

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

62. ročník, školský rok 2025/2026

Kategória B

Krajské kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE

SÚŤAŽNÝCH ÚLOH

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 62. ročník – školský rok 2025/2026

Krajské kolo

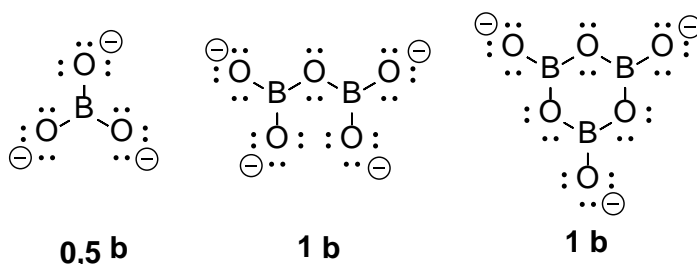
Mgr. Henrich Kabzan

Katedra organickej chémie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave

Maximálne 30 bodov

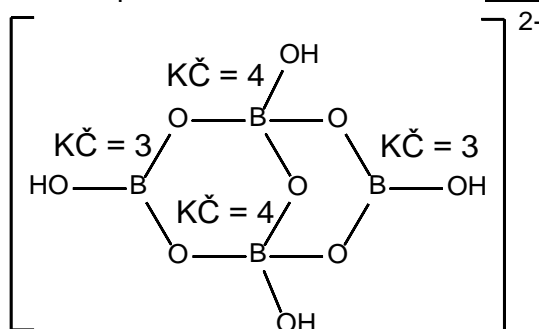
Úloha 1 (14 b)

a)



Uznať aj verziu, v ktorej sa neväzbové elektrónové páry vyznačujú čiarkami.

b) Za správny štruktúrny vzorec **1 b** priradené koordinačné čísla všetkým atómom bóru **0,5 b**.



Ide o klasický komplex, lebo dva zo štyroch atómov bóru majú vyššie koordinačné číslo ako je ich oxidačné číslo. **(0,5 b)** (uznať akékoľvek správne zdôvodnenie)

c) oktahydrát tetrahydroxido-pentaoxidotetraboritanu disodného (**1 b**)

Uznať aj zastaraný názov: oktahydrát tetrahydroxo-pentaoxotetraboritanu disodného

d) $M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = 2 \cdot M(\text{Na}) + 4 \cdot M(\text{B}) + 7 \cdot M(\text{O})$

$$M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = 2 \cdot 22,999 + 4 \cdot 10,811 + 7 \cdot 15,999$$

$$M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = 201,24 \text{ g/mol} \quad \mathbf{(0,25 b)}$$

$$M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot M(\text{Na}) + 4 \cdot M(\text{B}) + 17 \cdot M(\text{O}) + 20 \cdot M(\text{H})$$

$$M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 22,999 + 4 \cdot 10,811 + 17 \cdot 15,999 + 20 \cdot 1,0079$$

$$M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 381,38 \text{ g/mol} \quad \mathbf{(0,25 b)}$$

$$w(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = \frac{s(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)}{100 \text{ g} + s(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)}$$

$$w(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = \frac{2,59 \text{ g}}{100 \text{ g} + 2,59 \text{ g}} = 0,025246 \quad \mathbf{(0,25 b)}$$

$$n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = n(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})$$

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)}{M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)} = \frac{m(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}$$

$$\frac{w(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) \cdot m(\text{R})}{M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)} = \frac{w(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{R})}{M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}$$

$$\frac{w(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)}{M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)} = \frac{w(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}$$

$$w(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = \frac{w(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)}{M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)} \cdot M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})$$

$$w(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,025246}{201,24 \text{ g/mol}} \cdot 381,38 \text{ g/mol}$$

$$w(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 0,04784496 \quad \text{(0,75 b)}$$

$$m(\text{R}) = \frac{m(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}{w(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}$$

$$m(\text{R}) = \frac{15,0 \text{ g}}{0,04784496} = 313,51 \text{ g}$$

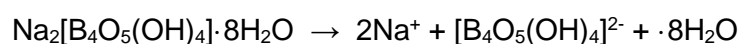
$$V(\text{R}) = \frac{m(\text{R})}{\rho(\text{R})}$$

$$V(\text{R}) = \frac{313,51 \text{ g}}{1,08 \text{ g/cm}^3} = 290,29 \text{ cm}^3 = 0,29029 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}{V(\text{R}) \cdot M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}$$

$$c(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = \frac{15,0 \text{ g}}{0,29029 \text{ dm}^3 \cdot 381,38 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,13549 \text{ mol/dm}^3 \quad \text{(0,5 b)}$$

Pri rozpúšťaní *bóraxu* dochádza k disociácii, čím z jedného mólu *bóraxu* vznikajú dva móly sodných katiónov.



$$c(\text{Na}^+) = 2 \cdot c(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 0,13549 \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{Na}^+) = 0,27098 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \approx \mathbf{0,27 \text{ mol/dm}^3} \quad \text{(1 b)}$$

Treba uznať aj akýkoľvek iný správny spôsob výpočtu za **3 b**.

Pre zjednodušenie si študenti môžu bezvodú látku ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) označiť ako **B** a hydrát ($\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ resp. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ako **H**.



f) $M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 381,38 \text{ g/mol}$

$$M(\text{H}_3\text{BO}_3) = M(\text{B}) + 3 \cdot M(\text{O}) + 3 \cdot M(\text{H})$$

$$M(\text{H}_3\text{BO}_3) = 10,811 \text{ g/mol} + 3 \cdot 15,999 \text{ g/mol} + 3 \cdot 1,0079 \text{ g/mol} = 61,832 \text{ g/mol} \quad \text{(0,25 b)}$$

Keď poznáme hmotnosť surového *bóraxu* (ďalej v skratke „sb“ = surový *bórax*) a hmotnostný zlomok nereagujúcej prímеси (ďalej v skratke „p“ = prímесь), hmotnosť prímеси vypočítame podľa vzťahu:

$$m(\text{p}) = m(\text{bs}) \cdot w(\text{p})$$

$$m(\text{p}) = 12,0 \text{ t} \cdot 0,0450 = 0,54 \text{ t}$$

Hmotnosť čistého bórxu sa vypočíta ako rozdiel hmotnosti surového bórxu a hmotnosti prímesi:

$$m(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = m(\text{sb}) - m(\text{p})$$

$$m(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 12,0 \text{ t} - 0,54 \text{ t} = 11,46 \text{ t} \quad (0,5 \text{ b})$$

$$n(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}$$

$$n(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = \frac{1,146 \cdot 10^7 \text{ g}}{381,38 \text{ g/mol}} = 3,00488 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

$$\frac{n(\text{H}_3\text{BO}_3)}{n(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})} = \frac{\nu(\text{H}_3\text{BO}_3)}{\nu(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}$$

$$n(\text{H}_3\text{BO}_3) = \frac{\nu(\text{H}_3\text{BO}_3)}{\nu(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})} \cdot n(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})$$

$$n(\text{H}_3\text{BO}_3) = 4 \cdot 3,00488 \cdot 10^4 \text{ mol} = 1,20195 \cdot 10^5 \text{ mol} \quad (1 \text{ b})$$

$$m(\text{H}_3\text{BO}_3) = n(\text{H}_3\text{BO}_3) \cdot M(\text{H}_3\text{BO}_3)$$

$$m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 1,20195 \cdot 10^5 \text{ mol} \cdot 61,832 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 7,4319 \cdot 10^6 \text{ g} \approx 7,4 \text{ t} \quad (1,25 \text{ b})$$

Treba uznať aj akýkoľvek iný správny spôsob výpočtu za **3 b**.

g) $M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 381,38 \text{ g/mol}$

$$M(\text{B}) = 10,811 \text{ g/mol}$$

$$w(\text{B}) = \frac{4 \cdot M(\text{B})}{M(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})}$$

$$w(\text{B}) = \frac{4 \cdot 10,811 \text{ g/mol}}{381,38 \text{ g/mol}} = 0,1133882 \quad (0,5 \text{ b})$$

$$m(\text{B})_{\text{teor}} = w(\text{B}) \cdot m(\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{B})_{\text{teor}} = 0,1133882 \cdot 11,46 \text{ t} = 1,29943 \text{ t}$$

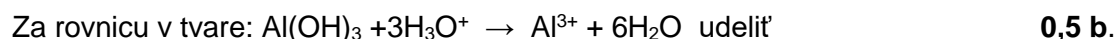
$$m(\text{B})_{\text{exp}} = 1,29943 \text{ t} \cdot 0,900 = 1,17 \text{ t} \approx 1,2 \text{ t} \quad (1 \text{ b})$$

Treba uznať aj akýkoľvek iný správny spôsob výpočtu za **1,5 b**.

Úloha 2 (11 b)

a) neutralizácia (uznať aj acidobázická reakcia a protolytická reakcia) **(0,5 b)**, amfotérne **(0,5 b)**, gibbsit (uznať aj hydrargylit) **(0,5 b)**

b) Rovnica reakcie hydroxidu hlinitého v kyslom prostredí:



Rovnica reakcie hydroxidu hlinitého v silne zásaditom prostredí:



c) $\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^-$ **(0,5 b)**

$$K_s = [\text{Al}^{3+}] \cdot [\text{OH}^-]^3$$

$$[\text{OH}^-] = 3 \cdot [\text{Al}^{3+}]$$

$$K_s = [\text{Al}^{3+}] \cdot (3 \cdot [\text{Al}^{3+}])^3$$

$$K_s = [\text{Al}^{3+}] \cdot 27 \cdot [\text{Al}^{3+}]^3$$

$$K_s = 27 \cdot [\text{Al}^{3+}]^4$$

$$[\text{Al}^{3+}] = \sqrt[4]{\frac{K_s}{27}} \quad (1 \text{ b})$$

$$[\text{Al}^{3+}] = \sqrt[4]{\frac{3,72 \cdot 10^{-33}}{27}} \approx 3,43 \cdot 10^{-9}$$

$$c(\text{Al}^{3+}) = 3,43 \cdot 10^{-9} \text{ mol/dm}^3 \quad (1 \text{ b})$$

Treba uznať aj akýkoľvek iný správny spôsob výpočtu za **2,5 b**.

c) aluminotermia (**0,5 b**)



$$\text{e) } M(\text{MgO}) = M(\text{Mg}) + M(\text{O}) = 24,305 \text{ g/mol} + 15,999 \text{ g/mol} = 40,304 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2 \cdot M(\text{Al}) + 3 \cdot M(\text{O}) = 2 \cdot 26,982 \text{ g/mol} + 3 \cdot 15,999 \text{ g/mol} = 101,96 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{SiO}_2) = M(\text{Si}) + 2 \cdot M(\text{O}) = 28,086 \text{ g/mol} + 2 \cdot 15,999 \text{ g/mol} = 60,084 \text{ g/mol}$$

Ak budeme mať 100 g *pyropu* (ďalej v skratke „zl“ = zlúčenina), potom platí:

$$m(\text{MgO}) = w(\text{MgO}) \cdot m(\text{zl}) = 30,0 \text{ g}$$

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = w(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot m(\text{zl}) = 25,3 \text{ g}$$

$$m(\text{SiO}_2) = w(\text{SiO}_2) \cdot m(\text{zl}) = 44,7 \text{ g}$$

$$n(\text{MgO}) = \frac{m(\text{MgO})}{M(\text{MgO})} = \frac{30,0 \text{ g}}{40,304 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,74434 \text{ mol}$$

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Al}_2\text{O}_3)}{M(\text{Al}_2\text{O}_3)} = \frac{25,3 \text{ g}}{101,96 \text{ g/mol}} = 0,24814 \text{ mol}$$

$$n(\text{SiO}_2) = \frac{m(\text{SiO}_2)}{M(\text{SiO}_2)} = \frac{44,7 \text{ g}}{60,084 \text{ g/mol}} = 0,74396 \text{ mol}$$

Oxidový vzorec *pyropu* je v tvare $x\text{MgO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2$

$$x = \frac{n(\text{MgO})}{n(\text{Al}_2\text{O}_3)} = \frac{0,74434 \text{ mol}}{0,24814 \text{ mol}} = 2,9997 \approx 3$$

$$y = \frac{n(\text{Al}_2\text{O}_3)}{n(\text{Al}_2\text{O}_3)} = 1$$

$$z = \frac{n(\text{SiO}_2)}{n(\text{Al}_2\text{O}_3)} = \frac{0,74396 \text{ mol}}{0,24814 \text{ mol}} = 2,9981 \approx 3$$

$3\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ (uznať akékoľvek poradie základných oxidov a akýkoľvek iný správny postup výpočtu) (**2,75 b**), $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ (**0,25 b**)

f) chróm (prímes chrómu) (**0,5 b**)

Úloha 3 (5 b)

a) Pre $[\text{AlF}_3]$ je $\beta_3 = 1 \cdot 10^{15}$, pre $[\text{InF}_3]$ je $\beta_3 = 3,98 \cdot 10^8$, pre $[\text{GaF}_3]$ je $\beta_3 = 3,16 \cdot 10^{10}$

Úlohu uznať len vtedy, keď budú všetky tri hodnoty konštánt správne priradené za **3 b**.

b) redukovač (redukčné činidlo) (**0,5 b**), alkoholy (uznať aj odpoveď hydroxyderiváty) (**0,5 b**), dimér (dimérna molekula) (**0,25 b**), Al_2Br_6 (**0,25 b**), oktet (elektrónový oktet) (uznať aj odpoveď koordinačné číslo 4 alebo tetraédrickú geometriu) (**0,5 b**)

ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 62. ročník – školský rok 2025/2026

Krajské kolo

Počet bodov: 30

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH

Úloha 1 (7,00 b)

a)

0,50 b za správny názov stupňa radikálovej substitúcie

b

Názov stupňa	Propagácia	0,50

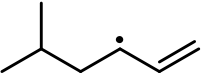
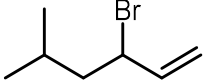
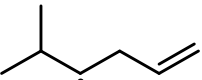
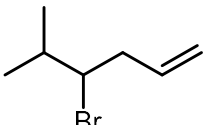
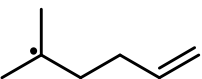
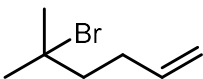
b) c)

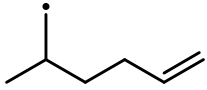
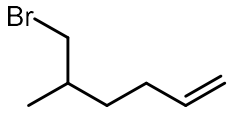
0,50 b za každú správnu štruktúru radikálu; 0,50 b za každú správnu štruktúru produktu;

0,50 b za každý správny názov produktu; 0,50 b za správny výber hlavného produktu.

(3-Bróm-5-metylhex-1-én je hlavný produkt pretože sekundárny alylový radikál je stabilnejší ako terciárny)

b

Štruktúra radikálu	Štruktúra produktu	Názov produktu	Hlavný produkt	
		3-bróm-5-metylhex-1-én	X	2,00
		4-bróm-5-metylhex-1-én		1,50
		5-bróm-5-metylhex-1-én		1,50

		6-bróm-5-metylhex-1-én	1,50
---	---	------------------------	------

Úloha 2 (11,00 b)

a) **1,00 b** za vyjadrenie pomeru látkových množstiev; **1,00 b** za vyjadrenie molárnej hmotnosti **A** pomocou parametra x ; **1,00 b** za použitie stavovej rovnice ideálneho plynu; **2,00 b** za správny postup výpočtu parametra x zo stavovej rovnice; **1,00 b** za správnu celočíselnú hodnotu parametra x . Dokopy **6,00 b** za správny výpočet parametra x .

b

Postup výpočtu	Parameter x vyjadruje počet uhlíkov v štruktúre uhľovodíka A a zároveň aj stechiometrický koeficient prislúchajúci CO_2 v rovnici horenia A . Pomer látkových množstiev A a CO_2 je nasledovný:	1,00
	$\frac{n(\mathbf{A})}{n(\text{CO}_2)} = \frac{1}{x}$	
	Molárna hmotnosť A sa dá vyjadriť pomocou parametra x nasledovne: $M(\mathbf{A}) = A_r(\text{C}) \cdot x + A_r(\text{H}) \cdot (2x + 2)$	1,00
	Pre výpočet x použijeme stavovú rovnicu ideálneho plynu a príslušné množstvá spáleného uhľovodíka A a vzniknutého CO_2 .	
	$p^0 \cdot V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot R \cdot T = x \cdot n(\mathbf{A}) \cdot R \cdot T = \frac{x \cdot m(\mathbf{A}) \cdot R \cdot T}{M(\mathbf{A})}$	1,00
	Dostaneme výraz, v ktorom jediná neznáma je x :	
	$p^0 \cdot V(\text{CO}_2) = \frac{x \cdot m(\mathbf{A}) \cdot R \cdot T}{A_r(\text{C}) \cdot x + A_r(\text{H}) \cdot (2x + 2)}$	
	$10^5 \cdot 0,01718 = \frac{x \cdot 10,00 \cdot 8,314 \cdot 298,15}{12,011 \cdot x + 1,008 \cdot (2x + 2)}$	
	Riešením rovnice dostaneme parameter x .	
	$12,011 \cdot x + 1,008 \cdot (2x + 2) = \frac{x \cdot 10,00 \cdot 8,314 \cdot 298,15}{10^5 \cdot 0,01718}$	
	$12,011 \cdot x + 1,008 \cdot 2 \cdot x - x \cdot \frac{10,00 \cdot 8,314 \cdot 298,15}{10^5 \cdot 0,01718} = -1,008 \cdot 2$	
	$x = \frac{-1,008 \cdot 2}{12,011 + 1,008 \cdot 2 - \frac{10,00 \cdot 8,314 \cdot 298,15}{10^5 \cdot 0,01718}} = 5,02$	2,00
Parameter x	5	1,00

b) Ak parameter $x = 5$, potom sumárny vzorec uhľovodíka **A** je C_5H_{12} . Existujú iba dva rozvetvené uhľovodíky tohto sumárneho vzorca: 2-metylbután a 2,2-dimetylpropán. Príslušnú reaktivitu splňuje iba 2,2-dimetylpropán, nakoľko 2-metylbután poskytuje zmesi viacerých produktov v príslušných reakciách.

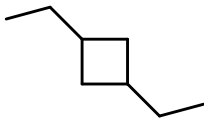
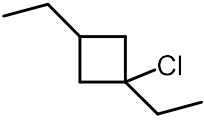
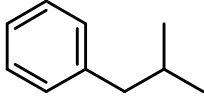
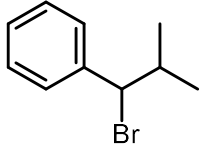
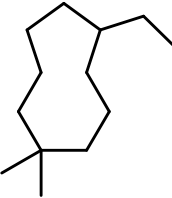
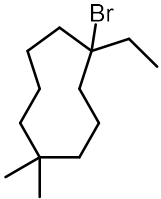
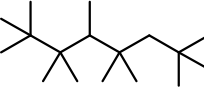
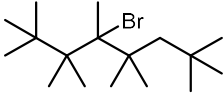
2,50 b za správne určenie štruktúry uhľovodíka **A**; **0,50 b** za každú správnu štruktúru produktu; **0,50 b** za každý správny názov;

				b
Vzorec látky	A	B	C	3,50
Názov látky	2,2-dimetylpropán	1-chlór-2,2-dimetylpropán	1-bróm-2,2-dimetylpropán	1,50

Úloha 3 (12,00 b)

0,50 b za každý(ú) správne uvedený(ú) názov / štruktúru východiskového alkénu; **1,00 b** za každú správne uvedenú štruktúru dominantného produktu; **0,50 b** za každý správne uvedený názov dominantného produktu (v prípade uvedenia štruktúry minoritného produktu (regioizoméru) možno udeliť **0,50 b**, v prípade jeho správneho pomenovania **0,50 b**)

b				
Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu	
metylcyklohexán		Br_2 / UV	 1-bróm-1-metylcyklohexán	2,00
2,2-dimetylbután		NBS / UV	 3-bróm-2,2-dimetylbután	2,00

1,3- diethylcyklobután		Cl_2 / UV	 1,3-diethyl-1-chlórcyklobután	2,00
(2-metylpropyl) benzén		Br_2 / UV	 (1-bróm-2-metylpropyl)benzén	2,00
5-etyl-1,1-dimetyl- cyklononán		Br_2 / UV	 1-bróm-1-etyl-5,5-dimetylcyklononán	2,00
2,2,3,3,4,5,5,7,7- nonametyloktán		Br_2 / UV	 4-bróm-2,2,3,3,4,5,5,7,7-nonametyloktán	2,00

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 62. ročník – školský rok 2025/2026

Krajské kolo

Pavel Májek

Maximálne 40 bodov

Stanovenie ekvimolárneho zloženia zmesi kyselín

Experimentálna úloha (28 b)

(b) Príprava 100 cm³ 0,05 mol dm⁻³ štandardného roztoku hydrogénftalanu draselného (KHP):

hydrogénftalan draselný: $M(\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4) = 204,2212 \text{ g mol}^{-1}$

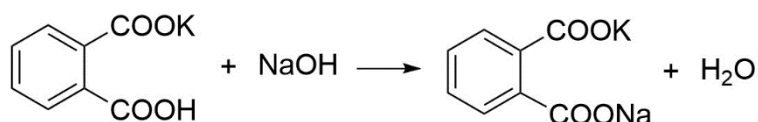
$m(\text{KHP}) = c(\text{KHP}) \cdot V(\text{KHP}) \cdot M(\text{KHP}) = 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,1 \text{ dm}^3 \cdot 204,2212 \text{ g mol}^{-1} = 1,0211 \text{ g KHP}$

návažok: 1,0520 g KHP sa rozpustil a doplnil na 100 cm³,

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

$c(\text{KHP}) = 1,0520 \text{ g} / (204,2212 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,1 \text{ dm}^3) = 5,151 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

(d) Štandardizácia odmerného roztoku NaOH:



$n(\text{NaOH})/n(\text{KHP}) = 1/1$

$n(\text{NaOH}) = n(\text{KHP})$

na štandardizáciu sa pipetovalo 15,0 cm³ štandardného roztoku (KHP),

priemerná spotreba NaOH: 14,95 cm³

$c(\text{NaOH}) = 5,151 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 15,0 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 / 14,95 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 5,169 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

(e) Stanovenie ekvimolárneho zloženia zmesi EMix:

objem ekvimolárnej zmesi vzorky LA + H₂TA na analýzu: $V = 10 \text{ cm}^3$

spotreba na indikátor fenolftaleín (ff): 20,05 cm³ 5,169 10⁻² mol dm³ NaOH (L)

ff: $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na} + \text{H}_2\text{O}$

$n(\text{L})_1 = n(\text{LA})_1 = x$

$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5\text{Na}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

$n(\text{L})_2 = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{TA}) = 2 \cdot x$

$n(\text{L})_{\text{total}} = 3 \cdot x$

ff: $n(\text{L})_{\text{total}} = 3 \cdot x = 5,169 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 20,05 \text{ cm}^3 = 1,0363 \text{ mmol}$

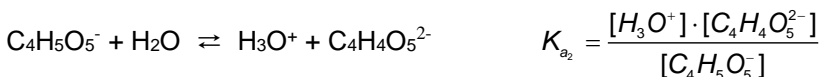
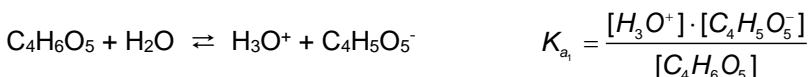
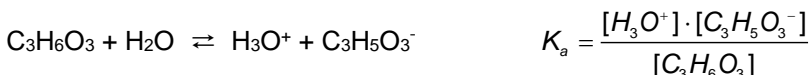
$x = 0,3454 \text{ mmol}$

$c(\text{LA}) = c(\text{H}_2\text{TA}) = 0,3454 \text{ mmol} / 10 \text{ cm}^3 = 0,03454 \text{ mol dm}^{-3}$

Bodovanie:

- 1 b:** príprava roztoku: a) vzorky, b) KHP; výpočet návažku KHP a operácie so štandardom (b); výpočet koncentrácie KHP (b); každá vykonaná titrácia (d), (e) – (max. 6 b);
- 2 b:** výpočet koncentrácie NaOH (d);
- 3 b:** výpočet koncentrácie EMix (e);
- 6 b:** presnosť $c(\text{NaOH})$ (d): $V(\text{norm}) \pm 0,1$ ml: 6 b; $\pm 0,2$ ml: 5 b, $\pm 0,3$ ml: 4 b; ... $\pm 0,6$ ml: 1b; $> \pm 0,6$ ml: 0 b
- 7 b:** relatívna chyba pri stanovení chemického zloženia EMix podľa tzv. 'master' hodnoty:
 $\delta \leq 3$ %: 7 bodov; (3; 4 > % 6 b; (4; 5 > % 5 b; ...; (8; 9 > % 1 b; $\delta \geq 9$ %: 0 bodov.

Riešenie úlohy 1 (3 b)



Riešenie úlohy 2 (2 b)

Mierou sily kyselín a zásad je ich disociačná konštanta ($K_{a(b)}$), ktorá charakterizuje protolytickú rovnováhu vo vodných roztokoch. Je to termodynamická veličina a závisí najmä od teploty. Čím je hodnota $K_{a(b)}$ väčšia, tým je protolytická rovnováha posunutá v prospech disociovej formy látky (katióny, resp. anióny), a tým je látka silnejšou kyselinou (zásadou). Podľa hodnoty disociačnej konštanty určujeme silu kyselín a zásad nasledovne: $K_{a(b)} > 10^{-2}$ silné protolyty, $10^{-4} < K_{a(b)} < 10^{-2}$ stredne silné protolyty, $K_{a(b)} < 10^{-4}$ slabé protolyty.

Riešenie úlohy 3 (3 b)

Pri stanovení zmesi EMix v bode ekvivalencie vzniká soľ slabej kyseliny La a H_2Ta a pH vzniknutého roztoku je väčšie ako 7 ($\text{pH} > 7$). Na indikáciu ekvivalentného bodu pri alkalimetrickom stanovení EMix sú vhodné všetky vizuálne indikátory, ktoré majú farebnú oblasť prechodu v rozmedzí $\text{pH} 7 - 10$ (nachádzajú sa medzi bromtymolovou modrou a tymolftaleínom): aurín, fenolová červená, krezolová červená a iné.

Riešenie úlohy 4 (2 b)

Tuhý NaOH je hygroskopická látka, pohlcuje H_2O a CO_2 zo vzduchu, vzniká zmes NaOH, NaHCO_3 a Na_2CO_3 . Rozpustením vo vode vzniká roztok, ktorý nemá presne definované zloženie ani koncentráciu.

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: Mgr. Henrich Kabzan, Mgr. Peter Šramel PhD., Ing. Juraj Malinčík, PhD., Ing. Pavel Májek, PhD., vedúci autorského kolektívu

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

Vydal: NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2025.