

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

62. ročník, školský rok 2025/2026

Kategória B

Školské 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

Školské kolo

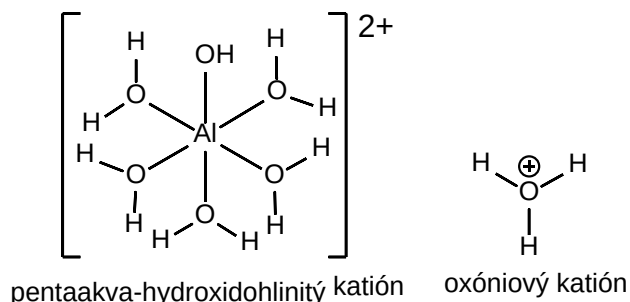
Mgr. Henrich Kabzan

Katedra organickej chémie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave

Maximálne 30 bodov

Úloha 1 (14 b)

- a) kamence (0,5 b)
b) dodekahydrát síranu draselno-hlinitého (1 b)
c) Roztok $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ je kyslý (má $pH < 7$). (1 b)
d) Za správny názov každého komplexného produktu 0,5 b (1 b za oba) a za štruktúrny vzorec 1 b (pre oxóniový kationt uznať aj štruktúrny vzorec, bez hranatej zátvorky) (2 b za oba).



Uznať aj názvy: hydroxóniový kationt, oxóniový ión, oxónium, kationt oxónia.

Oba produkty hydrolýzy sú klasické komplexy (1 b).

(v H_3O^+ je absolútna hodnota oxidačného čísla atómu kyslíka 2 a jeho koordinačné číslo je 3, v $[Al(H_2O)_5(OH)]^{2+}$ je absolútna hodnota oxidačného čísla hliníka 3 a jeho koordinačné číslo je 6).

Vysvetlenie: Al^{3+} kationty nie sú vo vodnom roztoku voľné ale vo forme komplexu s vodou – $[Al(H_2O)_6]^{3+}$. Tento komplex podlieha hydrolýze, pričom vzniká oxóniový kationt, čo má za následok zníženie pH roztoku. Draselný kationt ani síranový anión nepodliehajú hydrolýze.

- e) $M(Al_2(SO_4)_3) = 2 \cdot M(Al) + 3 \cdot M(S) + 12 \cdot M(O)$

$$M(Al_2(SO_4)_3) = 2 \cdot 26,982 + 3 \cdot 32,065 + 12 \cdot 15,999 = 342,15 \text{ g/mol} \quad (0,5 \text{ b})$$

$$M(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) = 2 \cdot M(Al) + 3 \cdot M(S) + 30 \cdot M(O) + 36 \cdot M(H)$$

$$M(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) = 2 \cdot 26,982 + 3 \cdot 32,065 + 30 \cdot 15,999 + 36 \cdot 1,0079 \text{ g/mol}$$

$$M(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) = 666,41 \text{ g/mol} \quad (0,5 \text{ b})$$

$$n(Al_2(SO_4)_3) = n(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O)$$

$$\frac{m(Al_2(SO_4)_3)}{M(Al_2(SO_4)_3)} = \frac{m(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O)}{M(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O)}$$

$$\frac{w(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot m(\text{R}))}{M(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2)} = \frac{w(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{R})}{M(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O})}$$

$$\frac{w(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2)}{M(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2)} = \frac{w(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O})}$$

$$w(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = \frac{w(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2)}{M(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2)} \cdot M(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O})$$

$$w(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,240}{342,15 \text{ g/mol}} \cdot 666,41 \text{ g/mol}$$

$$w(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = 0,46746$$

$$m(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = w(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{R})$$

$$m(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = 65,44 \text{ g} \approx \mathbf{65,4 \text{ g} \quad (2 \text{ b})}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{R}) - m(\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 140,0 \text{ g} - 65,443 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 74,5556 \text{ g}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{74,5556 \text{ g}}{1,00 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 74,5556 \text{ mL} \approx \mathbf{74,56 \text{ mL} \quad (1 \text{ b})}$$

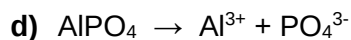
Treba uznať aj akýkoľvek iný správny spôsob výpočtu za **4 b**.

- f)** $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ **(0,5 b)**
- $$M(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = M(\text{Al}) + M(\text{K}) + 2 \cdot M(\text{S}) + 20 \cdot M(\text{O}) + 24 \cdot M(\text{H})$$
- $$M(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 26,982 + 39,098 + 2 \cdot 32,065 + 20 \cdot 15,999 + 24 \cdot 1,0079$$
- $$M(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 474,38 \text{ g/mol} \quad \textbf{(0,5 b)}$$
- $$M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot M(\text{K}) + M(\text{S}) + 4 \cdot M(\text{O})$$
- $$M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 39,098 \text{ g/mol} + 32,065 \text{ g/mol} + 4 \cdot 15,999 \text{ g/mol} = 174,26 \text{ g/mol} \quad \textbf{(0,5 b)}$$
- $$n(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})}{M(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})}$$
- $$n(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = \frac{10,0 \text{ g}}{474,38 \text{ g/mol}} = 0,021080 \text{ mol}$$
- $$\frac{n(\text{K}_2\text{SO}_4)}{n(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})} = \frac{\nu(\text{K}_2\text{SO}_4)}{\nu(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})}$$
- $$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{\nu(\text{K}_2\text{SO}_4)}{\nu(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})} \cdot n(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})$$
- $$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} \cdot 0,021080 \text{ mol} = 0,010540 \text{ mol}$$
- $$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = n(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{K}_2\text{SO}_4)$$
- $$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,01054 \text{ mol} \cdot 174,26 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \mathbf{1,84 \text{ g} \quad (2,5 \text{ b})}$$

Treba uznať aj akýkoľvek iný správny spôsob výpočtu za **3,5 b**.

Úloha 2 (7 b)

- a)** korund **(0,5 b)**, rubín (červená odroda) **(0,5 b)**, zafír (modrá odroda) **(0,5 b)**
- b)** $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Al}$ **(0,5 b)**, octan hlinitý, alumínium-trietanoát, alumínium-triacetát **(0,5 b)**
 – uznať ktorýkoľvek z uvedených názvov.



$$M(\text{AlPO}_4) = M(\text{Al}) + M(\text{P}) + 4 \cdot M(\text{O})$$

$$M(\text{AlPO}_4) = 26,982 \text{ g/mol} + 30,974 \text{ g/mol} + 4 \cdot 15,999 \text{ g/mol} = 121,952 \text{ g/mol} \quad (0,5 \text{ b})$$

$$K_s = [\text{Al}^{3+}] \cdot [\text{PO}_4^{3-}]$$

$$[\text{Al}^{3+}] = [\text{PO}_4^{3-}]$$

Rovnovážna koncentrácia hlinitých katiónov (aj rovnovážna koncentrácia fosforečnanových aniónov) sa číselne rovná látkovej koncentrácii fosforečnanu hlinitého – $c(\text{AlPO}_4)$.

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

$$\text{Vieme, že } K_s = 5,75 \cdot 10^{-19}$$

$$[\text{Al}^{3+}] = \sqrt{5,75 \cdot 10^{-19}}$$

$$[\text{Al}^{3+}] = 7,5829 \cdot 10^{-10}$$

$$c(\text{AlPO}_4) = 7,5829 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3 \quad (2 \text{ b})$$

$$c(\text{AlPO}_4) = m(\text{AlPO}_4) / (M(\text{AlPO}_4) \cdot V_{\text{roztok}})$$

$$m(\text{AlPO}_4) = c(\text{AlPO}_4) \cdot M(\text{AlPO}_4) \cdot V_{\text{roztok}}$$

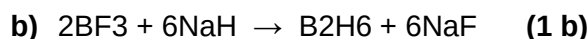
$$m(\text{AlPO}_4) = 7,5829 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3 \cdot 121,952 \text{ g/mol} \cdot 0,350 \text{ dm}^3$$

$$m(\text{AlPO}_4) = 3,24 \cdot 10^{-8} \text{ g} \quad (1 \text{ b})$$

Treba uznať aj akýkoľvek iný správny spôsob výpočtu za 3,5 b.

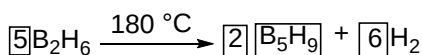
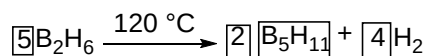
Úloha 3 (9 b)

a) kyselina (0,25 b), báza (zásada) (0,25 b)



c) 5 (0,25 b), B_5H_{11} (3 b), 2 (0,25 b), 4 (0,25 b), 5 (0,25 b), B_5H_9 (3 b), 2 (0,25 b), 6 (0,25 b)

Odpoveď má byť v tvare:



Vysvetlenie výpočtu empirického vzorca boránu obsahujúci 83 % bóru:

$$w(\text{B}) = 83,0 \%$$

$$w(\text{H}) = 100 \% - 83,0 \% = 17,0 \%$$

Empirický vzorec zlúčeniny bude B_xH_y . My teda musíme zistiť čísla x a y (stechiometrické indexy bóru a vodíka).

Empirický vzorec látky je nezávislý od množstva. Pre jednoduchosť počítania je však vhodné stanoviť si, že máme presne 100 g zlúčeniny (skrátene zl).

$$m(\text{B}) = w(\text{B}) \cdot m(\text{zl}) = 0,830 \cdot 100 \text{ g} = 83,0 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = w(\text{H}) \cdot m(\text{zl}) = 0,170 \cdot 100 \text{ g} = 17,0 \text{ g}$$

Keď vieme hmotnosti prvkov, vieme pomocou molárnych hmotností vypočítať ich látkové množstvá:

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

$$M(\text{H}) = 1,0079 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{B}) = m(\text{B})/M(\text{B}) = 83,0 \text{ g}/10,811 \text{ g/mol} = 7,6774 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = m(\text{H})/M(\text{H}) = 17,0 \text{ g}/1,0079 \text{ g/mol} = 16,867 \text{ mol}$$

Keď už poznáme látkové množstvá bóru a vodíka, vypočítame stechiometrické indexy. Každé látkové množstvo vydáme najmenším látkovým množstvom (v tomto prípade látkovým množstvom bóru).

$$x = n(\text{B})/n(\text{B}) = 1$$

$$y = n(\text{H})/n(\text{B}) = 16,867 \text{ mol}/7,6774 \text{ mol} = 2,1969 \approx 2,2$$

Keďže stechiometrický index vodíka vyšiel necelistvý, musíme oba indexy vynásobiť takým číslom aby vyšli čo najmenšie celé čísla. Takýmto číslom je 5. Po vynásobení získame stechiometrické indexy vodíka a bóru.

$$x(\text{upravený}) = 1 \cdot 5 = 5$$

$$y(\text{upravený}) = 2,2 \cdot 5 = 11$$

Empirický vzorec tejto zlúčeniny teda je B_5H_{11} .

Výpočet empirického vzorca boránu obsahujúci 85,6 % bóru:

$$w(\text{B}) = 85,6 \%$$

$$w(\text{H}) = 100 \% - 85,6 \% = 14,4 \%$$

$$m(\text{B}) = w(\text{B}) \cdot m(\text{zl}) = 0,856 \cdot 100 \text{ g} = 85,6 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = w(\text{H}) \cdot m(\text{zl}) = 0,144 \cdot 100 \text{ g} = 14,4 \text{ g}$$

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

$$M(\text{H}) = 1,0079 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{B}) = m(\text{B})/M(\text{B}) = 85,6 \text{ g}/10,811 \text{ g/mol} = 7,9179 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = m(\text{H})/M(\text{H}) = 14,4 \text{ g}/1,0079 \text{ g/mol} = 14,2871 \text{ mol}$$

$$x = n(\text{B})/n(\text{B}) = 1$$

$$y = n(\text{H})/n(\text{B}) = 14,2871 \text{ mol}/7,9179 \text{ mol} = 1,8044 \approx 1,8$$

$$x(\text{upravený}) = 1 \cdot 5 = 5$$

$$y(\text{upravený}) = 1,8 \cdot 5 = 9$$

Empirický vzorec tejto zlúčeniny teda je B_5H_9 .

ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

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

Školské kolo

Počet bodov: 30

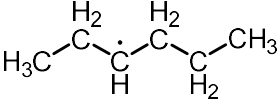
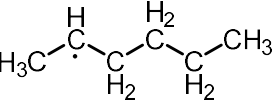
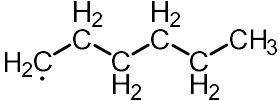
RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH

Úloha 1 (20 bodov)

a)

1,0 b za každý správne nakreslený radikálový intermediát; 1,0 b za správne určené poradie relatívnej stability

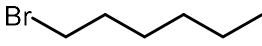
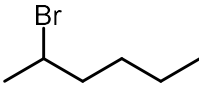
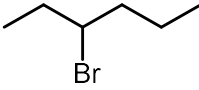
b

Vzorce radikálových intermediátov				3
	A	B	C	
Zoradenie relatívnej stability	A ≈ B > C			1

b)

1,0 b za každú správnu štruktúru produktu; 1,0 b za každý správne pomenovaný produkt;

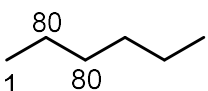
b

Vzorec produktu				3
názov	1-brómhexán	2-brómhexán	3-brómhexán	3

c)

3,0 b za správny postup výpočtu; **0,5 b** za správne percentuálne zastúpenie produktov

b

Postup výpočtu	Relatívne reaktivity môžeme graficky vyjadriť:			3
				
	$A = 6 \cdot 1 = 6$			
	$B = 4 \cdot 80 = 320$			
	$C = 4 \cdot 80 = 320$			
	$x(A) = \frac{6}{6 + 320 + 320} = 0,009$			
Zastúpenie produktov v %	$x(B) = \frac{320}{646} = 0,495$			
	$x(C) = \frac{320}{646} = 0,495$			
	A	B	C	0,5
0,9	49,5	49,5		

d)

3,0 b za správne vyčíslenú rovnicu

b

Rovnica horenia hexánu	$2 \text{ C}_6\text{H}_{14} + 19 \text{ O}_2 \rightarrow 12 \text{ CO}_2 + 14 \text{ H}_2\text{O}$	3,0
------------------------	--	-----

e)

3,0 b za správny postup výpočtu; **0,5 b** za správny výsledok

b

Postup výpočtu	5 litrov (5000 cm^3) hexánu môžeme vyjadriť v jednotkách látkového množstva podľa nasledujúceho vzťahu: $n(C_6H_{14}) = \frac{m(C_6H_{14})}{M(C_6H_{14})} = \frac{\rho(C_6H_{14}) \cdot V(C_6H_{14})}{M(C_6H_{14})} = \frac{0,66 \text{ g cm}^{-3} \cdot 5000 \text{ cm}^3}{86,18 \text{ g mol}^{-1}}$ $n(C_6H_{14}) = 38,292 \text{ mol}$ Látkové množstvo vzniknutého CO_2 podľa vyrovnanej chemickej rovnice bude: $n(\text{CO}_2) = 6 \cdot n(C_6H_{14})$ Objem potom vypočítame zo stavovej rovnice ideálneho plynu: $V(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CO}_2) \cdot R \cdot T}{p^0} = \frac{6 \cdot 38,292 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{10^5 \text{ Pa}}$ $V(\text{CO}_2) = 5,70 \text{ m}^3$	3
Objem CO_2 (m^3)	5,70	0,5

Úloha 2 (10,00 b)

0,5 b za každý(ú) správne uvedený(ú) názov / štruktúru východiskového alkénu; **1,0 b** za každú správne uvedenú štruktúru dominantného produktu; **0,5 b** za každý správne uvedený názov dominantného produktu (v prípade uvedenia štruktúry minoritného produktu (regioizoméru) možno udeliť **0,5 b**, v prípade jeho správneho pomenovania **0,5 b**)

Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu	
1,1,3-trimetylhexán		Br ₂ /UV	 3-bróm-1,1,3-trimetylhexán	2
1-bróm-4-(2-metylpropán-2-yl)-benzén alebo 1-bróm-4- <i>terc</i> -butylbenzén		Br ₂ /UV	 1-bróm-4-(1-bróm-2-metylpropán-2-yl)-benzén	20
1,3-dietylcyklopentán		Br ₂ /UV	 1-bróm-1,3-dietylcyklopentán	2
4-etyl-1,1-dimetylcykloheptán		Br ₂ /UV	 1-bróm-1-etyl-4,4-dimetylcykloheptán	2
1,2,3,4,5-pentametylcyklopentán		Br ₂ /UV	 1-bróm-1,2,3,4,5-pentametylcyklopentán	2

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., RNDr. Marcel Tkáč

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