SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

61. ročník, školský rok 2024/2025

Kategória B

Krajské kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE

SÚŤAŽNÝCH ÚLOH

RIEŠENIE ÚLOH 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

Riešenie úlohy 1 (15 b)

a) Amónny katión vzniká fixáciou dusíka v pôde prijatím katiónov vodíka a elektrónov:

$$N_2 + 8H^+ + 6e^- \rightarrow 2NH_4^+ \qquad (\mathbf{1\ b})$$

Prírodná fixácia dusíka prebieha pri koreňovom systéme bôbovitých rastlín, napr. ďatelina, hrach... (**0,5 b**). Tento proces katalyzuje enzým nitrogenáza (**0,5 b**).

b) Pojmom polutant označujeme zlúčeniny, ktoré znečisťujú životné prostredie (**1 b**). Nebezpečenstvo NOx-ov v atmosfére spôsobuje kyslé dažde (**1 b**), ktoré nepriaznivo pôsobia na prírodu a poškodzujú aj kultúrne pamiatky na báze mramoru.
Oxid dusičitý môžeme v priemysle detoxikovať pomocou metánu:

$$2NO_2 + CH_4 \rightarrow N_2 + CO_2 + 2H_2O \qquad (\mathbf{1\ b})$$

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

c) Termický rozklad azidu sodného a neutralizácia žieravých vedľajších produktov:

$$2NaN_3 \rightarrow 2Na + 3N_2 \qquad (\mathbf{1\ b})$$

$$10Na + 2NaNO_3 \rightarrow 6Na_2O + N_2 \qquad (\mathbf{1\ b})$$

$$Na_2O + SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 \qquad (\mathbf{1\ b})$$

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

$n(NaN_3) = \frac{m(NaN_3)}{M(NaN_3)} = \frac{250{,}0\ \text{g}}{65{,}011\ \text{g·mol}^{-1}} = 3{,}8455$ mol

$n_1(N_2) = \frac{n(NaN_3)}{2} \cdot 3 = \frac{3{,}8455\ \text{mol}}{2} \cdot 3 = 5{,}768$ mol

$n(Na) = n(NaN_3) = 3{,}8455$ mol

$n_2(N_2) = \frac{n(Na)}{10} = \frac{3{,}8455\ \text{mol}}{10} = 0{,}38455$ mol

$n_{celk}(N_2) = 5{,}768\ \text{mol} + 0{,}38455\ \text{mol} = 6{,}1528\ \text{mol}$ (**1 b**)

$V(N_2) = 6{,}1528\ \text{mol} \cdot 22{,}41\ \text{dm}^3\text{·mol}^{-1} = 137{,}9\ \text{dm}^3$ (**1 b**)

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

d) Chlorid amónny je soľ slabej zásady a silnej kyseliny a jeho vodný roztok je kyslý.
NH_4Cl a NH_3 hydrolyzujú podľa rovnice:

$NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 + H_3O^+$ $\qquad$ $NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$

kde: $K_a = [H_3O^+]\cdot[NH_3]/[NH_4^+]$ $\qquad$ $K_b = [OH^-]\cdot[NH_4^+]/[NH_3]$

K_a je konštanta kyslosti amóniového katiónu a K_b je konštanta zásaditosti amoniaku, pričom platí, že $K_a \cdot K_b = [H_3O^+]\cdot[OH^-] = K_v = 10^{-14}$

$K_b(NH_3) = 1{,}8\cdot10^{-5}$ $\qquad$ $K_a(NH_4^+) = K_v/K_b(NH_3) = 10^{-14}/1{,}8\cdot10^{-5} = 5{,}56\cdot10^{-10}$

$[NH_4^+] = 0{,}150\ mol\cdot mol^{-3}$ $\qquad$ $[H_3O^+] = [NH_3]$

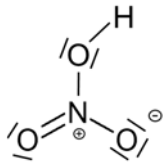
$K_a = [H_3O^+]^2/0{,}150$ $\qquad$ $[H_3O^+] = \sqrt{(5{,}56\cdot10^{-10}\cdot0{,}15)} = 9{,}128\cdot10^{-6}$

$pH = -\log(9{,}128\cdot10^{-6}) = 5{,}04$ (**2 b**)

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

e) Kyselina sírová je silnejšia kyselina ako kyselina dusičná. V nitračnej zmesi sa táto silnejšia kyselina sírová správa ako kyselina – je donor H^+. Naopak slabšia z nich, kyselina dusičná, tento katión vodíka prijíma, pretože tam nie je prítomná žiadna voda. Vzniká ionizovaná forma kyseliny dusičnej $H_2^+NO_3$, ktorá odštiepi molekulu vody a ostane z nej katión NO_2^+. Takže kyselina dusičná sa netypicky správa ako Brønstedova zásada. Ale iba v prítomnosti silnejšej kyseliny – v tom spočíva katalytický účinok kyseliny sírovej (**1 b**).

Ak by bola v nitračnej zmesi prítomná voda, zabránila by vzniku nitrylového katiónu, pretože by ochotne vystupovala ako donor H^+ z oboch kyselín (**1 b**).



(**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.

Riešenie úlohy 2 (8,5 b)

a) $M_r(10Ca(NO_3)_2\cdot NH_4NO_3) = 1720{,}9026$

$w(N)_{celkový} = \frac{22\cdot A_r(N)}{M_r(10Ca(NO_3)_2\cdot NH_4NO_3)} = \frac{22\cdot 14{,}007}{1720{,}9026} = 0{,}1791$ (**1 b**)

$w(N)_{amoniakálny} = \frac{1\cdot A_r(N)}{M_r(10Ca(NO_3)_2\cdot NH_4NO_3)} = \frac{1\cdot 14{,}007}{1720{,}9026} = 0{,}00814$ (**1 b**)

$w(N)_{dusičnanový} = \frac{21\cdot A_r(N)}{M_r(10Ca(NO_3)_2\cdot NH_4NO_3)} = \frac{21\cdot 14{,}007}{1720{,}9026} = 0{,}17093$ (**1 b**)

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

b) Termický rozklad dichrómanu amónneho vystihuje nasledujúca chemická reakcia:

$$(NH_4)_2Cr_2O_7(s) \xrightarrow{\Delta T} Cr_2O_3(s) + N_2(g) + 4H_2O(g) \qquad (\mathbf{1{,}5\ b})$$

*Za zápis chemickej reakcie udeľujeme **0,5 b**, za určenie stechiometrických koeficientov udeľujeme **0,5 b** a za správne určené skupenské stavy určujeme **0,5 b**.*

$n((NH_4)_2Cr_2O_7) = \frac{m((NH_4)_2Cr_2O_7)}{M((NH_4)_2Cr_2O_7)} = \frac{10{,}00\ \text{g}}{252{,}0622\ \text{g·mol}^{-1}} = 0{,}039673$ mol

$n(Cr_2O_3) = n((NH_4)_2Cr_2O_7) = 0{,}039673$ mol

$m(Cr_2O_3) = n(Cr_2O_3) \cdot M(Cr_2O_3) = 0{,}039673\ \text{mol} \cdot 151{,}989\ \text{g mol}^{-1} = 6{,}030$ g (**2 b**)

$n(N_2) = n((NH_4)_2Cr_2O_7) = 0{,}039673$ mol

$n(H_2O) = 4 \cdot n((NH_4)_2Cr_2O_7) = 4 \cdot 0{,}039673\ \text{mol} = 0{,}1587$ mol

n(plynov) = 0,039673 mol + 0,1587 mol = 0,198364 mol

$V(\text{plynov}) = \frac{n(\text{plynov}) \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0{,}198364\ \text{mol} \cdot 8{,}314\ \text{J·mol}^{-1}\text{·K}^{-1} \cdot (180+273{,}15)\ \text{K}}{100\ \text{kPa}}$

V(plynov) = 7,47 dm^3 (**2 b**)

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

Riešenie úlohy 3 (6,5 b)

a)

Polyéder	Koordinačné číslo	
Trigonálna prizma	6	(**0,5 b**)
Tetragonálna prizma	8	(**0,5 b**)
Trigonálna antiprizma	6	(**0,5 b**)
Trigonálna prizma s pyramidálnou strieškou	7	(**0,5 b**)
Tetragonálna antiprizma	8	(**0,5 b**)

Klasickej hracej kocke sa podobá tetragonálna prizma (**0,5 b**).

b)

Vzorec	Názov	Koord. číslo
$[Cu(pn)_3][Pt(CN)_4]$	Tetrakyanidoplatnatan tris(1,2–diaminopropán)meďnatý (**1 b**)	Cu: 6 (**0,5 b**) Pt: 4 (**0,5 b**)
$[Ni(dach)_2(H_2O)_2]Cl_2$ (**1 b**)	Chlorid diakva–bis(diaminocyklohexán)nikelnatý	6 (**0,5 b**)

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

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH 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]

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

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

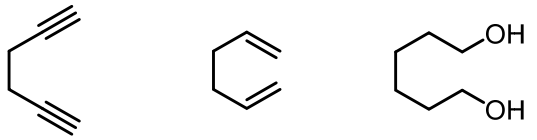
Maximálne 30 bodov
Doba riešenia: 60 minút

Úloha 1 (9 b)

a) **1 b** za správne uvedený názov; dokopy je možné získať **1 b**

hexán-1,6-diál, resp. hexándiál

b) **1 b** za každú správne uvedenú štruktúru; **1 b** za každý správne uvedený názov; dokopy je možné získať **6 b**



A **B** **C**

hexa-1,5-diín hexa-1,5-dién hexán-1,6-diol

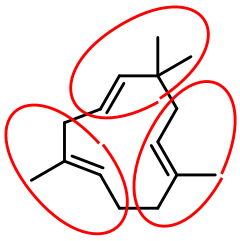
c) **1 b** za každé správne uvedené reakčné podmienky; dokopy je možné získať **2 b**

P1: 1. BH_3, 2. H_2O_2, NaOH

P2: 1. BH_3, 2. H_2O_2, NaOH

Úloha 2 (6 b)

a) **2 b** za správne zakrúžkovanie



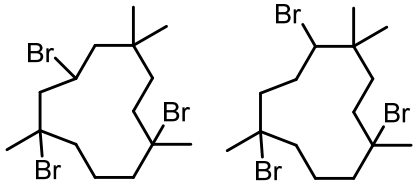
b) **1 b** za správne uvedený názov; **1 b** za správne číslovanie hlavného reťazcia; dokopy je možné získať **2 b**

V prípade zlého číslovania hlavného reťazcia ako jedinej chyby v názve prideliť **1 b** za správny názov.

humulén = 2,6,6,9-tetrametylcykloundeka-1,4,8-trién

Vysvetlenie k číslovaniu hlavného reťazcia: Lokanty pre dvojité väzby majú prioritu nad lokantami metylových skupín. Najnižší súbor lokantov pre dvojité väzby je 1,4,8, ktorý je nižší ako 1,5,8 (alternatívne číslovania).

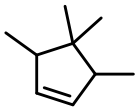
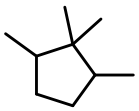
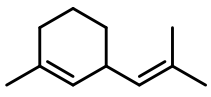
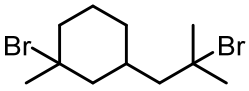
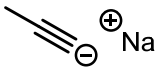
c) **1 b** za každú správne uvedenú štruktúru; dokopy je možné získať **2 b**.

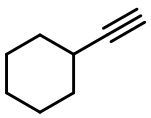
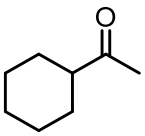
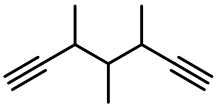
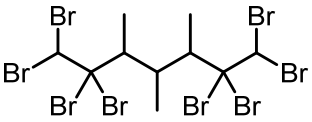


Úloha 3 (15 b)

Doplňte nasledujúcu tabuľku:

a) b) **1 b** za každú správne doplnenú štruktúru; **1 b** za každý správne doplnený názov; **1 b** za správne doplnené reakčné podmienky

Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu/produktov
3,4,4,5-tetrametyl-cyklopentén		H_2 katalyzátor	 1,1,2,5-tetrametyl-cyklopentán
1-metyl-3-(2-metylpropenyl) cyklohexén		HBr (nadbytok), tma	 1-bróm-3-(2-bróm-2-metylpropyl) -1-metylcyklohexán
propín		$NaNH_2$, NH_3 -33 °C	 propinid sodný

etinyl- cyklohexán		$HgSO_4$, H_2SO_4, H_2O	 1-cyklohexyletanón
3,4,5-trimetyl- hepta-1,6-diín		Br_2 (nadbytok)	 1,1,2,2,6,6,7,7-oktabróm- 3,4,5-trimetylheptán

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH
Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

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

Krajské kolo

Pavel Májek

Maximálne 40 bodov

Stanovenie chemického zloženia peroxouhličtanu sodného (SPC)

Experimentálna úloha (28 b)

(b) Príprava 100 cm³ 0,0167 mol dm⁻³ štandardného roztoku KIO_3:

$m(KIO_3) = c(KIO_3)\cdot V(KIO_3)\cdot M(KIO_3) = 0{,}0167$ mol dm$^{-3}\cdot 0{,}1$ dm$^3\cdot 214{,}001$ g mol$^{-1} = 0{,}3574$ g KIO_3

návažok: 0,3602 g KIO_3 sa rozpustil a doplnil na 100 cm³,

koncentrácia štandardu: $c(KIO_3) = \dfrac{m(KIO_3)}{M(KIO_3)\cdot V_{roztoku}}$

$c(KIO_3) = 0{,}3602/(214{,}001\cdot 0{,}1) = 1{,}683\cdot 10^{-2}$ mol dm^{-3}

(d) Štandardizácia odmerného roztoku $Na_2S_2O_3$ (ST):

$IO_3^- + 5I^- + 6H^+ \rightarrow 3I_2 + 3H_2O$

$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$ $\qquad n(Na_2S_2O_3)/n(KIO_3) = 6/1$

na štandardizáciu $Na_2S_2O_3$ sa pipetovalo 20 cm³ štandardného roztoku KIO_3

priemerná spotreba $Na_2S_2O_3$, $\bar{V}_{ST} = 19{,}95$ cm³

$c(S_2O_3^{2-}) = 6\cdot c(IO_3^-)\cdot V(IO_3^-)/V(S_2O_3^{2-})$

$c(Na_2S_2O_3) = 6\cdot 0{,}01683\cdot 0{,}020/0{,}01995 = 0{,}1012$ mol dm^{-3}

(e) Stanovenie peroxidu vodíka (HPO):

$2(Na_2CO_3\cdot 1{,}5H_2O_2) \rightarrow 2Na_2CO_3 + 3H_2O_2$ $\qquad n(SPC)/n(H_2O_2) = 2/3$

$H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \rightleftarrows I_2 + 2H_2O$ $\qquad n(SPC)/n(S_2O_3^{2}) = 1/3$

$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightleftarrows 2I^- + S_4O_6^{2-}$ $\qquad n(H_2O_2)/n(S_2O_3^{2-}) = 1/2$

$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ $\qquad n(H_2O_2)/n(O_2) = 2/1$

hmotnosť vzorky – m(SPC) = 1,0196 g $\qquad M(SPC) = 157{,}01042$ g mol^{-1}

celkový objem vzorky SPC – $V_{total} = 250$ cm³ $\qquad M(H_2O_2) = 34{,}01468$ g mol^{-1}

na stanovenie HPO sa pipetovalo: $V_a = 25$ cm³ $\qquad V_0 = 22{,}413996$ dm³ mol^{-1}

priemerná spotreba $Na_2S_2O_3$: $\bar{V} = 16{,}25$ cm³

$m(SPC) = c(S_2O_3^{2-})\cdot V(S_2O_3^{2-})\cdot M(SPC)\cdot 250/25/3$

$m(SPC) = 0{,}1012\cdot 0{,}01625\cdot 157{,}01042\cdot 250/25/3 = 0{,}8610$ g $Na_2CO_3\cdot 1{,}5H_2O_2$

$w(SPC) = 0{,}8610/1{,}0196 = 0{,}8445 = 84{,}45$ %

$m(H_2O_2) = c(S_2O_3^{2-}) \cdot V(S_2O_3^{2-}) \cdot M(H_2O_2) \cdot 250/25/2$

$m(H_2O_2) = 0{,}1012 \cdot 0{,}01625 \cdot 34{,}01468 \cdot 250/25/2 = 0{,}2798$ g H_2O_2

$w(H_2O_2) = 0{,}2798/1{,}0196 = 0{,}2744 = 27{,}44$ %

$n(O_2) = n(H_2O_2)/2 = 0{,}2798/34{,}01468/2 = 4{,}113 \cdot 10^{-3}$ mol

$V(O_2) = 100 \cdot 4{,}113 \cdot 10^{-3} \cdot 22{,}413996/1{,}0196 = 9{,}04$ dm^3 ≈ 9 dm^3 na 100 g technického SPC.

Bodovanie:

0,5 b: príprava roztoku a), príprava roztoku b);

1 b: výpočet návažku štandardu a operácie so štandardom (b); výpočet koncentrácie štandardu (b); každá vykonaná titrácia d), e) - (max. 6 b);

2 b: výpočet koncentrácie titrantu (d); výpočet objemu $V(O_2)$;

3 b: výpočet w(SPC) (e); výpočet w(HPO) (e);

9 b: relatívna chyba stanovenia chemického zloženia SPC podľa tzv. '*master*' *hodnoty*: $\delta \leq 3$ %: 9 bodov; (3; 4> % 8 b; (4; 5> % 7 b; ...; (11; 12> % 0 b; $\delta \geq 12$ %: 0 bodov.

Riešenie úlohy 1 (3 b)

$IO_3^- + 5I^- + 6H^+ \rightarrow 3I_2 + 3H_2O$

$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$

$I_3^- + 2\,e^- \rightleftharpoons 3\,I^-$ alebo $I_2 + 2\,e^- \rightleftharpoons 2\,I^-$

$S_4O_6^{2-} + 2\,e^- \rightleftharpoons 2\,S_2O_3^{2-}$ alebo $2\,S_2O_3^{2-} - 2\,e^- \rightleftharpoons S_4O_6^{2-}$

Riešenie úlohy 2 (2 b)

Jód ako nepolárna látka sa iba nepatrne rozpúšťa vo vodnom roztoku, avšak pri stanovení sa používa nadbytok KI a reakciou jódu s jodidovým aniónom vzniká vo vode rozpustný trijodidový anión:

$I_2 + I^- \rightarrow I_3^-$

Riešenie úlohy 3 (3 b)

Škrob je polysacharid so vzorcom $(C_6H_{10}O_5)_n$, zložený z dvoch rôznych polysacharidov: amylózy a amylopektínu, ktoré obsahujú niekoľko tisíc až desať tisíc molekúl glukózy. Amylóza je lineárna, vo vode rozpustná makromolekula, za studena zvinutá do závitnice. Rozpustené molekuly jódu vo forme trijodidového aniónu sa dostávajú do vnútra, a tak vzniká intenzívne modré sfarbenie.

Riešenie úlohy 4 (2 b)

$H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \rightleftarrows I_2 + 2H_2O$

$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightleftarrows 2I^- + S_4O_6^{2-}$ $\quad n(H_2O_2)/n(S_2O_3^{2-}) = 1/2$

Riešenie úlohy 5 (1 b)

Opakovaným stanovením možno odstrániť chyby stanovenia, ktoré sú spôsobené experimentátorom, ako sú: odčítanie hodnoty, nedodržanie pracovného postupu a iné hrubé chyby.

Riešenie úlohy 6 (1 b)

Aritmetický priemer (ako odhad strednej hodnoty) oveľa lepšie vystihuje správnu hodnotu než jednotlivé merania.

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.