



60. ročník

2023/2024

NÁRODNÍ KOLO

Kategorie B

Teoretická část – Řešení

ANORGANICKÁ CHEMIE**30 BODŮ****Úloha 1 Abeceda sírová****10,25 bodu**

1)

A: H₂S**B:** SO₂**C:** Pb**D:** O₂**E:** Ca(H₂PO₄)₂ nebo CaHPO₄**F:** K₂Cr₂O₇**G:** Fe₂(SO₄)₃**H:** BF₃

za každý vzorec (značku prvku) po 0,25 bodu

celkem 2,00 bodu

2)

Reakce a: H₂SO₄ + H₂S → S + SO₂ + 2 H₂O**Reakce b:** 2 PbS + 3 O₂ → 2 PbO + 2 SO₂ (částečně se uznává se i vznik PbO₂ se ztrátou 0,50 bodu)**Reakce c:** PbS + 2 PbO → 3 Pb + SO₂Alternativně: PbS + O₂ → Pb + SO₂**Reakce d:** 2 H₂SO₄ + 2 MnO₂ → 2 MnSO₄ + O₂ + 2 H₂O**Reakce e:** Ca₃(PO₄)₂ + 2 H₂SO₄ → Ca(H₂PO₄)₂ + 2 CaSO₄Alternativně: Ca₃(PO₄)₂ + H₂SO₄ → 2 CaHPO₄ + CaSO₄**Reakce f:** 2 K₂CrO₄ + H₂SO₄ → K₂Cr₂O₇ + K₂SO₄ + H₂OAlternativně: 2 K₂CrO₄ + 2 H₂SO₄ → K₂Cr₂O₇ + 2 KHSO₄ + H₂O**Reakce g:** 6 FeSO₄ + K₂Cr₂O₇ + 7 H₂SO₄ → 3 Fe₂(SO₄)₃ + Cr₂(SO₄)₃ + K₂SO₄ + 7 H₂O

Alternativně lze uzнат další rozumné správné vyčíslené kombinace solí (např. vznik kamenců, hydrogensíranů atp.).

Reakce h: 3 CaF₂ + 3 H₂SO₄ + B₂O₃ → 2 BF₃ + 3 CaSO₄ + 3 H₂O

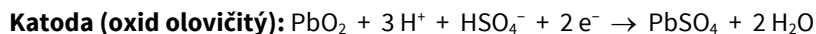
za všechny správné reaktanty a produkty každé reakce po 0,75 bodu

za vyčíslení každé rovnice (kromě **g**) po 0,25 boduza vyčíslení rovnice **g** 0,50 bodu**celkem 8,25 bodu**

Úloha 2 A zase ten olověný akumulátor – H₂SO₄ jako elektrolyt

8,00 bodů

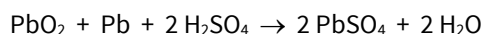
1)



za všechny správné reaktanty a produkty každé reakce (včetně vyčíslení) po 1,00 bodu
celkem 2,00 bodu

2) Při výpočtu lze postupovat například takto:

Vyjdeme z rovnice popisující vybíjení olověného akumulátoru:



Z rovnice je zřejmé, že látkové množství zreagované kyseliny sírové se rovná látkovému množství vzniklé vody.

Označíme-li hmotnost zreagované kyseliny sírové jako $m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4}$ a hmotnost vzniklé vody jako $m_{\text{vz. H}_2\text{O}}$, platí:

$$\begin{aligned} n_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4} &= n_{\text{vz. H}_2\text{O}} \\ \frac{m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4}} &= \frac{m_{\text{vz. H}_2\text{O}}}{M_{\text{vz. H}_2\text{O}}} \\ m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4} &= \frac{98,07 \text{ g mol}^{-1}}{18,01 \text{ g mol}^{-1}} \cdot m_{\text{vz. H}_2\text{O}} \end{aligned}$$

Nabitý akumulátor:objem: $V_N = 1000 \text{ cm}^3$ hmotnostní zlomek: $w_N = 0,380$ hustota: $\rho_N = 1,29 \text{ g cm}^{-3}$ **Vybitý akumulátor:**objem: V_V hmotnostní zlomek: $w_V = 0,150$ hustota: $\rho_V = 1,10 \text{ g cm}^{-3}$

Celková hmotnost elektrolytu $m_{\text{OH}_2\text{SO}_4}$ v nabitém akumulátoru je:

$$m_{\text{OH}_2\text{SO}_4} = \rho_N \cdot V_N = 1,29 \text{ g cm}^{-3} \cdot 1000 \text{ cm}^3 = 1290 \text{ g}$$

Hmotnost H₂SO₄ ($m_{\text{H}_2\text{SO}_4}$) v elektrolytu v nabitém akumulátoru je tedy:

$$\begin{aligned} w_N &= \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{OH}_2\text{SO}_4}} \\ m_{\text{H}_2\text{SO}_4} &= w_N \cdot m_{\text{OH}_2\text{SO}_4} = 0,380 \cdot 1290 \text{ g} = 490,2 \text{ g} \end{aligned}$$

Pro vybitý akumulátor platí, že:

$$w_V = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4} - m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{O H}_2\text{SO}_4} - m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4} + m_{\text{vz. H}_2\text{O}}}$$

Hmotnost zreagované kyseliny sírové je tedy:

$$0,150 = \frac{490,2 - m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4}}{1290 - m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4} + \frac{18,01}{98,07} \cdot m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4}}$$

$$m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4} = 337,9 \text{ g}$$

Hmotnost vzniklé vody je:

$$m_{\text{vz. H}_2\text{O}} = \frac{18,01 \text{ g mol}^{-1}}{98,07 \text{ g mol}^{-1}} \cdot m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4} = \frac{18,01 \text{ g mol}^{-1}}{98,07 \text{ g mol}^{-1}} \cdot 337,9 \text{ g} = 62,1 \text{ g}$$

Objem elektrolytu po vybití je tedy:

$$V_V = \frac{m_{\text{O H}_2\text{SO}_4} - m_{\text{zr. H}_2\text{SO}_4} + m_{\text{vz. H}_2\text{O}}}{\rho_V} = \frac{1290 \text{ g} - 337,9 \text{ g} + 62,1 \text{ g}}{1,10 \text{ g cm}^{-3}} = 922 \text{ cm}^3$$

Rozdíl v objemu elektrolytu mezi nabitým a vybitým akumulátorem je tedy:

$$\Delta V = V_N - V_V = 1000 \text{ cm}^3 - 922 \text{ cm}^3 = 78 \text{ cm}^3$$

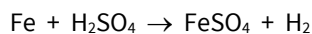
*za smysluplný postup 3,50 bodu
za správný výsledek objemu elektrolytu po vybití 2,00 bodu
za správný výsledek rozdílu v objemu elektrolytu mezi nabitým a vybitým akumulátorem 0,50 bodu
(pokud je zapsán pouze správný výsledek, pak udělit 100 % bodů)*

celkem 6,00 bodu

Úloha 3 Karel a soli železa

11,75 bodu

1) Rovnici reakce železa se zředěnou kyselinou sírovou lze zapsat jako:



Z rovnice je zřejmé, že:

$$n_{\text{Fe}} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

Je třeba ověřit, zda je některá z reagujících látek v nadbytku. Můžeme porovnat látková množství.

Látkové množství železa:

$$n_{\text{Fe}} = \frac{m_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}} = \frac{2,00 \text{ g}}{55,85 \text{ g mol}^{-1}} = 0,0358 \text{ mol}$$

Látkové množství kyseliny sírové:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{w_{5\% \text{H}_2\text{SO}_4} \cdot m_{5\% \text{H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{w_{5\% \text{H}_2\text{SO}_4} \cdot \rho_{5\% \text{H}_2\text{SO}_4} \cdot V_{5\% \text{H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,050 \cdot 1,032 \text{ g cm}^{-3} \cdot 60,0 \text{ cm}^3}{98,07 \text{ g mol}^{-1}} = 0,0316 \text{ mol}$$

Železo je tedy ve srovnání s reagující kyselinou sírovou v nadbytku (Karel nepoužil stechiometrické množství H_2SO_4). Při výpočtu teoretického výtěžku zelené skalice dle Karlova skutečného postupu proto vyjdeme z látkového množství kyseliny sírové. Platí:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}}$$

$$m_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = 0,0316 \text{ mol} \cdot 278,01 \text{ g mol}^{-1} = 8,785 \text{ g}$$

Teoretický výtěžek (nejvyšší hmotnost) zelené skalice dle Karlova skutečného postupu je tedy 8,785 g.

*za smysluplný postup výpočtu teoretického výtěžku zelené skalice podle Karlova postupu 1,00 bodu
za správnou hmotnost (teoretický výtěžek zelené skalice podle Karlova postupu) 1,00 bodu
(pokud je zapsán pouze správný výsledek, pak udělit 100 % bodů)*

celkem 2,00 bodu

- 2) Teoretický výtěžek (hmotnost zelené skalice) dle předepsaného postupu spočítáme jako:

$$n_{\text{Fe}} = n_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}$$

$$\frac{m_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}} = \frac{m_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}}$$

$$m_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}} \cdot M_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = \frac{2,00 \text{ g}}{55,85 \text{ g mol}^{-1}} \cdot 278,01 \text{ g mol}^{-1} = 9,956 \text{ g}$$

Praktický výtěžek zelené skalice, kterého Karel dosáhl vzhledem k předepsanému postupu, je tedy $1,204 : 9,956 \cdot 100 \% = 12,1 \%$.

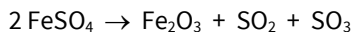
*za smysluplný postup výpočtu praktického výtěžku vzhledem k předepsanému postupu 0,50 bodu
za správný praktický výtěžek zelené skalice 0,50 bodu
(pokud je zapsán pouze správný výsledek, pak udělit 100 % bodů)*

celkem 1,00 bodu

- 3) Látkové množství bezvodého FeSO_4 odpovídá látkovému množství připraveného $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

$$n_{\text{FeSO}_4} = n_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}$$

Reakce probíhá podle rovnice:



Z rovnice reakce víme, že:

$$n_{\text{FeSO}_4} = 2 \cdot n_{\text{SO}_2} = 2 \cdot n_{\text{SO}_3}$$

Předpokládáme ideální chování plynů. Hustotu směsi vzniklých plynů v uzavřené nádobě o objemu $100,0 \text{ cm}^3$ můžeme tedy vyjádřit jako:

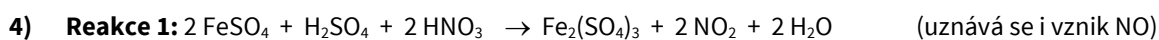
$$\rho = \frac{m_{\text{SO}_2} + m_{\text{SO}_3}}{V} = \frac{\frac{m_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{SO}_2}}{2 \cdot M_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}} + \frac{m_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{SO}_3}}{2 \cdot M_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}}}{V}$$

$$\rho = \frac{\frac{m_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}}{2 \cdot M_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}} \cdot (M_{\text{SO}_2} + M_{\text{SO}_3})}{V}$$

$$\rho = \frac{\frac{1,204 \text{ g}}{2 \cdot 278,01 \text{ g mol}^{-1}} \cdot (64,06 \text{ g mol}^{-1} + 80,06 \text{ g mol}^{-1})}{100,0 \text{ cm}^3} = 3,12 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3} = 3,12 \text{ kg m}^{-3}$$

*za smysluplný postup 1,75 bodu
za správný výsledek v g cm^{-3} 1,00 bodu
za převedení na kg m^{-3} 0,25 bodu
(pokud je zapsán pouze správný výsledek, pak udělit 100 % bodů)*

celkem 3,00 bodu



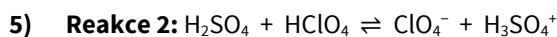
Látka **Y** = $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ – lze uznat i bezvodý $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ či jakýkoliv jiný hydrát této sloučeniny.

za všechny správné reaktanty a produkty 0,75 bodu

za vyčíslení rovnice 0,25 bodu

za vzorec látky **Y** 0,25 bodu

celkem 1,25 bodu

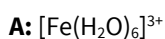


(V rovnici lze uznat i šipku jednosměrnou.)

za všechny správné reaktanty a produkty (včetně vyčíslení) 0,50 bodu

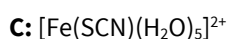
celkem 0,50 bodu

6)



Odpověď v podobě Fe^{3+} , která nesplňuje zadání (tj. nejedná se o komplexní částici), lze uznat za 0,10 bodu.

B: $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeO}(\text{OH})$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ či $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3]$ (stačí jeden ze vzorců)



Ve vzniklé komplexní částici lze uznat i jiný stechiometrický poměr $\text{Fe}^{3+}/\text{SCN}^-$.

Pokud je látka **A** uvedena ve formě Fe^{3+} , lze uznat formulaci $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ (či jiný stechiometrický poměr $\text{Fe}^{3+}/\text{SCN}^-$) za plný počet bodů.

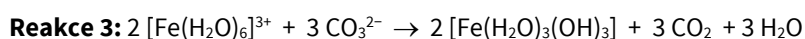
Jiné formulace, které nejsou zapsány v požadované podobě komplexní částice – tj. $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ – lze uznat za 0,10 bodu.



za každý vzorec 0,25 bodu

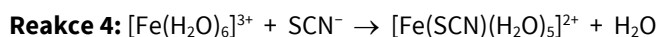
celkem 1,00 bodu

7)



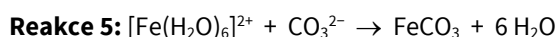
Alternativně lze uznat i reakci s hydrogenuhličitanem nebo s hydroxidovými ionty (vzniklými hydrolyzou uhličitanového aniontu), např: $2 [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + 3 \text{HCO}_3^- \rightarrow 2 [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3] + 3 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{H}^+$

Lze uznat i jiné rozumné a správně vyčíslené iontové rovnice za plný počet bodů.



Ve vzniklé komplexní částici lze uznat i jiný stechiometrický poměr $\text{Fe}^{3+}/\text{SCN}^-$.

Pokud je látka **A** či látka **C** uvedena v jiné formě než ve formě komplexní částice, lze uznat i jiné rozumné a správně vyčíslené iontové rovnice za plný počet bodů.



za všechny správné reaktanty a produkty každé reakce po 0,75 bodu

za vyčíslení rovnice po 0,25 bodu

celkem 3,00 bodu

ORGANICKÁ CHEMIE

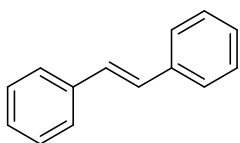
30 BODŮ

Úloha 1 Izomerní schéma

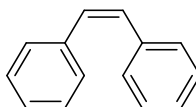
11,00 bodů

1)

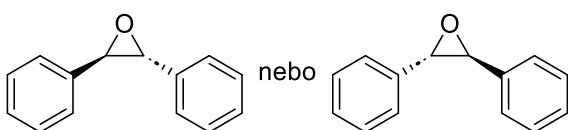
Vzorec A:



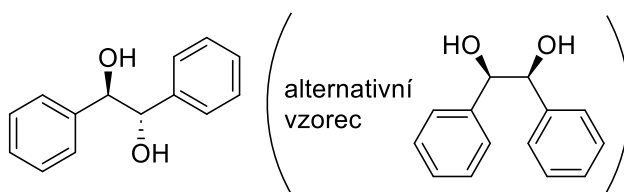
Vzorec B:



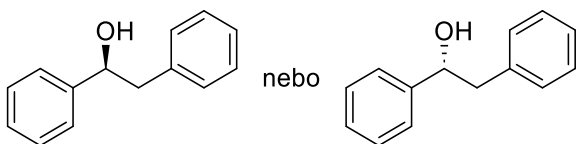
Vzorec C*:



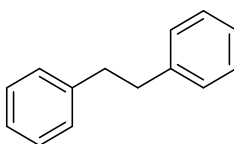
Vzorec D: (látka není chirální - je však důležité znázornit vzájemnou polohu funkčních skupin)



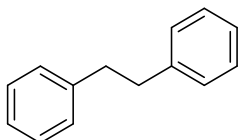
Vzorec E*:



Vzorec F:



Vzorec G:



za každou strukturu (bez ohledu na správnost konfigurace na stereogenních centrech) 1,00 bod
u látek C, D, E za správné znázornění konfigurace stereogenních center po 0,50 bodu

celkem 8,50 bodu

2) Ano, touto reakcí vzniká látka D.

celkem 0,50 bodu

3) Identické látky.

celkem 0,50 bodu

4) Konfigurační izomery.

celkem 0,50 bodu

5) Geometrická izomerie.

celkem 0,50 bodu

- 6) Jedná se o geometrické (*cis/trans*) izomery. *Trans*-izomer je stabilní, protože je to planární molekula s konjugovaným systémem dvojných vazeb. V *cis*-izomeru se objemné fenylové skupiny dostávají do vzájemné blízkosti a molekula proto nemůže být planární. To negativně ovlivňuje konjugaci a tím i stabilitu molekuly.

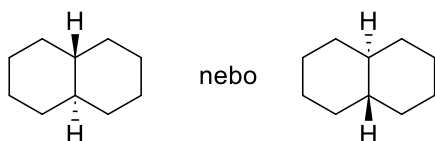
Lze uznat i jakoukoliv obdobnou správnou odpověď.

celkem 0,50 bodu

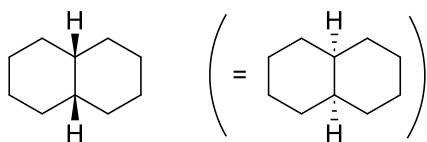
Úloha 2 Bicykly a jiné

10,00 bodů

- 1) Izomer **H**: stereodeskriptor *trans*-



- Izomer **I**: stereodeskriptor *cis*-



za každý vzorec 0,5 bodu

za každý správně přiřazený stereodeskriptor 0,25 bodu

celkem 1,50 bodu

- 2) Izomer **H** (*trans*-izomer) je stabilnější než izomer **I** (*cis*-izomer).

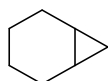
Zdůvodnění: U izomeru **H** neodchází k vzájemné interakci vodíků sousedních kruhů, naopak u izomeru **I** dochází k vzájemné interakci axiálních vodíků na sousedních kruzích, což vede ke snížení stability tohoto izomeru.

za porovnání stability 0,25 bodu

za zdůvodnění 0,50 bodu

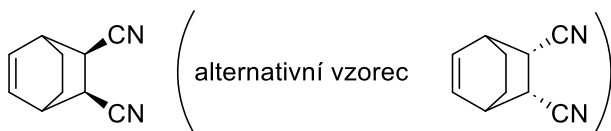
celkem 0,75 bodu

- 3) Látka **J**:



celkem 1,00 bod

- 4) Látka **K**:



Látka **K** není chirální, protože má rovinu symetrie.

za strukturu 1,00 bod

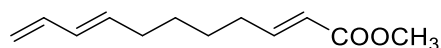
za určení relativní konfigurace pomocí klínek 0,50 bodu

za určení chiralit 0,25 bodu

za zdůvodnění chiralit 0,25 bodu

celkem 2,00 body

- 5) Látka **L**: (lze uznat libovolnou konfiguraci na dvojných vazbách)



Látky **L** a **M** jsou izomery, protože mají stejný sumární vzorec.

za strukturu 1,25 bod
za určení, že jde o izomery 0,25 bodu
za zdůvodnění izomerie 0,25 bodu

celkem 1,75 bodu

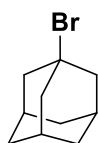
- 6) Látka **N**:



Látka **O**:



Látka **P**:



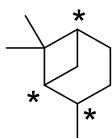
za každou strukturu 1,00 bod

celkem 3,00 body

Úloha 3 Terpeny a ozonolýza

9,00 bodů

- 1)



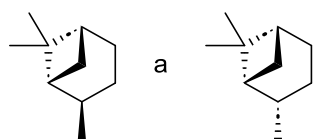
za každé označené stereogenní centrum 0,25 bodu
za každé nesprávně označené stereogenní centrum -0,25 bodu

celkem 0,75 bodu (nelze získat méně než 0,00 bodu)

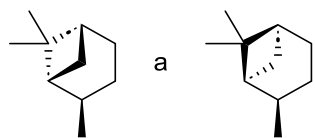
- 2) Látka **Q** tvoří 4 stereoizomery. Vzájemná *trans*-konfigurace na můstkových atomech uhlíku cyklobutanového kruhu není možná, protože v tomto uspořádání nelze uzavřít další cyklus.

Níže jsou uvedeny čtyři možnosti správného řešení, je třeba uvést vždy jednu z nich.

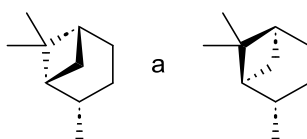
varianta 1



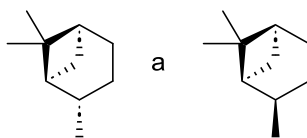
varianta 3



varianta 2



varianta 4



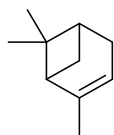
za počet stereoizomerů 0,25 bodu

za zdůvodnění 0,25 bodu

za každý vzorec z dvojice stereoizomerů (libovolné varianty) 0,50 bodu, tj. celkem max. 1,00 bod

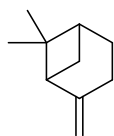
celkem 1,50 bod

3) α -pinen:



celkem 1,50 bodu

4) β -pinen:

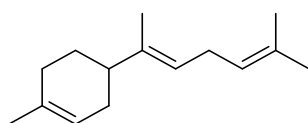


celkem 1,50 bodu

5) Stupeň nenasycenosti cedrenu je 4.

celkem 0,25 bodu

6) α -bisabolen:



celkem 1,50 bodu

7) β -bisabolen: **R** (už uvedeno v zadání, nehodnotí se), **S, V**.

γ -bisabolen: **S, T, U**.

za každou správně uvedenou látku (vyjma **R**) po 1,00 bodu

celkem 2,00 bodu