SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

58. ročník, školský rok 2021/2022

Kategória B

Krajské kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE

SÚŤAŽNÝCH ÚLOH

RIEŠENIE ÚLOH ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

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

Krajské kolo

Martin Vavra

Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: 60 minút

Riešenie úlohy 1 (13 b)

a) Kovalentná väzba (**0,5 b**) a van der Waalsova interakcia (**0,5 b**).

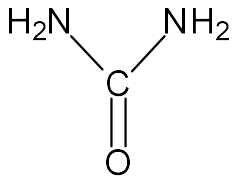
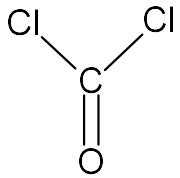
b) (i) kompaktný nepórovitý grafit = tuha (**1 b**),
(ii) kompaktný pórovitý grafit = koks (**1 b**),
(iii) grafit vo forme jemného prášku = sadze (**1 b**).

c) Treťou alotropickou modifikáciou uhlíka je fullerén (**1 b**).
Od grafitu je možné odvodiť grafén (**1 b**) a uhlíkové nanotrubičky (**1 b**).

d) Izotopy sú nuklidy, ktoré majú rovnaké protónové číslo a rozdielne nukleónové číslo (**1 b**). Stabilné izotopy uhlíka sú $^{12}_{6}C$ a $^{13}_{6}C$ (**1 b**).

Ak je správne uvedený iba jeden stabilný izotop, udeľujeme 0,5 b.

e)

	Triviálny názov	Štruktúrny vzorec
$CO(NH_2)_2$	močovina (**1 b**)	 (**1 b**)
$COCl_2$	fosgén (**1 b**)	 (**1 b**)

Riešenie úlohy 2 (8 b)

a) $M(½K_2O·½Na_2O·CaO·6SiO_2)$ = 494,668 g·mol^{-1} (**1 b**)

$$½K_2CO_3 + ½Na_2CO_3 + CaCO_3 + 6SiO_2 \xrightarrow{\Delta T} ½K_2O·½Na_2O·CaO·6SiO_2 + 2CO_2$$

$n(½K_2O·½Na_2O·CaO·6SiO_2) = \frac{m}{M} = \frac{75{,}0·10^6\ \mathrm{g}}{494{,}668\ \mathrm{g·mol^{-1}}}$ = 151,617 kmol (**1 b**)

$n(CO_2) = 2·n(½K_2O·½Na_2O·CaO·6SiO_2)$

$n(CO_2)$ = 2·151,617 kmol = 303,234 kmol (**1 b**)

$m(CO_2) = n(CO_2)·M(CO_2)$ = 303,234 kmol·44,009 g·mol^{-1} = 13,345 t (**1 b**)

b) Tuhý oxid uhličitý, CO_2(s), sa označuje ako suchý ľad (**1 b**).
Sublimácia je fázový prechod z tuhej fázy priamo na fázu plynnú (**1 b**).
Z termochemického hľadiska je táto fázová premena, podobne ako topenie a vyparovanie, endotermického charakteru (**1 b**).

c) Ak chce mať človek istotu, že v podzemnom priestore vínnej pivnice je kyslík, vstupuje do nej, napr. s horiacou sviečkou, ktorú drží nižšie od hlavy. Ak sviečka stále horí, tak to značí, že v danom priestore je kyslík. Ak plameň zhasne, tak to značí, že tam už kyslík nie je a vstup dolu nie je bezpečný. Nachádza sa tam najmä CO_2, ktorý nepodporuje horenie (**1 b**).

Odpoveď na podobnom princípe hodnotíme takisto za 1 b.

Riešenie úlohy 3 (9 b)

a) $n(\mathrm{Be}) = \frac{50{,}0\ \mathrm{g}}{9{,}0122\ \mathrm{g·mol^{-1}}}$ = 5,548 mol (**1 b**)

$n(Al_2Be_3Si_6O_{18}) = \frac{n(\mathrm{Be})}{3}$ = 1,849 mol (**1 b**)

$m_{exp}(Al_2Be_3Si_6O_{18}) = n(Al_2Be_3Si_6O_{18})·M$ = 1,849·537,4986 g·mol^{-1} = 994,0 g (**1 b**)

Strata vo výške 3% znamená, že výťažnosť je 97%, η = 0,97.

m_{teor}(čistý $Al_2Be_3Si_6O_{18}$) = $\frac{m_{\mathrm{exp}}}{\eta}$ = 1024,8 g (**1 b**)

Znečistený beryl s obsahom 7,5% nereagujúcich nečistôt znamená, že hmotnostný zlomok čistého berylu v ňom je w = 92,5% = 0,925.

m(znečistený $Al_2Be_3Si_6O_{18}$) = $\frac{m(\text{čistý})}{w} = \frac{1024{,}8\ \text{g}}{0{,}925}$ = 1108 g (**1 b**)

Iný správny spôsob výpočtu, napr. pomocou trojčlenky, je takisto za plný počet bodov.

b) Zeolity, na rozdiel od živcov, obsahujú póry a dutiny (**1 b**). Preto je celkový povrch zeolitu, vrátane vnútorného povrchu, oveľa väčší ako u živcov. Z tohto dôvodu živce nemajú významné praktické využitie. Na druhej strane, zeolity majú významné praktické využitie (**1 b**), napr. v katalýze.

c) $KAlSi_3O_8$ – oxid draselno-hlinito-trikremičitý (**1 b**)

$NaAlSi_2O_6 \cdot H_2O$ – monohydrát oxidu hlinito-dikremičito-sodného (**1 b**)

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

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

Krajské kolo

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

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

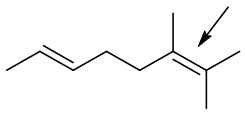
[2]Department of Chemistry, University of Basel, Switzerland

Maximálne 30 bodov
Doba riešenia: 60 minút

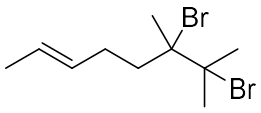
Úloha 1 (3 b)

Reagovať bude najprv väzba s väčším počtom alkylových substituentov.

2 b sa správne vyznačenie dvojitej väzby



0,5 b za štruktúrny vzorec produktu a **0,5 b** za jeho názov



trans-6,7-dibróm-6,7-dimetylokt-2-én

Úloha 2 (3 b)

Budeme potrebovať mólovú hmotnosť β-karoténu a elementárneho brómu:

$$M(\text{karotén}) = 40 \cdot M_r(\text{C}) + 56 \cdot M_r(\text{H}) = 40 \cdot 12{,}011 + 56 \cdot 1{,}008 = 536{,}888\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M_r(\text{Br}_2) = 2 \cdot M_r(\text{Br}) = 2 \cdot 79{,}904 = 159{,}808\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Štruktúra β-karoténu obsahuje 11 dvojitých väzieb, takže na úplnú bromáciu je potreba pridať 11 ekvivalentov brómu. Látkové množstvo brómu sa dá vypočítať zo vzťahu:

$$n(\text{Br}_2) = 11 \cdot n(\text{karotén}) = 11 \cdot \frac{m(\text{karotén})}{M_r(\text{karotén})} = 11 \cdot \frac{1{,}000}{536{,}888} = 0{,}0205\ \text{mol}$$

1 b za správne určenie pomeru látkových množstiev

Z látkového množstva vieme ďalej priamo vypočítať objem pomocou hustoty a vzorca pre hmotnosť:

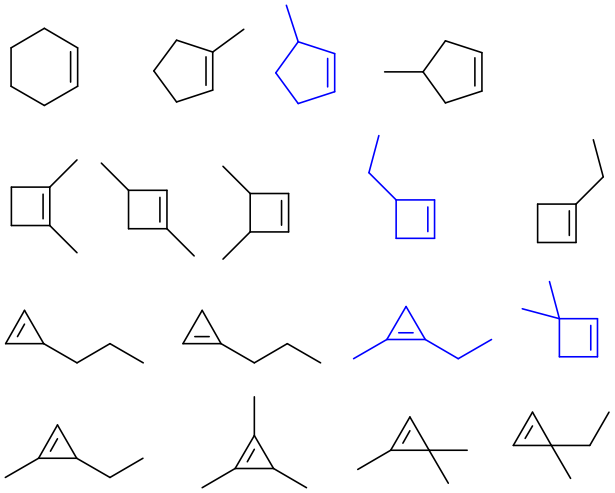
$$V(\text{Br}_2) = \frac{m(\text{Br}_2)}{\rho(\text{Br}_2)} = \frac{n(\text{Br}_2) \cdot M_r(\text{Br}_2)}{\rho(\text{Br}_2)} = \frac{0{,}0205 \cdot 159{,}808}{3{,}11} = 1{,}05\ \text{cm}^3$$

2 b za správny vypočítaný objem brómu (**1b** v prípade numerickej chyby pri správnom postupe riešenia)

Ak je zrejmý správny postup výpočtu, body prideliť aj bez uvedenia medzivýsledkov.

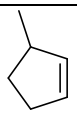
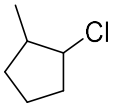
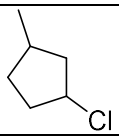
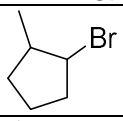
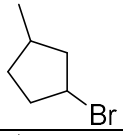
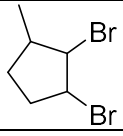
Úloha 3 (13 b)

Existuje 17 cyklických alkénov sumárneho vzorca C_6H_{10}. Podmienkam pre počet a zastúpenie produktov v jednotlivých reakiách vyhovujú 4 z nich (vyznačené modrou).

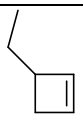
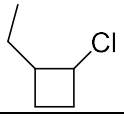
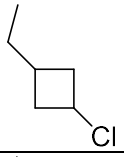
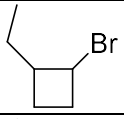
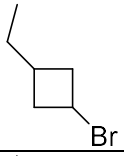
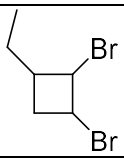


Prislúchajúce správne riešenia potom sú:

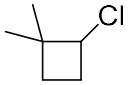
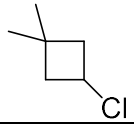
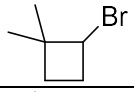
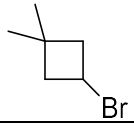
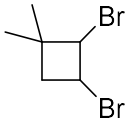
2 b za štruktúru cykloalkénu, **1 b** za každý správny štruktúrny vzorec produktu; **1 b** za každý správny názov.

Látka	Štruktúrny vzorec	Názov látky
C_6H_{10}		3-metylcyklopent-1-én alebo 3-metylcyklopentén
A		1-chlór-2-metylcyklopentán
B		1-chlór-3-metylcyklopentán
C		1-bróm-2-metylcyklopentán
D		1-bróm-3-metylcyklopentán
E		1,2-dibróm-3-metylcyklopentán

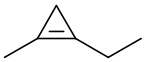
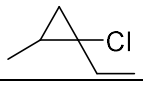
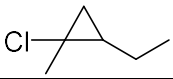
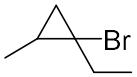
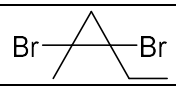
alebo

Látka	Štruktúrny vzorec	Názov látky
C_6H_{10}		3-etylcyklobut-1-én alebo 3-etylcyklobutén
A		1-etyl-2-chlórcyklobután
B		1-etyl-3-chlórcyklobután
C		1-bróm-2-etylcyklobután
D		1-bróm-3-etylcyklobután
E		1,2-dibróm-3-etylcyklobután

alebo

Látka	Štruktúrny vzorec	Názov látky
C_6H_{10}		3,3-dimetylcyklobut-1-én alebo 3,3-dimetylcyklobutén
A		2-chlór-1,1-dimetylcyklobután
B		3-chlór-1,1-dimetylcyklobután
C		2-bróm-1,1-dimetylcyklobután
D		3-bróm-1,1-dimetylcyklobután
E		2,3-dibróm-1,1-dimetylcyklobután

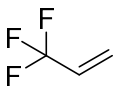
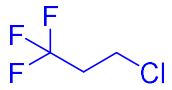
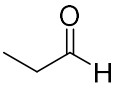
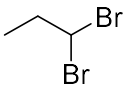
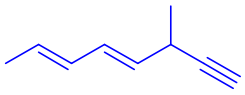
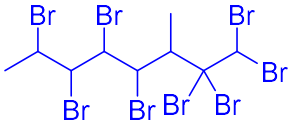
alebo

Látka	Štruktúrny vzorec	Názov látky
C_6H_{10}		1-etyl-2-metylcykloprop-1-én alebo 1-etyl-2-metylcyklopropén
A		1-etyl-1-chlór-2-metylcyklopropán
B		2-etyl-1-chlór-1-metylcyklopropán
C		1-bróm-1-etyl-2-metylcyklopropán
D		1-bróm-2-etyl-1-metylcyklopropán
E		1,2-dibróm-1-etyl-2-metylcyklopropán

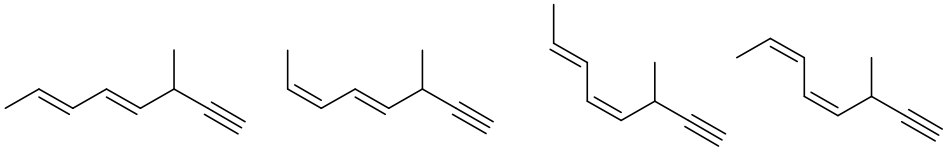
Úloha 4 (11 b)

Doplňte nasledujúcu tabuľku:

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

Názov východiskovej látky	**Štruktúra východiskovej látky**	**Reakčné podmienky**	**Názov a štruktúra dominantného produktu**
3,3,3-trifluórpropén		HCl	 1,1,1-trifluór-3-chlórpropán
propín		1. BH_3 2. H_2O_2, NaOH	
propín		HBr, benzoylperoxid	 1,1-dibrómpropán
3-metylokta-4,6-dién-1-ín		Br_2 (nadb.)	 1,1,2,2,4,5,6,7-oktabróm-3-metyloktán

c) **0,5** b za každý správny vzorec



trans,trans *cis,trans* *trans,cis* *cis,cis*

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

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

Krajské kolo

Pavel Májek

Ústav analytickej chémie FCHPT STU v Bratislave

Maximálne 40 bodov

Experimentálna úloha A (28 b)

a) Príprava 100 cm^3 0,05 mol dm^{-3} roztoku $(COOH)_2$:

hmotnosť štandardu $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$ (Ox): $m_{Ox} = c(Ox) \cdot V(Ox) \cdot M(Ox)$

m_{Ox} = 0,05 mol dm^{-3}·0,1 dm^3·126,0654 g mol^{-1} = 0,6303 g $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$

návažok: 0,6313 g Ox sa rozpustil a doplnil na 100 cm^3,

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

$c(Ox)$ = 0,6313 g/(126,0654 g mol^{-1}·0,1 dm^3) = 5,008·10^{-2} mol dm^{-3}

b) Štandardizácia roztoku $KMnO_4$:

na štandardizáciu sa pipetovalo 15 cm^3 štandardného roztoku kyseliny šťavelovej

$2\ MnO_4^- + 5\ C_2O_4^{2-} + 16\ H^+ \leftrightarrows 2\ Mn^{2+} + 10\ CO_2 + 8\ H_2O$

$$\frac{n(MnO_4^-)}{n(C_2O_4^{2-})} = \frac{c_{MnO_4^-} \cdot V_{MnO_4^-}}{c_{Ox^{2-}} \cdot V_{Ox^{2-}}} = \frac{2}{5}$$

priemerná spotreba štandardného roztoku Ox: 14,95 cm^3

$c(KMnO_4)$ = 2·5,008·10^{-2} mol dm^{-3}·0,015 dm^3/(5·0,01495 dm^3) = 2,010·10^{-2} mol dm^{-3}

c) Stanovenie šťavelanov v rastlinnom extrakte:

vzorka: V_{stock} = 100,0 cm^3 zásobného roztoku

na stanovenie sa pipetovalo: V_{Ox} = 15,0 cm^3

priemerná spotreba štandardného roztoku $KMnO_4$ (KPM): V_{KPM} = 15,20 cm^3

$5\ C_2O_4^{2-} + 2\ MnO_4^- + 16\ H^+ \leftrightarrows 2\ Mn^{2+} + 10\ CO_2 + 8\ H_2O$

$$\frac{n(C_2O_4^{2-})}{n(MnO_4^-)} = \frac{c_{Ox} \cdot V_{Ox}}{c_{MnO_4^-} \cdot V_{MnO_4^-}} = \frac{5}{2}$$

c(Ox) = 5·2,010·10^{-2} mol dm^{-3}·0,0152 dm^3/(2·0,015 dm^3) = 5,091·10^{-2} mol dm^{-3}

m(Ox) = c(Ox)·V(Ox)·M(Ox) = 5,091·10^{-2} mol dm^{-3}·1 dm^3·90,0349 g mol^{-1} = 4,584 g

ρ(Ox) = 4,584 g dm^{-3} = 4,6 mg cm^{-3}

1 cm^3 rastlinného extraktu obsahuje 4,6 mg rozpustných a nerozpustných šťavelanov.

bodovanie:

1 b: *výpočet:* návažku a); koncentrácie a); príprava roztoku a); koncentrácie c); hmotnosti c); hmotnostnej koncentrácie c); 3x titrácie: b) + c);

2 b: výpočet: koncentrácie b);

14 b: relatívna chyba stanovenia koncentrácie v %:
<0; 5>: 14 bodov; 5·(*i*; *i*+1>: 14 – 2·*i* bodov, *i* = 1; 6; > 35 % 0 bodov.

Riešenie úlohy 1 (3 b)

2 MnO_4^- + 5 $C_2O_4^{2-}$ + 16 H^+ ⇄ 2 Mn^{2+} + 10 CO_2 + 8 H_2O

Mn^{VII} + 5 e^- → Mn^{II} / × 2

2 C^{III} – 2 e^- → 2 C^{IV} / × 5

Riešenie úlohy 2 (3 b)

MnO_4^- + 8 H^+ + 5 e^- → Mn^{2+} + 4 H_2O

$$E = E^\circ_{MnO_4^-,H^+,Mn^{2+}} + \frac{RT}{5F} \ln \frac{[MnO_4^-][H^+]^8}{[Mn^{2+}]} \qquad \text{alebo}$$

$$E = E^\circ_{MnO_4^-,H^+,Mn^{2+}} + \frac{0{,}0592}{5} \log \frac{[MnO_4^-][H^+]^8}{[Mn^{2+}]}$$

Riešenie úlohy 3 (2 b)

Rýchlosť chemickej reakcie s teplotou rastie, pretože sa zvýši stredná rýchlosť Brownovskej častice v roztoku, zvýši sa počet účinných zrážok, čím sa zväčší pravdepodobnosť priebehu reakcie. Podľa Van´t Hoffovho empirického pravidla platí, že pri zvýšení reakčnej teploty o 10 °C vzrastie rýchlosť reakcie približne 1,5 – 3 krát.

Riešenie úlohy 4 (2 b)

Manganometria patrí medzi bez indikátorové metódy, kde prvá nadbytočná kvapka odmerného roztoku $KMnO_4$ po dosiahnutí bodu ekvivalencie sfarbí titrovaný roztok do bledoružova. V prípade stanovenia nízkych koncentrácií analytu by bol výsledok zaťažený veľkou chybou. Slepým pokusom sa stanoví objem odmerného roztoku $KMnO_4$ potrebného na dosiahnutie rovnakého bledoružového sfarbenia – tento objem sa potom odčíta od celkového objemu stanoveného titráciou.

Riešenie úlohy 5 (2 b)

Zdroje chýb pri experimentálnej práci: váženie štandardu, nesprávny postup pri príprave štandardného roztoku (rozpúšťanie štandardu, kvantitatívne prenesenie roztoku do odmernej banky a jeho doplnenie), výpočet koncentrácie štandardu, nedodržanie správneho postupu pri štandardizácii odmerného roztoku (začiatok titrácie, teplota, úplná reakcia, pretitrovanie), výpočet koncentrácie odmerného roztoku a pod.

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