

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

62. ročník, školský rok 2025/2026

Kategória B

Domáca príprava

RIEŠENIE A HODNOTENIE

TEORETICKÝCH ÚLOH

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

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

Domáca príprava

Mgr. Henrich Kabzan

Katedra organickej chémie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave

Maximálne 30 bodov

Úloha 1 (11,5 b)

- a) hydroxid-oxid hlinitý (0,5 b)
- b) filtrácia (0,5 b)
- c) $\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ (2·0,5 b)
- d) $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ (0,5 b), kryolit (0,5 b)
- e) katóda (0,5 b), anóda (0,5 b)
- f) neušľachtilé (0,5 b)
- g) $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$ (1b)
- h)

1. Spôsob riešenia:

$$M(\text{H}_2) = 2 \times M(\text{H}) = 2 \cdot 1,0079 \text{ g/mol} = 2,0158 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Al}) = 26,982 \text{ g/mol}$$

$$26,982 \text{ g} \dots\dots\dots 1 \text{ mol Al}$$

$$1400 \text{ g} \dots\dots\dots x \text{ mol Al}$$

$$\frac{1400 \text{ g}}{26,982 \text{ g}} = \frac{x \text{ mol}}{1 \text{ mol}}$$

$$x = 51,8864 \text{ mol (1 b)}$$

$$2 \text{ mol Al} \dots\dots\dots 3 \text{ mol H}_2$$

$$51,8864 \text{ mol} \dots\dots\dots x \text{ mol H}_2$$

$$\frac{51,8864 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = \frac{x \text{ mol}}{3 \text{ mol}}$$

$$x = 77,8296 \text{ mol (1 b)}$$

$$2,0158 \text{ g} \dots\dots\dots 1 \text{ mol H}_2$$

$$x \text{ g} \dots\dots\dots 77,8296 \text{ mol H}_2$$

$$\frac{x \text{ g}}{2,0158 \text{ g}} = \frac{77,8296 \text{ mol}}{1 \text{ mol}}$$

$$x = m(\text{H}_2) = 156,9 \text{ g (1 b)}$$

2. Spôsob riešenia:

$$M(\text{H}_2) = 2,0158 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Al}) = 26,982 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})}$$

$$n(\text{Al}) = \frac{1400 \text{ g}}{26,982 \text{ g/mol}} = 51,8864 \text{ mol} \quad (1 \text{ b})$$

$$\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{Al})} = \frac{\nu(\text{H}_2)}{\nu(\text{Al})}$$

$$\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{Al})} = \frac{3}{2}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{3}{2} \cdot n(\text{Al}) = \frac{3}{2} \cdot 51,8864 \text{ mol} = 77,8296 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2)$$

$$m(\text{H}_2) = 77,8296 \text{ mol} \cdot 2,0158 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 156,9 \text{ g}$$

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

i) beryl (**0,5 b**), $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (uznať ľubovoľné poradie oxidov) (**1 b**)

j) $M(\text{Si}) = 28,086 \text{ g/mol}$

$M(\text{Al}) = 26,982 \text{ g/mol}$

$M(\text{O}) = 15,999 \text{ g/mol}$

$M(\text{Be}) = 9,012 \text{ g/mol}$

$M(\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}) = 3 \cdot M(\text{Be}) + 2 \cdot M(\text{Al}) + 6 \cdot M(\text{Si}) + 18 \cdot M(\text{O})$

$M(\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}) = 3 \cdot 9,012 \text{ g/mol} + 2 \cdot 26,982 \text{ g/mol} + 6 \cdot 28,086 \text{ g/mol} + 18 \cdot 15,999 \text{ g/mol}$

$M(\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}) = 537,50 \text{ g/mol}$ (**0,5 b**)

$$w(\text{Al}) = \frac{2 \times M(\text{Al})}{M(\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18})} = \frac{2 \times 26,982 \text{ g/mol}}{537,498 \text{ g/mol}}$$

$$w(\text{Al}) = 0,1003 = 10,03 \% \quad (1 \text{ b})$$

Úloha 2 (10 b)

a) $\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{B}(\text{OH})_4]^- + \text{H}_3\text{O}^+$ (**1 b**)

b) $w(\text{H}_3\text{BO}_3) = 0,0300$

$V(\text{R}) = 0,380 \text{ dm}^3 = 380 \text{ cm}^3$

$\rho(\text{R}) = 1010 \text{ kg/m}^3 = 1,01 \text{ g/cm}^3$

$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1,00 \text{ g/cm}^3$

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

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

$m(\text{R}) = 1,01 \text{ g/mL} \cdot 380 \text{ cm}^3$

$m(\text{R}) = 383,80 \text{ g}$

$w(\text{H}_3\text{BO}_3) = m(\text{H}_3\text{BO}_3)/m(\text{R})$

$m(\text{H}_3\text{BO}_3) = w(\text{H}_3\text{BO}_3) \cdot m(\text{R})$

$m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 0,0300 \cdot 383,80 \text{ g}$

$m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 11,514 \text{ g} \approx 11,5 \text{ g}$ (**1 b**)

$m(\text{R}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_3\text{BO}_3)$

$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{R}) - m(\text{H}_3\text{BO}_3)$

$m(\text{H}_2\text{O}) = 383,80 \text{ g} - 11,514 \text{ g}$

$m(\text{H}_2\text{O}) = 372,29 \text{ g}$

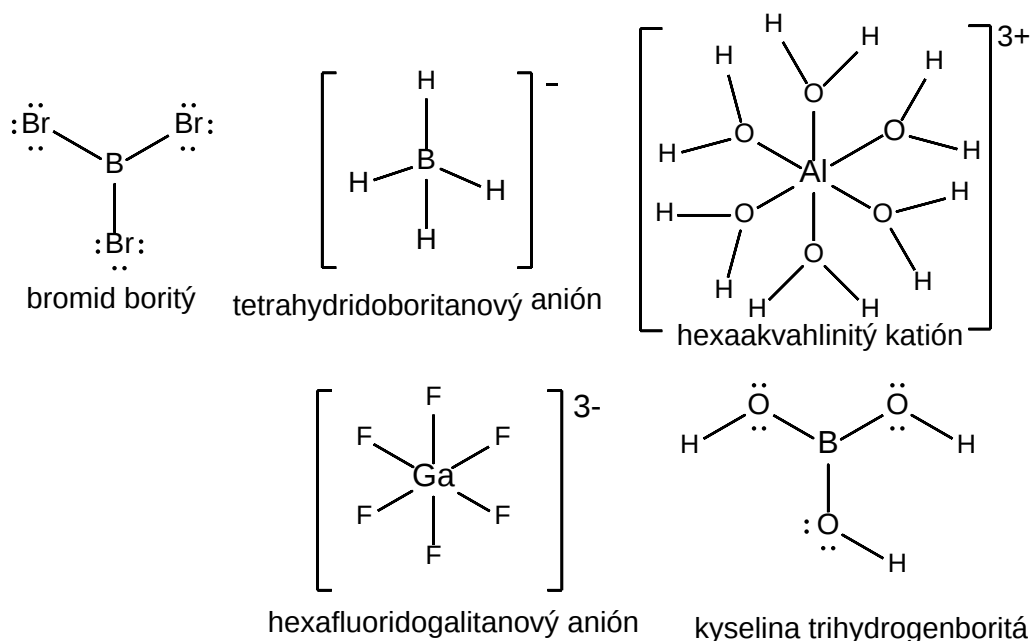
$V(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/\rho(\text{H}_2\text{O})$

$V(\text{H}_2\text{O}) = 372,3 \text{ cm}^3$ (**1 b**)

- c) esterifikácia (0,5 b)
- d) Použitím zriedenej kyseliny sírovej namiesto koncentrovanej by sa rovnováha reakcie ustálila v smere tvorby kyseliny trihydrogenboritej a metanolu. (Uznať každú správnu odpoveď týkajúcu sa posunu rovnováhy) (1 b)
- e) kyselina monohydrogenboritá (0,25 b); dehydratácia (0,5 b); oxid boritý (0,25 b); oxid horečnatý (0,25 b)
- f) 2HBO_2 (0,5 b); B_2O_3 (0,25 b); 3 (0,25 b); 2 (0,25 b); 3MgO (0,5 b)
- g) TlCl ($2,0 \cdot 10^{-4}$) > TlSCN ($1,6 \cdot 10^{-4}$) > TlBr ($3,9 \cdot 10^{-6}$) > TlIO_3 ($3,1 \cdot 10^{-6}$) > TlI ($5,8 \cdot 10^{-8}$) (1 b)
- h) tiokyanatan tálny (0,5 b)
 $\text{TlSCN} \rightarrow \text{Ti}^+ + \text{SCN}^-$
 $K_s = [\text{Ti}^+][\text{SCN}^-]$
 Vieme, že: $K_s = 1,6 \cdot 10^{-4}$
 $[\text{Ti}^+] = [\text{SCN}^-]$
 $K_s = [\text{SCN}^-]^2$
 $[\text{SCN}^-] = \sqrt{K_s}$
 $[\text{SCN}^-] = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-4}} = 0,0126$
 $c(\text{SCN}^-) \approx 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$ (1 b)

Úloha 3 (8,5 b)

- a) Za každý správne nakreslený štruktúrny vzorec udeliť 1 b (dohromady 5 b). Štruktúrny vzorec komplexu musí zahŕňať aj hranatú zátvorku, u kationtov a aniónov musí byť uvedený aj náboj inak sa odpoveď neuzná ako správna. V štruktúrnych vzorcoch (keďže nejde o elektrónové štruktúrne vzorce nie je nutné kresliť voľné elektrónové páry).



- b) Za každý správne určený klasický komplex udeliť 0,5 b (dohromady 1,5 b).

Klasické komplexy: tetrahydridohlinitanový anión, hexaakvahlinový kation, hexafluoridogalitanový anión.

- c) trimetyloxónium alebo trimetyloxóniový kation (0,5 b); oxidačné číslo: –II (0,5 b); koordinačné číslo: 3 (0,5 b).

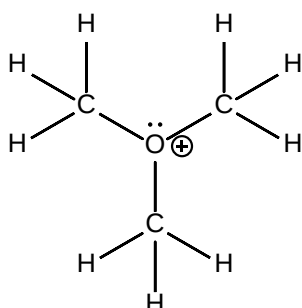
Atóm kyslíka vystupuje takmer výlučne v oxidačnom čísle –II. Výnimkou sú len peroxidy (oxidačné číslo –I, H_2O_2 , Na_2O_2), superoxidy (oxidačné číslo –1/2, KO_2), ozonidy (oxidačné

číslo $-1/3$, KO_3) a zlúčeniny s fluórom (kladné oxidačné čísla, OF_2 , O_2F_2). Z toho vyplýva, že v trimetyloxóniovom katióne má kyslík oxidačné číslo $-II$.

Oxidačné číslo atómu kyslíka v trimetyloxóniovom katióne môžeme zistiť aj výpočtom.

Oxidačné číslo je definované ako počet chýbajúcich alebo nadbytočných elektrónov na viazanom atóme, keď elektróny každej väzby formálne priradíme elektronegatívnejšiemu atómu. Pre určenie oxidačných čísiel atómov v molekule alebo molekulovom ióne je dôležitá elektronegativita viazaných atómov (schopnosť kovalentne viazaného atómu priťahovať väzbový elektrónový pár) a formálny náboj. Vychádzame pri tom z elektrónového štruktúrneho vzorca.

Z elektrónového štruktúrneho vzorca trimetyloxóniového katiónu vyplýva, že formálny náboj kyslíka $\text{FN}(\text{O}) = 1$.



Oxidačné číslo $-N_o$ daného atómu v molekule alebo molekulovom ióne potom vieme vypočítať ako rozdiel počtu elektrónov, ktoré atómu ubudli väzbou k elektronegatívnejšiemu atómu $-N_u$ a počtu elektrónov, ktoré na atóme pribudli väzbou k elektropozitívnejšiemu atómu $-N_p$. K tejto hodnote pripočítame hodnotu formálneho náboja na danom atóme $-FN$.

$$N_o = N_u - N_p + FN$$

Kyslík má vyššiu elektronegativitu ako uhlík.

Elektronegativita uhlíka podľa Paulinga: $\chi(\text{C}) = 2,55$

Elektronegativita kyslíka podľa Paulinga: $\chi(\text{O}) = 3,44$

Z toho vyplýva, že na atóme kyslíka v trimetyloxóniovom katióne elektróny pribudli. Keďže atóm kyslíka viaže tri atómy uhlíka, je $N_p = 3$ (1 väzbový elektrón od každého atómu uhlíka). Keďže sa atóm kyslíka v tomto katióne neviaže na žiaden elektronegatívnejší atóm sa $N_u = 0$.

$$N_o(\text{O}) = N_u(\text{O}) - N_p(\text{O}) + FN(\text{O}) = 0 - 3 + 1 = -2$$

- d) Áno ide o klasický komplex, pretože koordinačné číslo atómu kyslíka prevyšuje absolútnu hodnotu jeho oxidačného čísla. **(0,5 b)**

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

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

Domáca príprava

Mgr. Peter Šramel, PhD.,¹ Ing. Juraj Malinčík, PhD.

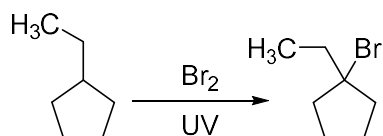
¹Katedra organickej chémie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave

Maximálne 30 bodov

Úloha 1 (21,75 b)

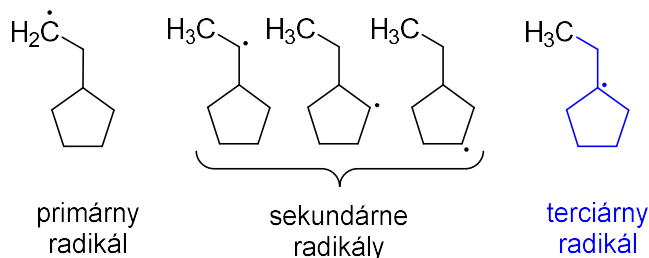
a) (0,75 b)

0,25 b za správne nakreslenú štruktúru východiskovej látky; **0,25 b** za správnu štruktúru produktu; **0,25 b** za správne zapísanú reakčnú schému



b) (3,50 b)

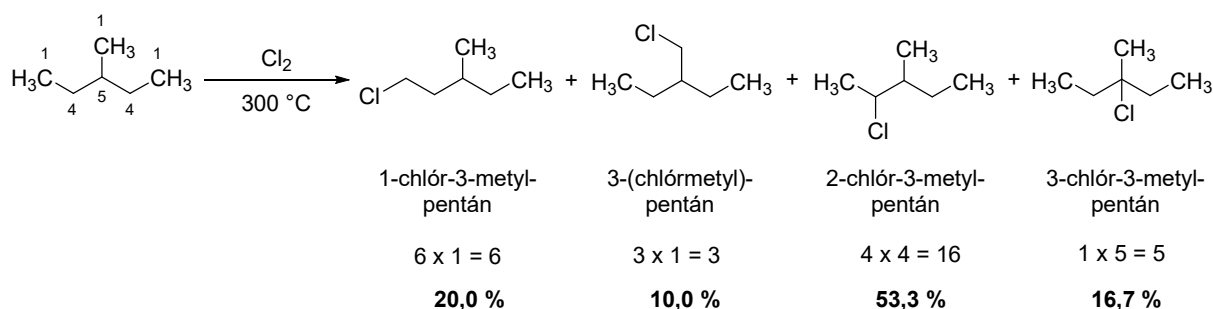
0,25 b za každý správne nakreslený radikálový intermediát; **0,25 b** za každý správne určený charakter príslušného intermediátu; **0,50 b** za správny výber najstabilnejšieho intermediátu a **0,50 b** za správne vysvetlenie selektivity danej reakcie



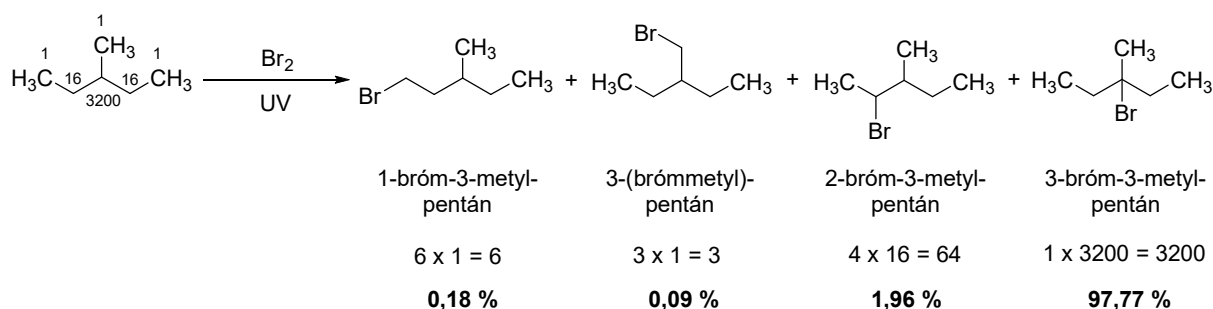
Pri danej radikálovej bromácii môže vznikáť jeden primárny radikálový intermediát, tri sekundárne a jeden terciárny. Vzhľadom na to, že terciárny intermediát je zo všetkých najstabilnejší, bude dominantným reakčným intermediátom vedúcim k vyššie uvedenému dominantnému produktu – terciárnemu brómalkánu.

c) (5,25 b)

0,25 b za správne zapísanú reakčnú schému; **0,50 b** za každý správne nakreslený produkt; **0,25 b** za každý správne pomenovaný produkt; **0,50 b** za každé správne vypočítané percentuálne zastúpenie daného produktu



d) (5,25 b)



e), f) (7 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) udeliť **0,25 b**, v prípade jeho správneho pomenovania **0,25 b**)

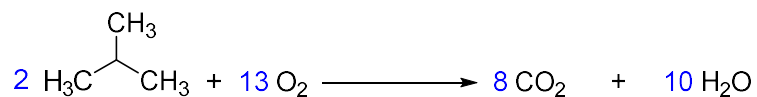
Názov východiskovej látky	Štruktúra východiskovej látky	Reakčné podmienky	Názov a štruktúra dominantného produktu
pent-1-én		NBS / ROOR	 3-brómpent-1-én
3-metylheptán		Br ₂ / UV	 3-bróm-3-metylheptán
terc-butylcyklohexán		Br ₂ / UV	 1-bróm-1-terc-butylcyklohexán
2,2,4,4-tetrametyl-pentán		Br ₂ / UV	 3-bróm-2,2,4,4-tetrametyl-pentán

1,1,4-trimetylcyklohexán		Br_2 / UV	 1-bróm-1,4,4-trimetylcyklohexán
izopentylbenzén		Br_2 / UV	 (1-bróm-3-metylbutyl)benzén
1,2-dimetylcyklopentán		Br_2 / UV	 1-bróm-1,2-dimetylcyklopentán

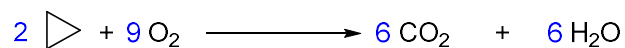
Úloha 2 (8,25 b)

0,25 b za každú správne nakreslenú štruktúru východiskového alkénu; **0,25 b** za každú správne napísanú reakčnú rovnicu; **0,50 b** za správne vyrovnanie reakčnej rovnice

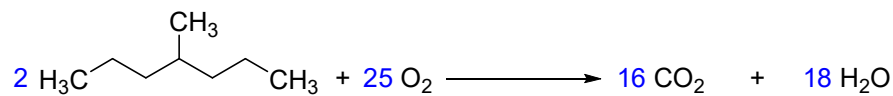
a) (1 b)



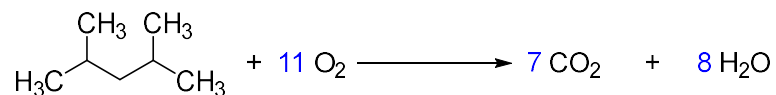
b) (1 b)



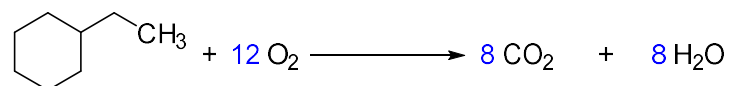
c) (1 b)



d) (1 b)



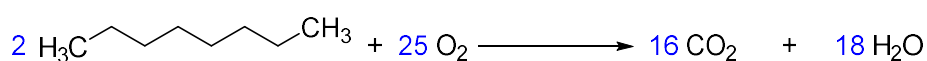
e) (1 b)



(3,25 b)

f) 0,25 b za správne nakreslenú štruktúru východiskového alkénu; **0,25 b** za správne napísanú reakčnú rovnicu; **0,50 b** za správne vyrovnanie reakčnej rovnice; **0,50 b** za správne určenie mólového pomeru $n(\text{oktán}) / n(\text{CO}_2)$; **0,50 b** za správny výpočet $n(\text{oktán})$; **0,50 b** za správny výpočet $n(\text{CO}_2)$; **0,75 b** za správny výpočet $V(\text{CO}_2)$. Body udeliť aj v prípade inak štruktúrovaného doloženého výpočtu. V prípade zrejmej numerickej chyby túto penalizovať **0,25 b** z bodov pridelených za príslušný výpočet (minimálny výsledný počet bodov = 0). Jednu chybu nepenalizovať viackrát: ak nastala numerická chyba v prvej časti výpočtu a ďalej už s touto chybnou hodnotou výpočty správne, nesúlad číselnej hodnoty už druhý krát nepenalizovať.

Z rovnice horenia oktánu je zrejmé, že látkové množstvá oktánu a CO_2 sú v pomere $2 / 16 = 1 / 8$. To znamená, že z jedného mólu oktánu vznikne osem mólov CO_2 .



$$\frac{n(\text{oktán})}{n(\text{CO}_2)} = \frac{1}{8} \rightarrow n(\text{CO}_2) = 8 \times n(\text{oktán})$$

$$n(\text{oktán}) = \frac{m(\text{oktán})}{M(\text{oktán})} = \frac{2500 \text{ g}}{114,23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 21,89 \text{ mol}$$

$$n(\text{CO}_2) = 8 \times n(\text{oktán}) = 8 \times 21,89 \text{ mol} = 175,09 \text{ mol}$$

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \times V_m = 175,09 \text{ mol} \times 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} = 3923,66 \text{ dm}^3 \approx 4,0 \text{ m}^3$$

Spálením 2,5 kg oktánu vznikne ca $4,0 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$.

Autori: Mgr. Henrich Kabzan, Mgr. Peter Šramel PhD., Ing. Juraj Malinčík, PhD.

Recenzenti: Ing. Simona Herdová, doc. RNDr. Martin Putala, PhD.

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