

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

61. ročník, školský rok 2024/2025

Kategória B

Domáce kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE

TEORETICKÝCH A PRAKTICKÝCH ÚLOH

RIEŠENIE ÚLOH ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

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

Domáce kolo

Martin Vavra

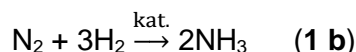
Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: neobmedzená

Riešenie úlohy 1 (16 b)

- a) Syntéza molekulového dusíka a vodíka za vzniku amoniaku sa priemyselne označuje ako Haber–Boschov proces (**0,5 b**):


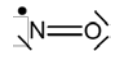
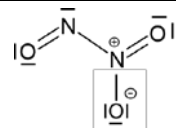
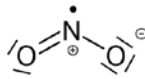
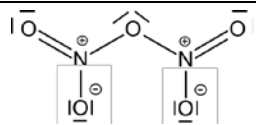


Ak nie sú správne určené stechiometrické koeficienty reakcie, udeľujeme za rovnicu iba 0,5 b.

Nevyhnutnou podmienkou priebehu uvedenej syntézy je prítomnosť katalyzátora (**0,5 b**), ktorý predstavujú platinovo-ródiové sitká s veľkým povrchom.

Nakoľko všetky zložky chemickej reakcie sú v plynnom skupenstve, posun rovnováhy v smere vzniku amoniaku zabezpečíme zvýšením tlaku (**0,5 b**) a najmä odoberaním vzniknutého amoniaku - znižovanie koncentrácie produktu (**0,5 b**).

- b) Dusík vytvára oxidy vo všetkých možných kladných oxidačných číslach:

oxid dusný	N_2O		(1 b)
oxid dusnatý	NO		(1 b)
oxid dusitý	N_2O_3		(1 b)
oxid dusičitý	NO_2		(1 b)
oxid dusičný	N_2O_5		(1 b)

Ak je usporiadanie atómov vo vzorci správne, ale chýbajú voľné elektrónové páry, respektíve atóm dusíka je päťväzbový, udeľujeme za vzorec iba 0,5 b.

Triviálny názov oxidu dusného, N_2O : rajský plyn (**0,5 b**).

c) KCN	kyanid draselný	(0,5 b)
NaN ₃	azid sodný	(0,5 b)
KSCN	tiokyanatan (rodanid) draselný	(0,5 b)
CaCN ₂	kyánamid vápenatý*	(1 b)

* za technický názov pre CaCN₂ „dusíkaté vápno“ udeľujeme iba 0,5 b.

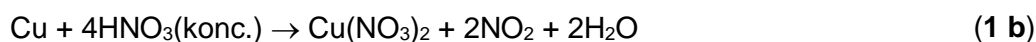
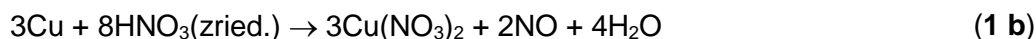
- d) Priemyselné využitie kyseliny dusičnej je veľmi rozšírené. Používa sa najmä na prípravu umelých dusíkatých hnojív (liadkov) a na výrobu výbušnín. Takisto jej prítomnosť je nevyhnutná v každom chemickom laboratóriu (1 b).

Kyselina dusičná je silná jednosýtna kyselina a pre ideálny roztok platí:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = c(\text{HNO}_3) = 0,150 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,150 = 0,82 \quad (1 \text{ b})$$

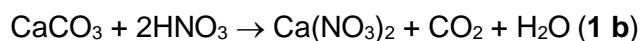
- e) Kyselina dusičná má silné oxidačné účinky a preto dokáže oxidovať nielen neušľachtilé, ale aj niektoré ušľachtilé kovy:



Ak nie sú správne určené stechiometrické koeficienty reakcie, udeľujeme za rovnicu iba 0,5 b.

Riešenie úlohy 2 (8 b)

- a) Liadok (dusičnan) vápenatý sa vyrába priamou reakciou uhličitanu vápenatého s kyselinou dusičnou:



Ak nie sú správne určené stechiometrické koeficienty reakcie, udeľujeme za rovnicu iba 0,5 b.

$$m(\text{vápenec}) = 21,48 \cdot 10^6 \text{ g}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = m(\text{vápenec}) \cdot w(\text{CaCO}_3) = 21,48 \cdot 10^6 \cdot 0,972 = 20,88 \cdot 10^6 \text{ g} \quad (1 \text{ b})$$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{20,88 \cdot 10^6 \text{ g}}{100,086 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 208,606 \text{ kmol}$$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 208,606 \text{ kmol}$$

$$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 208,606 \text{ kmol} \cdot 44,009 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 9,181 \text{ t} \quad (2 \text{ b})$$

Za správny výsledok dosiahnutý iným postupom udeľujeme takisto plný počet bodov.

b) Pojem „hygroskopický“ znamená, že daná látka pohlcuje vzdušnú vlhkosť (1 b).

$$n(\text{La}(\text{NO}_3)_3) = c(\text{La}(\text{NO}_3)_3) \cdot V = 0,1021 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,100 \text{ dm}^3 = 0,01021 \text{ mol}$$

$$m(\text{La}(\text{NO}_3)_3) = n(\text{La}(\text{NO}_3)_3) \cdot M(\text{La}(\text{NO}_3)_3) = 0,01021 \text{ mol} \cdot 324,922 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3,317 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 5,00 \text{ g} - 3,317 \text{ g} = 1,683 \text{ g}$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m_{\text{celk}}} = \frac{1,683 \text{ g}}{5,00 \text{ g}} = 0,3366 = 33,7\% \text{ (1,5 b)}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1,683 \text{ g}}{18,0148 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,0934 \text{ mol}$$

$$n(\text{La}(\text{NO}_3)_3) = 0,01021 \text{ mol}$$

Úpravou vypočítaných látkových množstiev dostaneme funkčný vzorec hydratovaného dusičnanu lantanitého: $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9,15\text{H}_2\text{O}$ (1,5 b).

Za správny výsledok dosiahnutý iným postupom udeľujeme takisto plný počet bodov.

Riešenie úlohy 3 (6 b)

a) Označenie „donorový atóm“ patrí atómu, ktorý na vznik väzby poskytuje oba potrebné elektróny (1 b). Musí obsahovať voľný elektrónový pár. V koordinačnej chémii je donorový atóm súčasťou ligandov.

Amoniak ako ligand má názov ammin (0,5 b).

ligand	denticita liganda
etyléndiamín (<i>en</i>)	2 (0,5 b)
1,4,8,11–tetraazacyklotetradekán (<i>cyclam</i>)	4 (0,5 b)
1,6–diaminocyklohexán (<i>dach</i>)	2 (0,5 b)

b)

vzorec	názov	koordinačné číslo
$[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$	diammin–dichloridoplatnatý komplex (1 b)	4 (0,5 b)
$[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{SO}_4$ (1 b)	síran tris(etyléndiamín)nikelnatý	6 (0,5 b)

Uznávame aj názov s použitím označenia záporného liganda „chloro–“.

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

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

Domáce kolo

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

¹Katedra organickej chémie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave

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



Maximálne 30 bodov

Úloha 1 (12 b)

0,50 b za každú správne uvedenú štruktúru karbkatiónu / medziproduktu; **0,50 b** za správne uvedenú štruktúru produktu; **0,25 b** za správne uvedený názov produktu

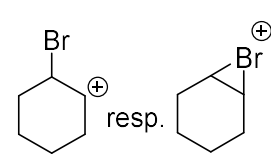
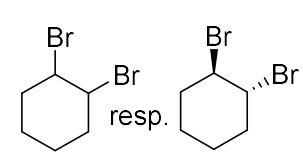
a) adícia HCl (1,25 b)



Štruktúra karbkatiónu A ⁺	Štruktúra produktu B	Názov produktu B
		chlóretán

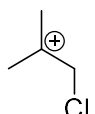
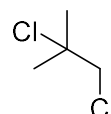
b) adícia Br₂ (1,25 b)



Štruktúra karbkatiónu C ⁺	Štruktúra produktu D	Názov produktu D
 resp.	 resp.	1,2-dibrómcyklohexán

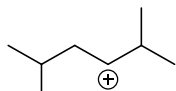
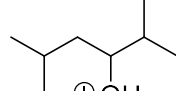
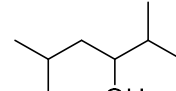
c) adícia Cl₂ (1,25 b)



Štruktúra karbkatiónu E[⊕]	Štruktúra produktu F	Názov produktu F
		1,2-dichlór-2-metylpropán

d) adícia H₂O (1,75 b)

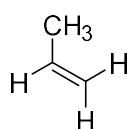


Štruktúra karbkatiónu G[⊕]	Štruktúra medzi produktu H[⊕]	Štruktúra produktu I	Názov produktu I
			2,5-dimetylhexán-3-ol

0,50 b za každý správne uvedený štruktúrny vzorec alkénu; **0,50 b** za každú správne určenú konfiguráciu; **0,25 b** za správne uvedený názov alkénu

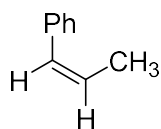
Pozn.: alternatívne môže byť konfigurácia uvedená stereodeskriptormi (*E*)/(*Z*)

e) (0,75 b)

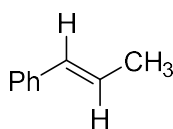


prop-1-én

f) (2,50 b)

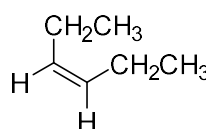


cis-prop-1-én-1-yl-benzén

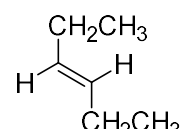


trans-prop-1-én-1-yl-benzén

g) (2,50 b)

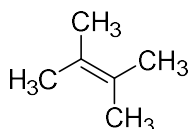


cis-hex-3-én



trans-hex-3-én

h) (0,75 b)

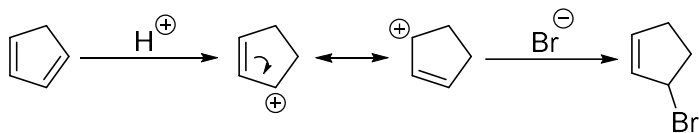


2,3-dimetylbut-2-én

Úloha 2 (9,25 b)

a) (1,75 b)

0,25 b za správne zapísanú reakčnú schému; **0,50 b** za správne uvedenú štruktúru najstabilnejšieho karbkatiónu; **0,25 b** za správne uvedenú druhú mezomérnu štruktúru; **0,50 b** za správne uvedenú štruktúru dominantného produktu; **0,25 b** za jeho správne uvedený názov



b); c) (7,50 b)

0,50 b za každý(ú) správne uvedený(ú) názov / štruktúru východiskového alkénu; **0,50 b** za každú správne uvedenú štruktúru dominantného produktu; **0,25 b** za každý správne uvedený názov dominantného produktu (v prípade uvedenia štruktúry minoritného produktu (regioizoméru) možno udeliť **0,25 b**, v prípade jeho správneho pomenovania **0,25 b**)

Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu
2-metylbut-1-én		H_2SO_4, H_2O	 2-metylbután-2-ol
1-metylcyklopent-1-én		Br_2	 1,2-dibróm-1-metylcyklopentán
4,5-dimetylcyklohex-1-én		HCl	 4-chlór-1,2-dimetylcyklohexán
3-metylbut-1-én		HBr / benzoylperoxid	 1-bróm-3-metylbután
(but-1-én-1-yl)benzén		Cl_2	 (1,2-dichlórbutyl)benzén
4,4-dimetylpent-1-én		HBr	 4-bróm-2,2-dimetylpentán

Úloha 3 (8,75 b)

a); b)

0,50 b za každý(ú) správne uvedený(ú) názov / štruktúru východiskového alkínu; **0,50 b** za každú správne uvedenú štruktúru dominantného produktu; **0,25 b** za každý správne uvedený názov dominantného produktu (v prípade uvedenia štruktúry minoritného produktu (regioizoméru, resp. enol-formy) možno udeliť **0,25 b**, v prípade jeho správneho pomenovania **0,25 b**)

Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu
pent-2-ín		Br ₂ (1 ekvivalent)	 2,3-dibrómpent-2-én
pent-1-ín		H ₂ SO ₄ , H ₂ O, HgSO ₄	 pentán-2-ón
4-metylhex-1-ín		HBr (1 ekvivalent), benzoylperoxid	 1-bróm-4-metylhex-1-én
(prop-1-ín-1-yl)benzén		Br ₂ (nadbytok)	 (1,1,2,2-tetrabrómpropyl)benzén
3-etylpent-1-ín		1. BH ₃ 2. H ₂ O ₂ , NaOH	 3-etylpentanál
etinylcyklopentán		HBr (1 ekvivalent)	 (1-brómvinyl)cyklopentán resp. (1-brómetenyl)cyklopentán
acetylén		NaNH ₂ , NH ₃ , -33 °C	 acetylid sodný resp. etinid sodný

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

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

Domáce kolo

Pavel Májek

Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave

Maximálne 40 bodov

Experimentálna úloha (28 b)

Príprava 250 cm³ 0,0036 mol dm⁻³ štandardného roztoku KIO₃:

$$m(\text{KIO}_3) = c(\text{KIO}_3) \cdot V(\text{KIO}_3) \cdot M(\text{KIO}_3) = 0,0036 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,25 \text{ dm}^3 \cdot 214,0010 \text{ g mol}^{-1} = 0,1926 \text{ g KIO}_3$$

návažok: 0,1984 g KIO₃ sa rozpustil a doplnil na 250 cm³,

$$\text{koncentrácia štandardu: } c(\text{KIO}_3) = \frac{m(\text{KIO}_3)}{M(\text{KIO}_3) \cdot V_{\text{roztoku}}}$$

$$c(\text{KIO}_3) = 0,1984 \text{ g} / (214,0010 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,25 \text{ dm}^3) = 3,7084 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

Príprava 100 cm³ 0,025 mol dm⁻³ odmerného roztoku Na₂S₂O₃:

0,1 mol dm⁻³ zásobný roztok Na₂S₂O₃:

$$\text{materiálová bilancia: } c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \quad V_1 = c_2 \cdot V_2 / c_1 = 0,025 \cdot 0,1 / 0,1 = 0,025 \text{ dm}^3 = 25 \text{ cm}^3$$

Na prípravu 100 cm³ 0,025 mol dm⁻³ roztoku Na₂S₂O₃ sa odpipetuje 25 cm³ zo zásobného roztoku.

Štandardizácia odmerného roztoku Na₂S₂O₃:



$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)/n(\text{KIO}_3) = 6/1$$

$$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 6 \cdot c(\text{KIO}_3) \cdot V(\text{KIO}_3) / V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$$

na štandardizáciu sa pipetovalo 20,0 cm³ štandardného roztoku KIO₃,

priemerná spotreba Na₂S₂O₃: 17,6 cm³

$$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 6 \cdot 3,7084 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 / 17,6 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,5285 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

bodovanie:

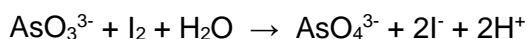
- 1 b:** výpočet návažku štandardu; váženie; príprava roztoku KIO₃; výpočet koncentrácie KIO₃, výpočet riedenia a príprava odmerného roztoku Na₂S₂O₃; spolu max. 5 b,
- 2 b:** každá titrácia; výpočet koncentrácie Na₂S₂O₃,
- max 15 b.** relatívna chyba stanovenia koncentrácie Na₂S₂O₃, výsledok štandardizácie – chyba v %:
($i; i+1 > = 15 - i$ bodov, $i = 0$; 14.

Riešenie úlohy 1 (4 b)

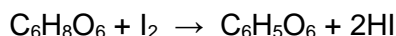
Jodometria je odmerná oxidačno-redukčná titračná metóda, kde využívame redoxné reakcie medzi elementárnym jódom (resp. trijodidovým aniónom I^{3-}) ako oxidovadlom a redukujúcou látkou (analytom) – *titrácia roztokom jódu* v neutrálnom (príp. slaboalkalickom) prostredí. Stanovenie oxidovadiel (analyt) je založené na oxidácii jodidu na jód a jeho následnej titrácii roztokom tiosíranu sodného – *titrácia roztoku jódu* v kyslom prostredí.

Titrácia roztokom jódu:

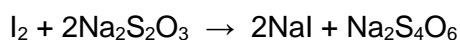
a) priama titrácia:



b) spätná titrácia:



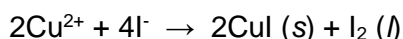
prebytok odmerného roztoku I_2



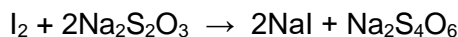
zistenie nespotrebovaného množstva I_2

Titrácia roztoku jódu:

c) nepriama titrácia



pri oxidácii I^- sa vylúči chemicky ekvivalentné množstvo I_2

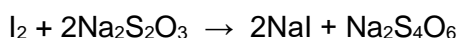
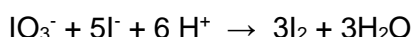
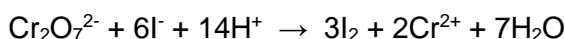
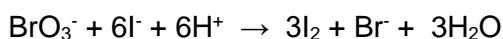


Riešenie úlohy 2 (2 b)

Základné látky, ktorými možno štandardizovať odmerný roztok $Na_2S_2O_3$: $KBrO_3$, $K_2Cr_2O_7$, KIO_3 a roztok jódu (resublimovaný jód v KI).

Riešenie úlohy 3 (3 b)

Štandardizácia odmerného roztoku $Na_2S_2O_3$ na rôzne základné látky napr.:



Riešenie úlohy 4 (3 b)

$$M(H_2O_2) = 34,01468 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\rho(H_2O_2) = 1,008 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\text{objem vzorky } H_2O_2 \text{ na analýzu: } V(H_2O_2) = 10 \text{ cm}^3$$

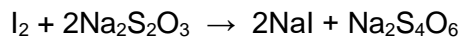
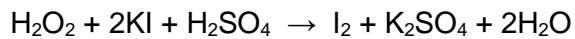
$$\text{hmotnosť vzorky } H_2O_2: m(H_2O_2) = 10 \text{ cm}^3 \cdot 1,008 \text{ g cm}^{-3} = 10,08 \text{ g}$$

$$\text{zásobný roztok: } V_{\text{vzorka}} = 100 \text{ cm}^3$$

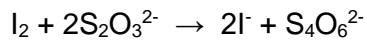
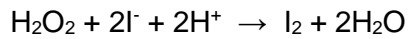
$$\text{aliquotná časť: } V_{\text{titrácia}} = 20 \text{ cm}^3$$

$$\text{spotreba } 0,1033 \text{ mol dm}^{-3} \text{ } Na_2S_2O_3: V(Na_2S_2O_3) = 34,45 \text{ cm}^3$$

reakcie stanovenia H₂O₂:



alebo



$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)/n(\text{H}_2\text{O}_2) = 2/1$$

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,1033 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 34,45 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3/2 = 1,7793 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = 1,7793 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 34,01468 \text{ g mol}^{-1} \cdot 100 \text{ cm}^{-3}/20 \text{ cm}^{-3} = 0,3026 \text{ g H}_2\text{O}_2$$

$$w(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,3026 \text{ g}/10,08 \text{ g} = 0,0300 = 3,00 \text{ \% -ný roztok}$$

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.