

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

58. ročník, školský rok 2021/2022

Kategória B

Domáce kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE

TEORETICKÝCH A PRAKTICKÝCH ÚLOH

RIEŠENIE ÚLOH 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: bez limitu

Riešenie úlohy 1 (14 b)

a) Oxid uhoľnatý (1 b) a oxid uhličitý. (1 b)

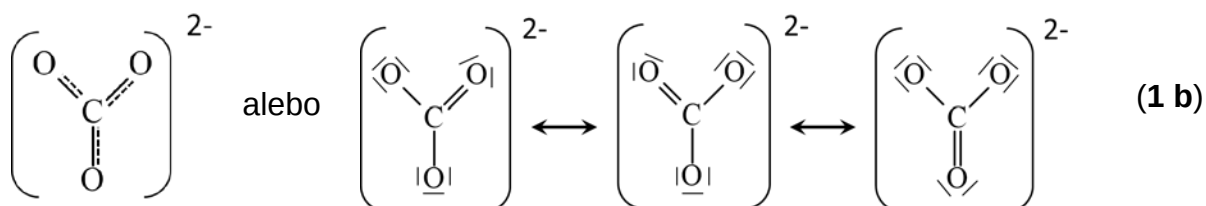
b)

	CO	CO ₂	
(i)	Plyn	Plyn	1b
(ii)	Vysoko toxický	Netoxický	1b
(iii)	Nerozpustný	Dobre rozpustný vo vode, kyselinotvorný	1b
(iv)	Vzniká nedokonalým spaľovaním	Vzniká dokonalým spaľovaním, prípadne dekarboxyláciou	1b
(v)	Má redoxné vlastnosti, silné redukčné účinky	Nemá redoxné vlastnosti	1b

Pozn.: Ak v niektorej z odpovedí je správna iba jedna časť, udeľujeme 0,5 b.

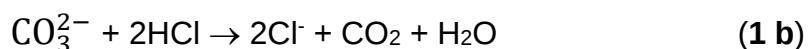
c) Ako ligand vystupuje oxid uhoľnatý (0,5 b) a nazývame ho karbonyl. (0,5 b)

d)



- | | | | |
|----|--|--------------------------------------|-------|
| e) | Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ | Bis(uhličitan) horečnato-vápenatý | (1 b) |
| | Malachit $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ | Dihydroxid-uhličitan dimednatý | (1 b) |
| | Azurit $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ | Dihydroxid-(bis)uhličitan trimednatý | (1 b) |

- f) Ak daný minerál obsahuje uhličitanový anión, tak po kvapnutí kvapky roztoku kyseliny chlorovodíkovej pozorujeme šumenie – vznik plynného CO_2 . (1 b)



Riešenie úlohy 2 (8 b):

- | | | | |
|----|--------------------------|---------|-------|
| a) | CaCO_3 | vápenec | (1 b) |
| | Na_2CO_3 | sóda | (1 b) |
| | K_2CO_3 | potaš | (1 b) |

b) $M(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) = 478,56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (1 b)

$$n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) = \frac{m}{M} = \frac{15,0 \cdot 10^6 \text{ g}}{478,56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 31344 \text{ mol} \quad (1 \text{ b})$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1 \cdot n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1 \cdot 31344 \text{ mol} \cdot 105,988 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3,32 \cdot 10^6 \text{ g} = 3,32 \text{ t} \quad (1 \text{ b})$$

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) = 1 \cdot n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) \cdot M(\text{CaCO}_3)$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 1 \cdot 31344 \text{ mol} \cdot 100,086 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3,14 \cdot 10^6 \text{ g} = 3,14 \text{ t} \quad (1 \text{ b})$$

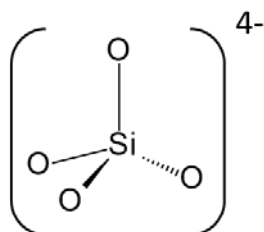
$$m(\text{SiO}_2) = n(\text{SiO}_2) \cdot M(\text{SiO}_2) = 6 \cdot n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) \cdot M(\text{SiO}_2)$$

$$m(\text{SiO}_2) = 6 \cdot 31344 \text{ mol} \cdot 60,084 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 11,3 \cdot 10^6 \text{ g} = 11,3 \text{ t} \quad (1 \text{ b})$$

Riešenie úlohy 3 (8 b):

a) Kremenný piesok (skrátene piesok). (1 b).

b)

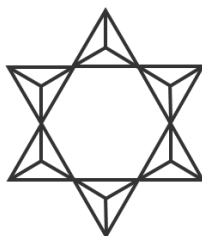


alebo zjednodušene



(1 b)

c)



(1 b)

Každá zo šiestich základných stavebných jednotiek obsahuje dva atómy kyslíka, ktoré nie sú navzájom zdieľané, ale ostávajú koncovo viazané. A tieto atómy kyslíka aj naďalej ostávajú nositeľmi záporného náboja. Z toho vyplýva nábojové číslo daného cyklického aniónu -12. (1 b)

Najznámejším minerálom s uvedeným cyklickým typom aniónu je beryl. (1 b)

d) $\text{Al}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_4)_3$ – tris(kremičitan) dihlinito-trihorečnatý. (1 b)

Český granát má mineralogický názov pyrop. (1 b)

Významné využitie tohto minerálu je pri výrobe šperkov. (1 b)

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

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

Domáce kolo

Mgr. Peter Šrámel¹, PhD., Ing. Juraj Malinčík²

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

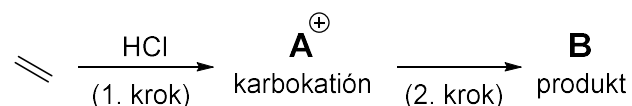
²Department of Chemistry, University of Basel, Switzerland

Maximálne 30 bodov

Úloha 1 (10,50 b)

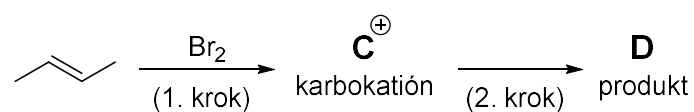
0,25 b za každú správne uvedenú štruktúru karbokatiónu / medziproduktu; **0,50 b** za správne uvedenú štruktúru produktu; **0,25 b** za správne uvedený názov produktu

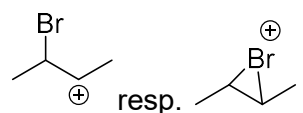
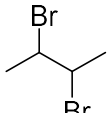
a) adícia HCl (1 b)



Štruktúra karbokatiónu A⁺	Štruktúra produktu B	Názov produktu B
		chlóretán

b) adícia Br₂ (1 b)



Štruktúra karbokatiónu C⁺	Štruktúra produktu D	Názov produktu D
		2,3-dibrómbután

c) adícia Cl₂ (1 b)



Štruktúra karbokatiónu E⁺	Štruktúra produktu F	Názov produktu F
		2,3-dichlór-2,3-dimetylbután

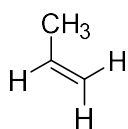
d) adícia H₂O (1,25 b)



Štruktúra karbokatiónu G⁺	Štruktúra meziproduktu H⁺	Štruktúra produktu I	Názov produktu I
			hexán-3-ol

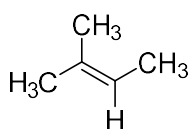
0,25 b za každú správne uvedený štruktúrny vzorec alkénu; **0,50 b** za správne uvedený názov alkénu; **0,25 b** za každú správne určenú konfiguráciu

e) (0,75 b)



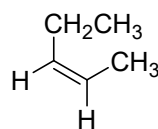
prop-1-én

f) (0,75 b)

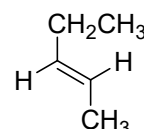


2-metylbut-2-én

g) (2 b)

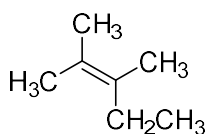


cis-pent-2-én



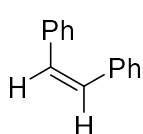
trans-pent-2-én

h) (0,75 b)

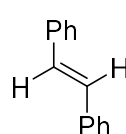


2,3-dimetylpent-2-én

i) (2 b)



cis-1,2-difenyletén

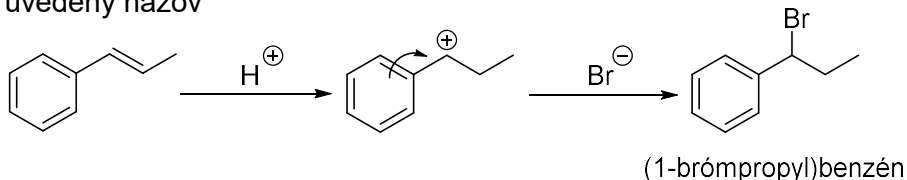


trans-1,2-difenyletén

Úloha 2 (11,50 b)

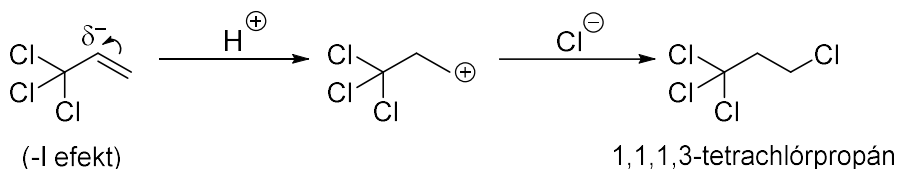
a) (1,50 b)

0,25 b za správne zapísanú reakčnú schému; **0,25 b** za správne uvedenú štruktúru najstabilnejšieho karbokatiónu; **0,25 b** za správne vyznačenie stabilizácie karbokatiónu šípkou; **0,50 b** za správne uvedenú štruktúru dominantného produktu; **0,25 b** za jeho správne uvedený názov



b) (2 b)

0,25 b za správne zapísanú reakčnú schému; **0,25 b** za správne uvedenú štruktúru karbokatiónu; **0,75 b** za správne vysvetlenie regioselektivity reakcie; **0,50 b** za správne uvedenú štruktúru dominantného produktu; **0,25 b** za jeho správne uvedený názov

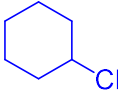
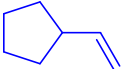
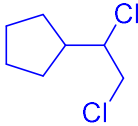
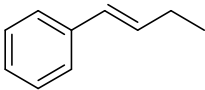
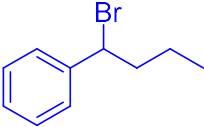
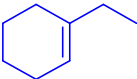
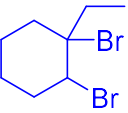
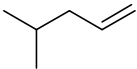
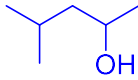


Vo špecifických prípadoch prebieha adícia HCl alebo HBr zdanlivo proti Markovnikovmu pravidlu. Deje sa tak vtedy, keď je na uhlíku dvojitej väzby naviazaná skupina s elektrónakceptorným účinkom. Táto destabilizuje sekundárny karbokatión, čoho následkom vzniká, v tomto prípade, stabilnejší primárny karbokatión a následne aj príslušný produkt.

c), d) (8 b)

0,25 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**)

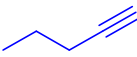
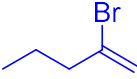
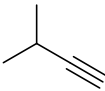
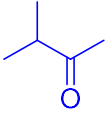
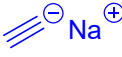
Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu
1-metylcyklopentén		H ₂ SO ₄ , H ₂ O	 1-metylcyklopentán-1-ol
2-metylbut-1-én		Br ₂	 1,2-dibróm-2-metylbután
but-1-én		HBr / benzoyl peroxid	 1-brómbután

cyklohexén		HCl	 chlórcyklohexán
vinylcyklopentán		Cl ₂	 (1,2-dichlóretyl)cyklopentán
(but-1-én-1-yl)benzén		HBr	 (1-brómbutyl)benzén
1-etylcyklohexén		Br ₂	 1,2-dibróm-1-etylcyklohexán
4-metylpent-1-én		H ₂ SO ₄ , H ₂ O	 4-metylpentán-2-ol

Úloha 3 (8 b)

a), b)

0,25 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, 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-1-ín		HBr (1 ekvivalent)	 2-brómpent-1-én
3-metylbut-1-ín		H ₂ SO ₄ , H ₂ O, HgSO ₄	 3-metylbután-2-ón
acetylén		NaNH ₂ , NH ₃ , -33 °C	 acetylid sodný

3-ethylpent-1-ín		Br ₂ (nadbytok)	 1,1,2,2-tetrabrom-3-methylpentán
etynylcyklopentán		1. BH ₃ , 2. H ₂ O ₂ , NaOH	 2-cyklopentylacetaldehyd
(prop-1-ín-1-yl)benzén		HBr (nadbytok)	 (1,1-dibromopropyl)benzén
pent-2-ín		Cl ₂ (1 ekvivalent)	 2,3-dichlórpent-2-én
4-metylhex-1-ín		HBr (1 ekvivalent), benzoylperoxid	 1-bróm-4-metylhex-1-én

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH 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

Experimentálna úloha A (28 b)

a) Príprava 100 cm^3 $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$:

hmotnosť štandardu $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (MS): $m_{\text{MS}} = c(\text{MS}) \cdot V(\text{MS}) \cdot M(\text{MS})$

$m_{\text{MS}} = 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,1 \text{ dm}^3 \cdot 392,1388 \text{ g mol}^{-1} = 3,9214 \text{ g Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

návažok: 3,9317 g MS sa rozpustil a doplnil na 100 cm^3 ,

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

$c(\text{MS}) = 3,9317 \text{ g} / (392,1388 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,1 \text{ dm}^3) = 0,1003 \text{ mol dm}^{-3}$

b) Príprava 250 cm^3 $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$ roztoku KMnO_4 :

zásobný roztok KMnO_4 : $c = 0,2 \text{ mol dm}^{-3}$

odmerný roztok: 250 cm^3 $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$ KMnO_4 :

riedenie zásobného roztoku s $c = 0,2 \text{ mol dm}^{-3}$

$V_{\text{zásobný}} = 0,02 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,25 \text{ dm}^3 / 0,2 \text{ mol dm}^{-3} = 25,0 \text{ cm}^3$

c) Štandardizácia roztoku KMnO_4 :

na štandardizáciu sa pipetovalo 20 cm^3 štandardného roztoku Mohrovej soli (MS)

$\text{MnO}_4^- + 5 \text{Fe}^{2+} + 8 \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 5 \text{Fe}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$

$$\frac{n(\text{MnO}_4^-)}{n(\text{Fe}^{2+})} = \frac{c_{\text{MnO}_4^-} \cdot V_{\text{MnO}_4^-}}{c_{\text{Fe}^{2+}} \cdot V_{\text{Fe}^{2+}}} = \frac{1}{5}$$

priemerná spotreba štandardného roztoku MS: $19,8 \text{ cm}^3$

$c(\text{KMnO}_4) = 0,1003 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,020 \text{ dm}^3 / (5 \cdot 0,0198 \text{ dm}^3) = 2,026 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

bodovanie:

1 b: výpočet: návažku a), objemu b), príprava roztokov (2x);

2 b: výpočet: koncentrácie a), c); titrácie (3x), max. 14 bodov

14 b: relatívna chyba stanovenia koncentrácie δ v %:

$\delta \leq 3$ %: 14 bodov; $(i+2; i+3)$: body = $14 - i$, $i = 1; 13$; $\delta > 16$ %: 0 bodov

Riešenie úlohy 1 (1 b)

Oxidačno-redukčné metódy odmernej analýzy sú založené na reakciách, pri ktorých nastáva prenos jedného alebo viac elektrónov z iónu alebo molekuly redukovadla (donor elektrónov) na oxidovadlo (akceptor elektrónov).

Riešenie úlohy 2 (2 b)

Redoxné stanovenia možno rozdeliť na: (i) *oxidimetriu*, titrantom je odmerný roztok oxidovadla: manganometria, bichromátometria, bromátometria, cerimetria a jodometria; (ii) *reduktometriu*, kde najbežnejšou metódou je titanometria.

Riešenie úlohy 3 (1 b)

Ako základné látky sa pri štandardizácii KMnO_4 používajú:

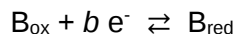
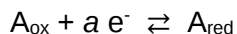
dihydrát kyseliny etándiovej $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, šťavelan sodný $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, hexahydrát síranu diamónno-železnatého (Mohrova soľ) $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ a oxid arzenitý As_2O_3 .

Riešenie úlohy 4 (2 b)

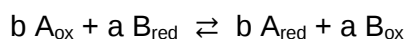
Pri oxidačno-redukčnej reakcii prebiehajú dve čiastkové reakcie, kde dochádza k odovzdávaniu a prijímaniu elektrónov medzi oxidovadlom a redukovadlom.

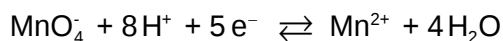
Oxidácia a redukcia predstavujú čiastkové reakcie redoxnej reakcie, nazývame ich tiež *polreakcie*.

polreakcie:

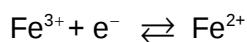


oxidačno-redukčná (redox) reakcia:

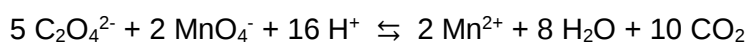
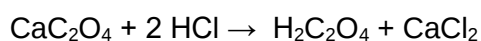
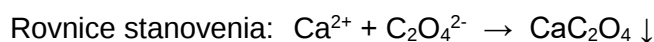


Riešenie úlohy 5 (3 b)

$$E = E_{\text{MnO}_4^-, \text{H}^+, \text{Mn}^{2+}}^\circ + \frac{RT}{5F} \ln \frac{[\text{MnO}_4^-][\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]}$$



$$E = E_{\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}}^\circ + \frac{RT}{F} \ln \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

Riešenie úlohy 6 (3 b)

$$n(\text{Ca}^{2+})/n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 1/1$$

$$n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})/n(\text{MnO}_4^-) = 5/2$$

$$n(\text{Ca}^{2+})/n(\text{MnO}_4^-) = 5/2$$

objem vzorky: $V_s = 10\text{ cm}^3$

spotreba KMnO_4 : $V(\text{MnO}_4^-) = 5,15\text{ cm}^3$; $c(\text{MnO}_4^-) = 1,950 \cdot 10^{-3}\text{ mol dm}^{-3}$

$$n(\text{Ca}^{2+}) = 5 \cdot n(\text{MnO}_4^-)/2 = 5 \cdot 5,15 \cdot 10^{-3}\text{ dm}^3 \cdot 1,950 \cdot 10^{-3}\text{ mol dm}^{-3}/2 = 2,511 \cdot 10^{-5}\text{ mol}$$

$$c(\text{Ca}^{2+}) = 2,511 \cdot 10^{-5}\text{ mol}/(10 \cdot 10^{-3}\text{ dm}^3) = 2,511 \cdot 10^{-3}\text{ mol dm}^{-3}$$

$$m(\text{Ca}) = n(\text{Ca}^{2+}) \cdot M(\text{Ca}) = 2,511 \cdot 10^{-5}\text{ mol} \cdot 40,078\text{ g mol}^{-1} = 1,006 \cdot 10^{-3}\text{ g}$$

$$\rho(\text{Ca}) = 1,006\text{ mg}/10\text{ cm}^3 = 0,1\text{ mg cm}^{-3}\text{ Ca}$$

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.