrické koeficienty tejto rovnice a uveďte aj skupenské stavy všetkých zložiek chemickej reakcie. Vypočítajte hmotnosť tuhého produktu, ktorý vznikne úplným rozkladom 10,00 g dichrómanu amónneho.

$A_r(\text{N}) = 14,007$; $A_r(\text{H}) = 1,0079$; $A_r(\text{Cr}) = 51,996$; $A_r(\text{O}) = 15,999$.

Vypočítajte celkový objem uvoľneného plynu, ak sa tento rozklad uskutočnil pri teplote 180°C a tlaku 100 kPa.

Úloha 3 (6,5 b)

- a) Medzi menej typické koordinačné polyédre patria tzv. prizmy a antiprizmy. Napíšte koordinačné číslo centrálného atómu pre nasledujúce koordinačné polyédre: trigonálna prizma; tetragonálna prizma; trigonálna antiprizma; trigonálna prizma s pyramínálnou strieškou; tetragonálna antiprizma.

Ktorý z týchto útvarov sa podobá klasickej hracej kocke?

- b) Pomenujte, respektíve napíšte vzorec nasledujúcich komplexných zlúčenín a určte koordinačné číslo centrálnych atómov:

$[\text{Cu}(\text{pn})_3][\text{Pt}(\text{CN})_4]$ ($\text{pn} = 1,2$ -diaminopropán)

Chlorid diakva-bis(diaminocyklohexán)nikelnatý (diaminocyklohexán = *dach*)

ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 61. ročník – školský rok 2024/2025

Krajské kolo

Mgr. Peter Šramel, PhD.¹, Ing. Juraj Malinčík, PhD.²

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

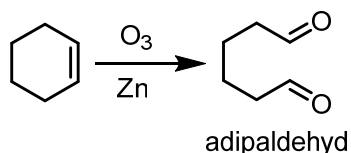
²Van't Hoff Institute for Molecular Sciences, University of Amsterdam

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: 60 minút

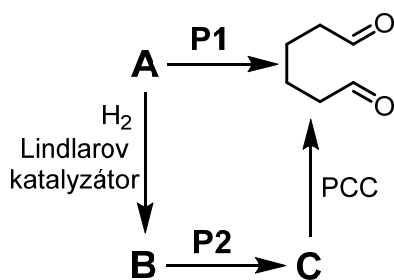
Úloha 1 (9 b)

Ozonolýza je dôležitá reakcia alkénov, ktorá sa používa vo výskume aj v priemysle. Príkladom ozonolýzy môže byť reakcia cyklohexénu s ozónom za prítomnosti zinku pri ktorej vzniká adipaldehyd. Pri tejto reakcii sa štiepi dvojité väzba na aldehydy alebo ketóny.



a) Napíšte systémový názov adipaldehydu.

Bohužiaľ, v nemenovanom laboratóriu nemajú k dispozícii ozonolýzer, ale o chemikálie na reakcie, s ktorými ste sa stretli v predchádzajúcich kolách súťaže, nie je núdza. Vašou úlohou je navrhnúť štruktúru látky **A**, z ktorej by sa dal adipaldehyd pripraviť dvomi alternatívnymi cestami. Prvou možnosťou je priamo transformovať látku **A** na adipaldehyd za reakčných podmienok **P1**.



Druhou možnosťou je najprv z látky **A** pomocou hydrogenácie v prítomnosti Lindlarovho katalyzátora ($\text{PdCl}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) pripraviť alkén **B**. Ten následne za reakčných podmienok **P2** podlieha adícii vody za vzniku alkoholu **C**, ktorý je možné oxidovať pomocou činidla pyridínium-chlorochromát (PCC) na adipaldehyd.

b) Navrhnete štruktúru látky **A**, alkénu **B** a alkoholu **C** a pomenujte ich systémovými názvami.

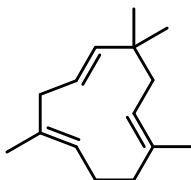
c) Navrhnete príslušné reakčné podmienky **P1** a **P2**.

ak viete, že:

- Lindlarov katalyzátor pri hydrogenácii redukuje alkíny na alkény, ale nie na alkány.
- PCC oxiduje alkoholy na aldehydy, ale nie na karboxylové kyseliny.

Úloha 2 (6 b)

Humulén je prírodný alkén obsahujúci neobvyklý 11-členný cykloundekánový kruh, ktorý môžeme nájsť v chmele, a je jednou zo zložiek typickej chmelovej vône piva. Patrí medzi seskviterpény, čiže formálne pozostáva z troch jednotiek izoprénu (2-metylbuta-1,4-dién). Humulén pri reakcii s nadbytkom bromovodíka poskytuje dva produkty v približnom pomere 1:1.



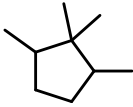
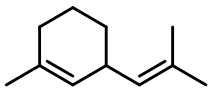
humulén

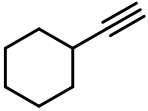
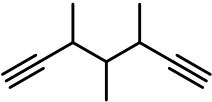
- V štruktúre humulénu zakrúžkovaním vyznačte tri izoprénové jednotky.
- Napíšte systémový názov humulénu.
- Napíšte štruktúrne vzorce dvoch produktov reakcie humulénu s bromovodíkom.

Úloha 3 (15 b)

Doplňte nasledujúcu tabuľku:

- uvedte názov, resp. štruktúrny vzorec jednotlivých východiskových alkénov a alkínov
- nakreslite štruktúrne vzorce dominantných produktov reakcií prebiehajúcich za daných reakčných podmienok
- napište názvy dominantných produktov reakcií prebiehajúcich za daných reakčných podmienok
- doplňte chýbajúce reakčné podmienky pre danú transformáciu

Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu/produktov
3,4,4,5-tetrametyl-cyklopentén			
		HBr (nadbytok), tma	
propín			propinid sodný

		$\text{HgSO}_4, \text{H}_2\text{SO}_4,$ H_2O	
		Br_2 (nadbytok)	

PRAKTICKÉ ÚLOHY Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 61. ročník – školský rok 2024/2025

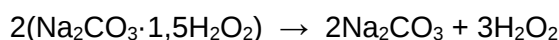
Krajské kolo

Pavel Májek

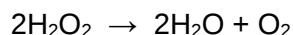
Maximálne 40 bodov

Doba riešenia: 160 minút

Peroxouhličtan sodný (*perkarbonát sodný*, SPC, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$, $M = 157,01042 \text{ g mol}^{-1}$) je biela až bezfarebná hygroskopická kryštalická látka. SPC je rozpustný vo vode, pričom sa uvoľňuje peroxid vodíka:



Perkarbonát sodný je súčasťou mnohých práškových čistiacich prípravkov a ekologických bielidiel na báze aktívneho kyslíka:



Predpona "per" z peroxoboritanov a peroxouhličtanov dala názov niekoľkým saponátovým čistiacim prípravkom, napríklad výrobkom typu Persil.

Molový objem ideálneho plynu ($T_0 = 273,15 \text{ K}$, $p_0 = 101,325 \text{ kPa}$) $V_0 = 22,413996 \text{ dm}^3$.

Experimentálna úloha (28 bodov)

Stanovenie chemického zloženia peroxouhličtanu sodného (SPC)

Pracovný postup:

- Príprava 250 cm³ zásobného roztoku SPC: Presne navážené množstvo vzorky SPC (cca 1,0 g) rozpustíme za studena v kadičke a kvantitatívne preniesieme do 250 cm³ odmernej banky. Po doplnení po značku deionizovanou vodou je vzorka pripravená na analýzu.
- Príprava 100 cm³ 0,0167 mol dm⁻³ štandardného roztoku KIO₃: Predvážené množstvo KIO₃ rozpustíme v kadičke a kvantitatívne preniesieme do 100 cm³ odmernej banky. Po doplnení po značku deionizovanou vodou a premiešaní, vypočítame presnú koncentráciu štandardného roztoku.
- Odmerný roztok Na₂S₂O₃: Na jodometrické stanovenie peroxidu vodíka (HPO) sa do kadičky odmerným valcom odoberie asi 150 cm³ zásobného roztoku Na₂S₂O₃ s koncentráciou cca 0,10 mol dm⁻³.
- Štandardizácia odmerného roztoku Na₂S₂O₃: Do prvej titračnej banky pridáme odmerným valcom 20 cm³ deionizovanej H₂O, 10 cm³ 10 %-ného roztoku KI, 5 cm³ zriedenej H₂SO₄ (1:7). Za stáleho miešania pridáme 10 cm³ 10 %-ného roztoku NaHCO₃ a začne sa vyvíjať CO₂. Po zreagovaní NaHCO₃ odpipetujeme do titračnej banky 20 cm³ 0,0167 mol dm⁻³ štandardného roztoku KIO₃. Roztok zriedime s 20 cm³ deionizovanej H₂O a obsah v banke titrujeme roztokom Na₂S₂O₃ do slabožltého sfarbenia. Potom sa pridá odmerným valcom 1 cm³ indikátora škrobového mazu a roztok za intenzívneho miešania dotitrujeme do vymiznutia modrého sfarbenia za

vzniku bezfarebného roztoku. *Po ukončení prvej štandardizácie pokračujeme druhou, prípadne treťou titráciou podľa potreby.*

Z priemernej alebo reprezentatívnej hodnoty spotreby roztoku tiosíranu sodného vypočítame presnú látkovú koncentráciu odmerného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

- (e) **Stanovenie peroxidu vodíka:** Do dvoch alebo troch titračných, prípadne jódových baniek (podľa potreby) odpipetujeme 25 cm^3 roztoku vzorky, pridáme valcom 20 cm^3 zriedenej H_2SO_4 (1:7) a 5 cm^3 10 %-ného roztoku KI. Roztok v banke zamiešame, prikryjeme hodinovým sklíčkom alebo zátkou. Roztok nechajte 10 minút postáť na tmavom mieste. Po opláchnutí hodinového sklíčka (zátky) deionizovanou vodou, roztok titrujeme s $0,1\text{ mol dm}^{-3}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ do slabožltého sfarbenia. Potom pridáme odmerným valcom 1 cm^3 škrobového mazu a zmes titrujeme za intenzívneho miešania do vymiznutia modrého sfarbenia za vzniku bezfarebného roztoku. Ak roztok v titračnej banke zmodrie je potrebné ho dotitrovať – spotreba V_1 . Prvé stanovenie považujte za orientačné. V druhej, prípadne tretej titracii pridávajte škrobový maz 1 cm^3 pred koncovým bodom titrácie ($V_1 - 1,0\text{ cm}^3$).

Na výpočet hmotnostného zlomku SPC vo vzorke použite priemernú hodnotu spotreby roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Vypočítajte koľko percent H_2O_2 obsahuje vzorka a množstvo aktívneho kyslíka, ktoré sa uvoľní zo 100 g pracieho prášku SPC.

Úloha 1 (3 b)

Napíšte reakcie štandardizácie $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a polreakcie oxidačno-redukčnej reakcií pri štandardizácii $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Úloha 2 (2 b)

Vysvetlite prečo vylúčený jód ako nepolárna látka je rozpustný v titrovanom (vodnom) roztoku?

Úloha 3 (3 b)

Vysvetlite princíp indikácie pomocou škrobového indikátora.

Úloha 4 (2 b)

Napíšte reakcie stanovenia peroxidu vodíka jodometricky.

Úloha 5 (1 b)

Vysvetlite, prečo je potrebné stanovenie zopakovať.

Úloha 6 (1 b)

Prečo pri výpočte použijeme priemernú hodnotu spotreby titračného činidla.

Pomôcky

byreta 25 cm³, pipeta 20 cm³ a 25 cm³, 2 (3) titračné (jódové, príp. Erlenmeyerove) banky 250 cm³, odmerné banky 250 cm³ - 2 ks, 100 cm³ - 1 ks, kadičky 75 - 100 cm³, 250 cm³, odmerný valec 5 - 10 cm³ a 25 cm³, hodinové sklíčko (zátko na kónickú banku) - 2 ks, strička, sklenená tyčinka, byretový lievik, laboratórny stojan, svorky, lapák, filtračný papier.

Chemikálie a roztoky

vzorka: peroxouhličitan sodný (*perkarbonát sodný*); [H272, H302, H318],

KIO₃ p.a. [H272, H302, H315, H319, H335, S35],

Na₂S₂O₃, roztok ($c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$) [S24/25],

KI, roztok (10 %-ný) [H302, H315, H319, H372, S22, S26, S37/39],

H₂SO₄, roztok (1:7, $c = 2 \text{ mol dm}^{-3}$) [H314, H318, H 402],

NaHCO₃, roztok (10 %-ný),

indikátor: škrobový maz, roztok (0,5 %-ný),

deionizovaná voda.

Autori: RNDr. Martin Vavra, PhD., Mgr. Peter Šramel PhD., Ing. Juraj Malinčík, PhD., Ing. Pavel Májek, PhD.

Recenzenti: Ing. Simona Herdová, doc. RNDr. Martin Putala, PhD., Ing. Mária Kopáčová

Vydal: NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2024.