



**60. ročník**

**2023/2024**

**ŠKOLNÍ KOLO**

**Kategorie A/E**

---

**Teoretická část – Řešení**

**ANORGANICKÁ CHEMIE****60 BODŮ****Úloha 1 Halogeny hoooodně obecně****16 bodů**

- 1) Prvek: Fluor; jediný fluor nevyužívá volné d-orbitaly, neboť je to pro něj vysoce energeticky nevýhodné.

*za identifikovaný prvek 1,00 bodu  
za uvedenou odlišnost 2,00 bodu*

**celkem 3,00 bodu**

- 2) Kromě fluoru budou prvky vytvářet násobné vazby, typicky ve svých kladných oxidačních stavech. Tato odlišnost je dána nepřítomností volných d-orbitalů fluoru, jak bylo zmíněno v úkolu 1). Absence volných d-orbitalů navíc způsobuje maximální hypotetickou čtyřvaznost atomu fluoru, na rozdíl od dalších halogenů, kde je vaznost podstatně vyšší.

**za uvedení rozdílu v násobnosti vazeb 2,00 bodu**

- 3) Velikost atomu se ve skupině zvyšuje. S rostoucím protonovým číslem ve skupině se zároveň zvyšuje počet elektronů daného prvku. Tyto elektrony jsou umístěny na energetické hladiny, které jsou dál a dál od jádra. Pokud jsou elektrony dále od jádra, pak musí být samotný atom větší. Je možno uznávat jakékoli další principiálně správné odpovědi za plný počet bodů.

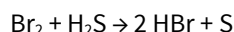
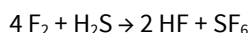
*za trend 1,00 bodu  
za vysvětlení trendu 2,00 bodu*

**celkem 3,00 bodu**

- 4) Oxidační vlastnosti klesají ve skupině s rostoucí hmotností. Nejvyšší oxidační schopnosti má tedy fluor, což souvisí mimo jiné s hodnotou elektronegativity (schopnost atomu přitáhnout si elektrony), která je u tohoto prvku nejvyšší.

**za rozhodnutí 1,50 bodu**

- 5) Rovnice:



*za každou rovnici včetně vyčíslení 1,50 bodu (dílní body se neudělují)*

**celkem maximálně 4,50 bodu**

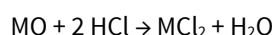
- 6) Rostoucí velikost a polarizovatelnost atomů/molekul a velikost van der Waalových interakcí.

**za uvedení alespoň jednoho důvodu 2,00 bodu**

## Úloha 2 Pátrání po obskurních minerálech

24 bodů

- 1) Vzhledem k maximu informací, které máme o látce **B**, je vhodné začít identifikací právě této látky. Žiháním prakticky všech běžně dostupných minerálů dochází ke konečnému rozkladu na jejich oxidy. Je tedy vhodné předpokládat, že látka **B** je oxid jistého kovu. Silně alkalická reakce roztoku vzniklého reakcí látky **B** s vodou napovídá, že **B** bude oxid alkalického kovu, případně kovu alkalických zemin. Vzhledem k tomu, že látka vzniklá reakcí oxidu **B** s vodou je omezeně rozpustná ve vodě, je možné se domnívat, že **B** je oxid kovu alkalických zemin (o čemž rovněž svědčí tvrzení, že minerály **X2** i **Z** obsahují tentýž dvojmocný kation). Předpokládejme tedy strukturu **B** jako MO. Reakcí s kyselinou chlorovodíkovou máme:



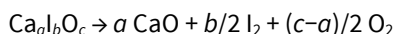
Platí tedy

$$n_{\text{HCl}} = 2n_{\text{MO}} \rightarrow \frac{m_{\text{MO}}}{M_{\text{MO}}} = \frac{1}{2} \cdot c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \rightarrow M_{\text{MO}} = \frac{m_{\text{MO}}}{\frac{1}{2} \cdot c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}$$

$$M_{\text{MO}} = \frac{0,1438 \text{ g}}{\frac{1}{2} \cdot 0,200 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 25,65 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3} = 56,1 \text{ g mol}^{-1}$$

To odpovídá CaO. Látka **B** je tedy CaO.Je zjevné, že sublimující černofialové krystaly **C** jsou jod.

Minerál **X2** je tříprvkový, což naznačuje, že obsahuje vápenatý kation a dále na základě předchozích úvah ještě velmi pravděpodobně jod a kyslík (vzhledem ke vzniku CaO jako produktu žihání minerálu za nepřístupu vzduchu). Celkově je tedy možný pravděpodobný vzorec minerálu  $\text{Ca}_a\text{I}_b\text{O}_c$ . Jeho žihání na základě indicií vede ke vzniku CaO a následně jodu a kyslíku (reziduální plyn **D**):



Z následující rovnice plyne látková bilance

$$n_{\text{CaO}} = a \cdot n_{\text{X2}} \rightarrow \frac{m_{\text{CaO}}}{M_{\text{CaO}}} = a \cdot \frac{m_{\text{X2}}}{a \cdot M_{\text{Ca}} + b \cdot M_{\text{I}} + c \cdot M_{\text{O}}}$$

$$n_{\text{I}_2} = \frac{b}{2} \cdot n_{\text{X2}} \rightarrow \frac{m_{\text{I}_2}}{M_{\text{I}_2}} = \frac{b}{2} \cdot \frac{m_{\text{X2}}}{a \cdot M_{\text{Ca}} + b \cdot M_{\text{I}} + c \cdot M_{\text{O}}}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{c-a}{2} \cdot n_{\text{X2}} \rightarrow \frac{m_{\text{O}_2}}{M_{\text{O}_2}} = \frac{c-a}{2} \cdot \frac{m_{\text{X2}}}{a \cdot M_{\text{Ca}} + b \cdot M_{\text{I}} + c \cdot M_{\text{O}}}$$

Vzhledem k tomu, že látku **D** jsme identifikovali jako kyslík, jsou známy všechny hmotnosti (0,1438 g CaO, 0,6510 g I<sub>2</sub> a 0,2052 g O<sub>2</sub>) i molekulové hmotnosti v uvedené bilanci, a je možné tak sestavit soustavu rovnic o třech neznámých *a*, *b* a *c*:

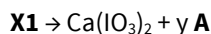
$$\frac{0,1438 \text{ g}}{56,077 \text{ g mol}^{-1}} = a \cdot \frac{1,000 \text{ g}}{a \cdot 40,078 \text{ g mol}^{-1} + b \cdot 126,904 \text{ g mol}^{-1} + c \cdot 15,999 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$\frac{0,1438 \text{ g}}{56,077 \text{ g mol}^{-1}} = \frac{b}{2} \cdot \frac{1,000 \text{ g}}{a \cdot 40,078 \text{ g mol}^{-1} + b \cdot 126,904 \text{ g mol}^{-1} + c \cdot 15,999 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$\frac{0,1438 \text{ g}}{56,077 \text{ g mol}^{-1}} = \frac{c-a}{2} \cdot \frac{1,000 \text{ g}}{a \cdot 40,078 \text{ g mol}^{-1} + b \cdot 126,904 \text{ g mol}^{-1} + c \cdot 15,999 \text{ g mol}^{-1}}$$

Taková soustava rovnic ale není jednoduše řešitelná (má pouze singulární řešení), zavedením  $a = 1$  obdržíme dále  $b = 2$  a  $c = 6$ . Minerál **X2** má tedy složení  $\text{Ca}_1\text{I}_2\text{O}_6$ , což odpovídá jodičnanu vápenatému  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ .

Dále se zaměříme na identifikaci látky **A**. Pravděpodobně se jedná o hydrát, protože hydrátová voda je jediným rozumným plynným produktem při zahřívání běžných minerálů. Tuto domněnku ale musíme potvrdit. Předpokládejme, že rozklad **X1** teplem probíhá v souladu s následující rovnicí:



Pak je jasné, že:

$$n_{\mathbf{X1}} = n_{\text{Ca}(\text{IO}_3)_2} \rightarrow \frac{m_{\mathbf{X1}}}{M_{\mathbf{X1}}} = \frac{m_{\text{Ca}(\text{IO}_3)_2}}{M_{\text{Ca}(\text{IO}_3)_2}} \rightarrow M_{\mathbf{X1}} = m_{\mathbf{X1}} \cdot \frac{M_{\text{Ca}(\text{IO}_3)_2}}{m_{\text{Ca}(\text{IO}_3)_2}}$$

$$M_{\mathbf{X1}} = 1,000 \text{ g} \cdot \frac{389,88 \text{ g mol}^{-1}}{0,956 \text{ g}} = 407,82 \text{ g mol}^{-1}$$

Porovnáním této hodnoty s molekulovou hmotností  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ , která činí  $389,88 \text{ g mol}^{-1}$ , je zřejmé, že rozdíl činí přibližně  $18 \text{ g mol}^{-1}$ , a minerál **X1** je tedy  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  a molekula **A** je voda.

Nyní se zaměříme na identifikaci minerálu **Y** a látky **Z**. Na základě informací ze zadání je minerál **Y** podvojným minerálem  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$  a látky **Z**. Látka **Z** obsahuje stejný dvojmocný kation jako **X1**, tedy  $\text{Ca}$ , a tepelným rozkladem **Y** vzniká rovněž jod a kyslík. Zároveň je naznačeno, že minerál **Y** je čtyřprvkový, a tedy můžeme předpokládat, že jeho složení je možné vyjádřit jako  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \mathbf{Z}$ , kde **Z** má složení  $\text{Ca}_e\text{M}_f\text{O}_r$ .

Rozklad tohoto minerálu při žihání pak nutně musí poskytovat kromě oxidu vápenatého i oxid neznámého prvku **M**, látku **E**, která má zelenou barvu. Látka **Z** má anion, který je žlutě nebo oranžově zbarvený v roztoku, jeho barva závisí na pH roztoku. Tento anion se zároveň sráží stříbrnými ionty za vzniku červenohnědé sraženiny. Podezření v tomto případě padá na **M** jako chrom, ale to je nutné ověřit.

Molární hmotnost **Y**, a tedy i **Z**, určíme z předpokladu, že **Y** má složení  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \mathbf{Z}$ , a z porovnání tepelného rozkladu **X2** a **Y**. Již jsme dokázali, že minerál **X2** je  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ , a víme, že žiháním  $1,000 \text{ g}$   $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$  vzniklo  $0,6510 \text{ g}$   $\text{I}_2$ , a tedy hmotnostní zlomek jodu v  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$  je  $0,6510$ . Je ale důvodné předpokládat, že **Z** neobsahuje jod, a tedy veškerý jod, který pochází z rozkladu minerálu **Y**, pochází z  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ , čímž můžeme zkusit odhadnout molární hmotnost **Y**. Víme totiž, že hmotnostní zlomek jodu v **Y** je  $0,4649$  a předpokládáme, že obsahuje 2 atomy jodu, tedy:

$$w_{\text{I}/\mathbf{Y}} = \frac{2 \cdot M_{\text{I}}}{M_{\mathbf{Y}}} \rightarrow M_{\mathbf{Y}} = \frac{2 \cdot M_{\text{I}}}{w_{\text{I}/\mathbf{Y}}} = \frac{2 \cdot 126,90 \text{ g mol}^{-1}}{0,4649} = 545,92 \text{ g mol}^{-1}$$

Pokud je předpoklad o složení **Y** správný, pak je molární hmotnost **Z**:

$$M_{\mathbf{Z}} = M_{\mathbf{Y}} - M_{\text{Ca}(\text{IO}_3)_2} = 545,92 \text{ g mol}^{-1} - 389,88 \text{ g mol}^{-1} = 156,04 \text{ g mol}^{-1}$$

To je poměrně rozumně nízká hodnota molární hmotnosti, která by mohla naznačovat, že **Z** je jednoduchá sůl o složení  $\text{Ca}(\text{anion})$ , tedy, že molární hmotnost (pravděpodobně dvojmocného) aniontu látky **Z** je:

$$M_{\text{anion}} = M_{\mathbf{Z}} - M_{\text{Ca}} = 156,04 \text{ g mol}^{-1} - 40,08 \text{ g mol}^{-1} = 115,96 \text{ g mol}^{-1}$$

Má-li být anion obecného složení  $\text{M}_e\text{O}_f$  dvojmocný anion, je nutné, aby obsahoval aspoň 2 atomy O, což vede k důvodnému podezření, že  $e = 1$  a anion je tedy  $(\text{MO}_f)^{2-}$ . Pro  $f = 2, 3$  a  $4$  (nejběžnější anionty) dostaneme postupně:

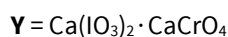
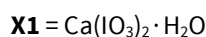
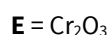
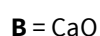
$$f = 2 \rightarrow M_M = M_{\text{anion}} - 2M_O = 115,96 \text{ g mol}^{-1} - 2 \cdot 16,00 \text{ g mol}^{-1} \approx 84 \text{ g mol}^{-1}$$

$$f = 3 \rightarrow M_M = M_{\text{anion}} - 3M_O = 115,96 \text{ g mol}^{-1} - 3 \cdot 16,00 \text{ g mol}^{-1} \approx 68 \text{ g mol}^{-1}$$

$$f = 4 \rightarrow M_M = M_{\text{anion}} - 4M_O = 115,96 \text{ g mol}^{-1} - 4 \cdot 16,00 \text{ g mol}^{-1} \approx 52 \text{ g mol}^{-1}$$

Výsledek pro  $f = 2$  by odpovídal kryptonu, což není prvek běžně tvořící zelené oxidy. Totéž je možné říci o případě  $f = 3$ , kdy ani zinek ani gallium neodpovídají svými vlastnostmi (kyslíkatých aniontů a oxidů). Pro případ  $f = 4$  nám bylo potvrzeno podezření na chrom, tedy látka **Z** je nutně  $\text{CaCrO}_4$  a minerál **Y** pak podvojný  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{CaCrO}_4$ . Látkou **E** pak musí být  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

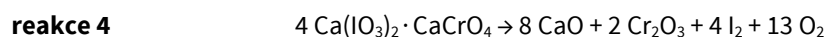
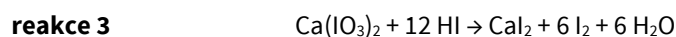
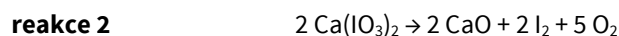
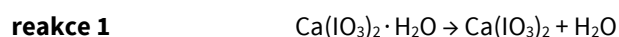
Přehledně tedy:



za identifikaci látek **A**, **B**, **C**, **D** a **E** na základě správných úvah, oprávněných předpokladů a výpočtů po 1,00 bodu  
za identifikaci **X1**, **X2**, **Y** a **Z** na základě správných úvah, oprávněných předpokladů a výpočtů po 2,00 bodu  
v případě jakéhokoliv alternativního správného postupu vedoucího ke správnému řešení udělit plný počet bodů

**celkem 13,00 bodu**

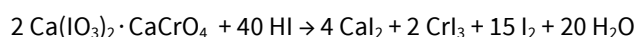
2) Rovnice:



za každou správnou rovnicí včetně vyčíslení 1,50 bodu (dílčí body se neudělují)

**celkem 7,50 bodu**

3) Rovnice:



za správně sestavenou rovnicí 2,00 bodu

za správné vyčíslení 1,50 bodu

**celkem 3,50 bodu**

## Úloha 3 Co jsou halogenovodíky zač

20 bodů

- 1) Fluorovodík je jediným halogenovodíkem, který má vyšší teplotu varu než 0 °C (konkrétně 19,5 °C), odlišuje se tak od ostatních halogenovodíků. To je dáno vlivem vodíkových můstků, které jsou u fluorovodíku velmi silné.

*za identifikovaný halogenovodík 1,00 bodu  
za vysvětlení odlišnosti explicitním zmíněním vodíkových můstků 2,50 bodu*

**celkem 3,50 bodu**

- 2) Reakce mezi elementárním fluorem a vodíkem je silně exotermická, kdy je reakce doprovázena explozí. Z toho důvodu není ekonomické takovou reakci pro přípravu HF provádět.

**za vysvětlení 3,00 bodu**

- 3) Jodovodík se nevyrábí přímou syntézou z prvků kvůli tomu, že tato reakce není z termodynamických důvodů proveditelná v dostatečném výtěžku.

**za vysvětlení 3,00 bodu**

- 4) Pokud hovoříme o polaritě chemické vazby, míníme tím nerovnoměrnost rozložení elektronové hustoty mezi dvěma atomy vlivem odlišných hodnot elektronegativit obou atomů. Naproti tomu polarizovatelnost vazby představuje jakousi deformovatelnost elektronového obalu molekuly vlivem vnějšího elektrického pole. Jinými slovy se jedná o míru schopnosti vazby změnit pravděpodobnost výskytu elektronů vlivem elektrického pole.

Tyto efekty jsou „protichůdné“, typickým příkladem jsou právě halogenovodíky. **Polarita vazby H–X klesá ve skupině, ale polarizovatelnost v tomto směru roste.** Samotná polarizovatelnost má pak vliv třeba na sílu kyselin.

*za správně identifikovaný trend polarity 2,00 bodu  
za správně identifikovaný trend polarizovatelnosti 2,00 bodu*

**celkem 4,00 bodu**

- 5) Nejsilnější bude kyselina jodovodíková (HI).

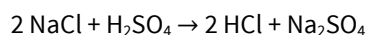
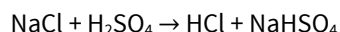
Síla kyselin souvisí s polarizovatelností molekuly. Polarita vazby H–X sice klesá ve skupině, ale polarizovatelnost v tomto směru roste.

Síla kyselin je dána snadností odtržení H<sup>+</sup> iontu se své molekuly. Pokud k takovému odtržení dojde, pak se na zbývající části molekuly (v našem případě anionty X<sup>-</sup>) „přeskupí“ elektrony. Toto přeskupení pocítí daleko více malý atom fluoru s menším počtem elektronů, než velký jod s velkým počtem elektronů.

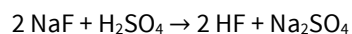
*za identifikaci nejsilnější kyseliny 1,00 bodu  
za vysvětlení na základě polarizovatelnosti 2,50 bodu*

**celkem 3,50 bodu**

- 6) Rovnice:

**za uvedení alespoň jedné rovnice 1,50 bodu (dílčí body se neudělují)**

7) Rovnice:



HBr a HI obdobným způsobem nelze vyrábět, jelikož by se vznikající kyseliny oxidovaly pomocí  $\text{H}_2\text{SO}_4$  na elementární  $\text{Br}_2$ , resp.  $\text{I}_2$ .

Disociační konstanta HBr a HI má rovněž řádově větší hodnotu než disociační konstanta kyseliny sírové. K samotnému vytěsnění HBr a HI by tak z hlediska rovnováhy nemohlo dojít.

**za vyčíslenou rovnicí 1,50 bodu**

*za uvedení rovnic, které by poskytovaly současně s HF i HBr/HI hodnotit úkol 0,25 bodu*

*za uvedení rovnic, které by poskytovaly pouze HBr/HI hodnotit úkol 0,00 bodu*

**ORGANICKÁ CHEMIE****60 BODŮ****Úloha 1 Friedel a Crafts****20 bodů**

1) HCl, chlorovodík

*za jednu z odpovědí 1,00 bodu***celkem 1,00 bodu**

2) Obecně: Lewisova kyselina

Příklady: AlCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>, TiCl<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, apod.*za obecnou odpověď 1,00 bodu, za každý příklad 1,00 bodu – za příklady maximálně 2,00 bodu***celkem 3,00 bodu**

3) Snadněji bude reagovat ethylbenzen.

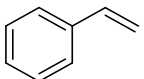
Ethylová skupina působí svým +I efektem (dodává elektrony na jádro) a zpřístupňuje aromatické jádro k další elektrofilní aromatické substituci.

*za správnou odpověď 1,00 bodu, za zdůvodnění 2,00 bodu***celkem 3,00 bodu**

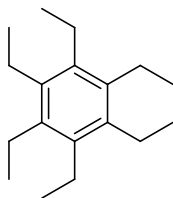
4) Teoreticky může reagovat maximálně se šesti molekulami.

*za odpověď 1,00 bodu***celkem 1,00 bodu**

5) b), c)

*za správnou odpověď 1,00 bodu, za špatnou odpověď –1,00 bodu – minimálně 0,00 bodu***celkem 2,00 bodu**6)  , styren*za každou odpověď 1,00 bodu***celkem 2,00 bodu**

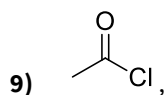
7)

*za odpověď 2,00 bodu***celkem 2,00 bodu**

8) a), e)

*za správnou odpověď 1,00 bodu, za špatnou odpověď –1,00 bodu – minimálně 0,00 bodu***celkem 2,00 bodu**





Jakýkoli z těchto názvů je možné uznat: ethanoylchlorid, chlorid kyseliny ethanové, acetylchlorid a chlorid kyseliny octové.

za každou odpověď (vzorec, název) 1,00 bodu

**celkem 2,00 bodu**


- 10) Acylová skupina vázaná na benzenovém jádře vykazuje –I a –M efekt a způsobuje snížení elektronové hustoty aromatického jádra. Tím dojde ke snížení reaktivity aromatického jádra a ztížení další elektrofilní aromatické substituce na aromatické jádro.

za odpověď 2,00 bodu

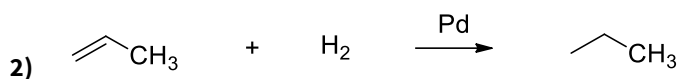
**celkem 2,00 bodu**

## Úloha 2      Cyklus poprvé

17 bodů

1) , propan

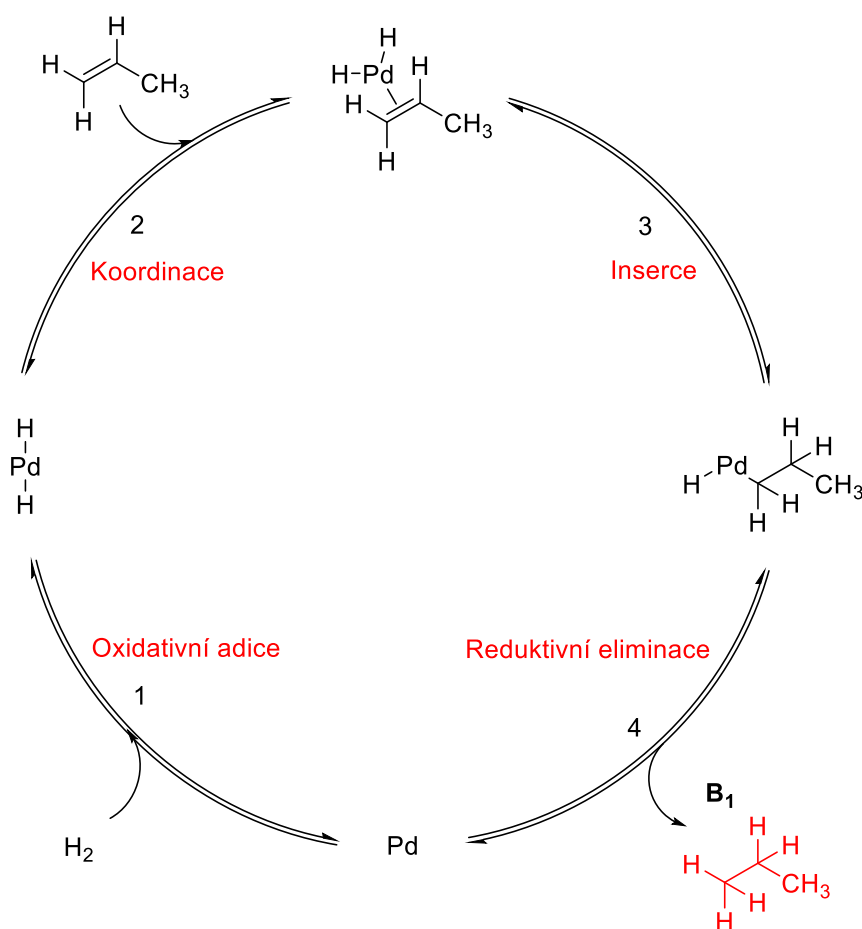
za každou odpověď 1,00 bodu

**celkem 2,00 bodu**

za rovnici 2,00 bodu

**celkem 2,00 bodu**

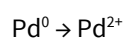
3)



za každý správný název 2,00 bodu

**celkem 8,00 bodu**

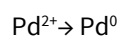
4) Oxidován je atom palladia.



za odpověď 0,50 bodu, za změnu oxidačního stavu 1,00 bodu

**celkem 1,50 bodu**

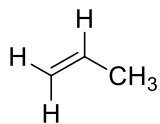
- 5) Redukován je atom palladia.



za odpověď 0,50 bodu, za změnu oxidačního stavu 1,00 bodu

**celkem 1,50 bodu**

- 6) Získali bychom opět původní molekulu alkenu (propen).



za molekulu 2,00 bodu

**celkem 2,00 bodu**

## Úloha 3 Kdo by byl proti adici?

23 bodů



1) Dehydratací / eliminací

za jednu z odpovědí 0,50 bodu

**celkem 0,50 bodu**

2) c), e)

za každou správnou odpověď 0,50 bodu, za špatnou odpověď -0,50 bodu – minimálně 0,00 bodu


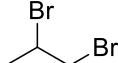
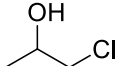
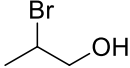
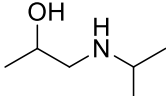

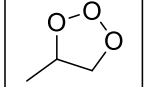

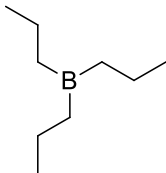
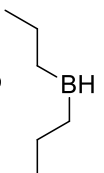
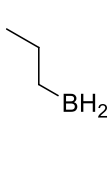
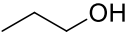

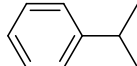
**celkem 1,00 bodu**3) D<sub>1</sub>: D<sub>2</sub>: Snadněji bude vznikat D<sub>2</sub>.

Dochází je vzniku stabilnějšího konjugovaného systému dvojných vazeb.

za každou molekulu 1,00 bodu, za odpověď 0,50 bodu, za zdůvodnění 0,50 bodu

**celkem 3,00 bodu**

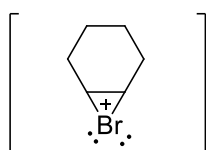
4) Schéma

D<sub>3</sub> D<sub>4</sub> D<sub>5</sub> D<sub>6</sub> D<sub>7</sub> D<sub>8</sub>  nebo D<sub>9</sub> + D<sub>10</sub> H<sub>2</sub>C=O + D<sub>11</sub>  nebo  BH nebo  BH<sub>2</sub>D<sub>12</sub> D<sub>13</sub> D<sub>14</sub> 

za každou molekulu 1,00 bodu

**celkem 12,00 bodu**

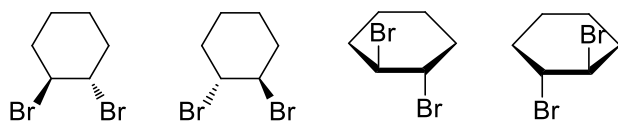
5) Kation



za kation 1,00 bodu

**celkem 1,00 bodu**

6)



Jakoukoli z uvedených struktur je možno uznat. Musí být zřetelné, že substituenty jsou vůči sobě v poloze *trans*.

za molekulu 1,00 bodu

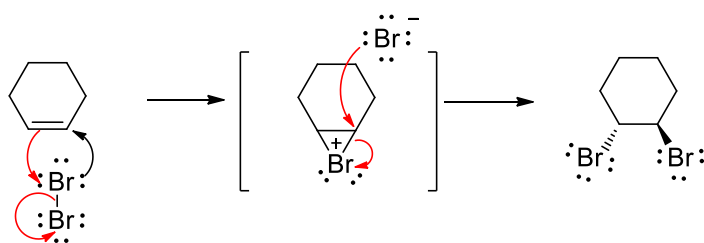
**celkem 1,00 bodu**

7) Jedná se o *anti*-adici. Vzniklý bromoniový kation stíní jednu stranu molekuly.  $\text{Br}^-$  může k molekule kationtu přistoupit pouze z druhé strany.

za správnou odpověď 0,50 bodu, za vysvětlení 1,00 bodu

**celkem 1,50 bodu**

8)



Za každou šipku 0,50 bodu. Za správně nakreslené elektronové páry 1,00 bodu  
Za chybějící náboj -0,50 bodu. Za nesprávně nakreslené elektronové páry -0,50 bodu  
Za špatně nakreslenou šipku -0,50 bodu – minimálně 0,00 bodu

**celkem 3,00 bodu**

**FYZIKÁLNÍ CHEMIE****60 BODŮ****Úloha 1 Úvod do spektroskopie****17 bodů**

- 1) 1 – rádiové, 2 – mikrovlnné, 3 – infračervené, 4 – viditelné, 5 – UV, 6 – rentgenové, 7 – gama  
za každou správnou odpověď 1,00 bodu

**celkem 7,00 bodu**

- 2) Mikrovlnné záření – Rotace molekul  
Rentgenové záření – Ionizace  
Ultrafialové záření a viditelné záření – Excitace elektronů  
Infračervené záření – Vibrace molekul

za každou správnou odpověď 1,00 bodu

**celkem 4,00 bodu**

- 3) a) Odpověď:  **$3,6 \cdot 10^9$  nm**

$$\text{Výpočet: z rovnice (1) odvodíme } \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{2,998 \cdot 10^8}{8,3 \cdot 10^7} = 3,6 \text{ m} = 3,6 \cdot 10^9 \text{ nm}$$

- b) Odpověď: **22 140 nm**

$$\text{Výpočet: z rovnice (1) odvodíme } \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,6252 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{0,056 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}} = 2,2140 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 22 140 \text{ nm}$$

za každý správný výsledek 1,00 bodu  
za každý správný postup výpočtu 1,00 bodu**celkem 4,00 bodu**

- 4) Odpověď: **A a C**

Zdůvodnění: Grafy **A** a **C** jsou spektra – mikrovlnné a fotoelektronové (na ose x je frekvence záření a vazebná energie). Graf **B** je cyklický voltamogram, graf **D** je chromatogram.

za každý správně určený graf 1,00 bodu

**celkem 2,00 bodu**

**Úloha 2 UV-Vis spektroskopie****22 bodů****1) Odpověď: 590–620 nm**

Zdůvodnění: Pokud je látka modrá, pak absorbuje komplementární barvu – oranžovou (odpověď žlutá také bude uznaná) – v rozmezí 550–650 nm.

*za správnou odpověď 0,50 bodu  
za smysluplné odůvodnění 0,50 bodu*

**celkem 1,00 bodu****2) Odpověď: Vlnová délka se zvětší**

Zdůvodnění: Podle rovnice (1) je energie nepřímo úměrná vlnové délce. Tudíž při zmenšení energetického rozdílu mezi HOMO a LUMO se absorbovaná vlnová délka zvětší.

*za správnou odpověď 1,00 bodu  
za smysluplné odůvodnění 1,00 bodu*

**celkem 2,00 bodu****3) Odpověď: 3,10 eV (akceptovatelný interval je 2,95–3,26 eV)**

Výpočet: Hranice mezi ultrafialovou a viditelnou oblastí je přibližně 400 nm (akceptovatelný interval 380–420 nm). Dosadíme tuto hodnotu do rovnice (1):

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,6252 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} = 4,966 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,10 \text{ eV}$$

*za správný výsledek 2,00 bodu  
za správný postup výpočtu 1,00 bodu  
za správnou odpověď v jiných jednotkách penalizace 0,50 bodu*

**celkem 3,00 bodu****4) Přiřazení látek: 1 – pyrrol, 2 – cytosin, 3 – trans-stilben, 4 – methylová violeť, 5 – ftalocyanin hořečnatý**

*za každé správné určení 1,00 bodu*

**celkem 5,00 bodu****5) Pyrrol – 5,90 eV, cytosin – 4,59 eV, trans-stilben – 4,28 eV, methylová violeť – 2,10 eV, ftalocyanin hořečnatý – 1,85 eV**

Výpočet: Energie absorbovaného záření je rovna rozdílu mezi energetickými hladinami HOMO a LUMO. Zajímá nás bude absorpční pás s největší hodnotou vlnové délky, což nám dává následující hodnoty vlnových délek:

pyrrol – 210 nm, cytosin – 270 nm, trans-stilben – 290 nm, methylová violeť – 590 nm, ftalocyanin hořečnatý – 670 nm (hodnoty absorpčních maxim uznáváme s tolerancí 10 nm).

Využijeme rovnici (1)  $E = \frac{hc}{\lambda}$  a následně převedeme J na eV.

$$\text{Výpočet pro pyrrol: } E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,6252 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{210 \cdot 10^{-9}} = 9,46 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 5,90 \text{ eV}$$

Analogicky dosadíme hodnoty vlnových délek pro ostatní látky a získáme hodnoty energetických rozdílů mezi HOMO a LUMO.

*za správné určení maxim 2,00 bodu  
za správný postup výpočtu 2,00 bodu  
za každý správný výsledek 1,00 bodu  
za správnou odpověď v jiných jednotkách penalizace 0,50 bodu*

**celkem 9,00 bodu**

**6) Odpověď: od 0 do 1**

Zdůvodnění: Z definice může transmitance nabývat hodnot od 0 do 1. Nulová transmitance znamená, že bylo absorbováno všechno záření, transmitance 1 znamená, že žádné záření nebylo absorbováno.

*za správnou odpověď 1,00 bodu  
za smysluplné odůvodnění 1,00 bodu*

**celkem 2,00 bodu**



**Úloha 3 Fotoelektrický jev****14 bodů**

1) Albert Einstein

*za správnou odpověď 1,00 bodu***celkem 1,00 bodu**2) a) Odpověď:  **$1,19 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$ ,  $6,50 \cdot 10^{-19} \text{ J}$** Výpočet: nejdřív převedeme eV na J:  $2,14 \text{ eV} = 3,43 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ Upravíme rovnici (5) a dosadíme  $\lambda = 200 \text{ nm}$ :

$$E_k = h\nu - W = \frac{hc}{\lambda} - W = \frac{6,6252 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{200 \cdot 10^{-9}} - 3,43 \cdot 10^{-19} = 6,50 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Z rovnice kinetické energie (10):

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,51 \cdot 10^{-19}}{9,109 \cdot 10^{-31}}} = 1,19 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$$

b) Odpověď: **nedojde k uvolnění fotoelektronů**Výpočet: Analogicky dosadíme  $900 \text{ nm}$ :

$$E_k = h\nu - W = \frac{hc}{\lambda} - W = \frac{6,6252 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{900 \cdot 10^{-9}} - 3,43 \cdot 10^{-19} = -1,22 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Dostali jsme záporné číslo, jelikož energie použitého záření je nižší než výstupní práce dané látky, a tudíž nedojde k uvolnění fotoelektronů.

*za správný výsledek úlohy (a) 1,00 bodu**za správný postup v úloze (a) 1,00 bodu**za správnou odpověď v úloze (b) 1,00 bodu**za správnou odpověď v jiných jednotkách penalizace -0,50 bodu***celkem 3,00 bodu**3) Odpověď:  **$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$** *za správnou konfiguraci 1,00 bodu*4) Odpověď:  **$1s - 1072 \text{ eV}$ ,  $2s - 64 \text{ eV}$ ,  $2p - 31 \text{ eV}$ ,  $3s - 5 \text{ eV}$** *za každý správně přiřazený orbital 0,50 bodu***celkem 2,00 bodu**5) Odpověď:  **$3,03 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$ ,  $0,988 \text{ nm}$** Výpočet:  $1253,6 \text{ eV} = 2,01 \cdot 10^{-16} \text{ J}$ 

$$\nu = \frac{E}{h} = \frac{2,01 \cdot 10^{-16}}{6,6252 \cdot 10^{-34}} = 3,03 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,6252 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{2,01 \cdot 10^{-16}} = 9,88 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,988 \text{ nm}$$

za každý správný výsledek 1,00 bodu  
za každý správný postup výpočtu 1,00 bodu  
za správnou odpověď v jiných jednotkách penalizace -0,50 bodu

**celkem 4,00 bodu**

6) Odpověď: **181,6 eV**

Výpočet: podle rovnice (5)  $E_k = h\nu - W = 1253,6 - 1072 = 181,6 \text{ eV}$

za správný výsledek 1,00 bodu  
za správnou odpověď v jiných jednotkách penalizace 0,50 bodu

**celkem 1,00 bodu**

7) Odpověď:  **$2,073 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$**

Výpočet: Pro elektrony vyražené z 2p orbitalu:

$$E_k = h\nu - W = 1253,6 - 31 = 1222,6 \text{ eV}$$
$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1222,6 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{9,109 \cdot 10^{-31}}} = 2,073 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

za správný výsledek 1,00 bodu  
za správný postup výpočtu 1,00 bodu

**celkem 2,00 bodu**

**Úloha 4      Infračervená spektroskopie a vibrace molekul****7 bodů****1) Odpověď:  $3N - 6$** 

Zdůvodnění: Počet stupňů volnosti obecné nelineární molekuly je  $3N - 6$ :  $3N$  je pohyb každého atomu, od čehož odečítáme 3 možné translační pohyby a 3 rotační pohyby molekuly.

*za správnou odpověď 1,00 bodu  
za smysluplné odůvodnění 1,00 bodu*

**celkem 2,00 bodu**

**2) Molekuly s nulovým dipólovým momentem:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$   
Molekuly s nenulovým dipólovým momentem:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$**

*za každé správné určení 0,50 bodu*

**celkem 3,00 bodu**

**3) Odpověď:  $\tilde{\nu} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$  (použijeme rovnici 7 a vydělíme frekvenci rychlostí světla). Výsledná hodnota vlnočtu má jednotky  $\text{m}^{-1}$ .**

Uznávat také vzoreček  $\tilde{\nu} = 0,01 \cdot \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$ , kterým rovnou získáváme vlnočty v jednotkách  $\text{cm}^{-1}$ .

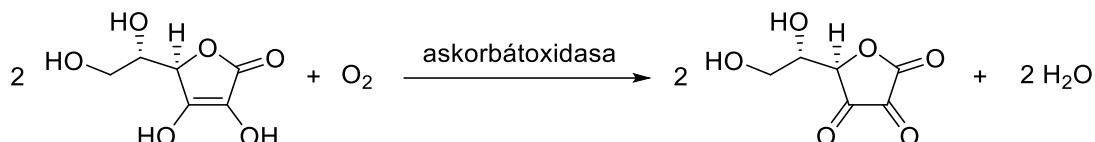
***za správnou úpravu 2,00 bodu***

**BIOCHEMIE****60 BODŮ****Úloha 1 Vitamín C****60 bodů**

- 1) Redoxní vlastnosti, existence iontů mědi ve dvou běžných oxidačních stupních (ionty mědné a měďnaté).

**celkem 3,00 bodu**

- 2) Rovnice:



za strukturu kyseliny dehydroaskorbové 2,50 bodu

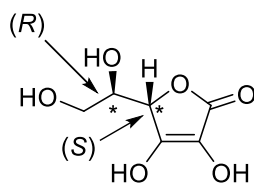
za vyčíslenou rovnici 2,50 bodu

**celkem 5,00 bodu**

- 3) Kyselina D-askorbová nezapadne do inherentně chirálních katalyticky aktivních center enzymů, které ji vyžadují jako kofaktor (chiralita enzymů je dána chiralitou aminokyselinových zbytků, z nichž jsou enzymy složeny – „navlékání pravé rukavice na levou ruku“).

**celkem 2,00 bodu**

- 4) Kyselina D-askorbová:



kys. D-askorbová

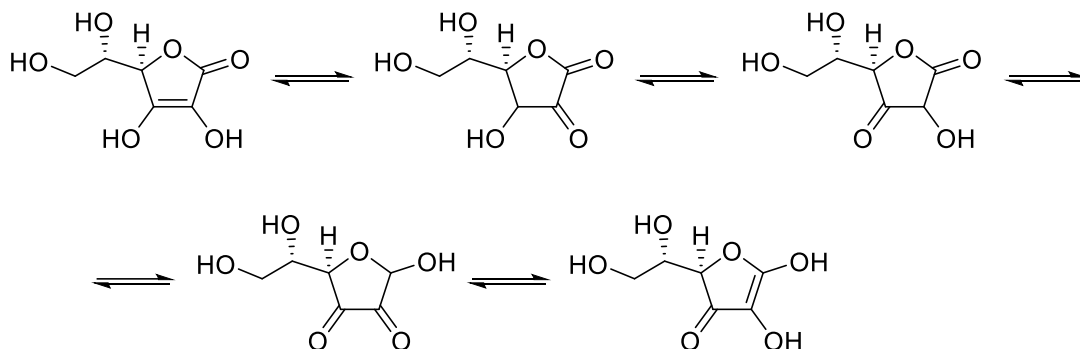
za strukturu 2,50 bodu

za identifikaci každého ze dvou stereogenních center po 1,00 bodu

za určení absolutní konfigurace každého z obou stereogenních center (R/S) 1,50 bodu

**celkem 7,50 bodu**

- 5) Tautomery kyseliny askorbové:



za každý správný tautomer 2,50 bodu stačí zakreslit pouze 3 ze 4 uvedených (kromě výchozího tautomeru)

**celkem 7,50 bodu**

- 6) Pravděpodobnost funkčního „enzymu“ o 1 aminokyselině je  $\frac{1}{2}$ , o 2 aminokyselinách  $(\frac{1}{2})^2 = \frac{1}{4}$  atd. Počítají se jen chirální zbytky, nikoliv nechirální glycinové. Počet chirálních aminokyselin musíme vynásobit dvakrát, protože protein má dvě podjednotky.

$$Y = 100 \% \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{[2 \cdot (587-45)]} = 4,8 \cdot 10^{-325} \%$$

Jde tedy o dost neohospodárné mrhání materiálem.

*za správnou úvahu vedoucí k numericky správnému požadovanému výsledku 20,00 bodu  
bodová penalizace při neodečtení glycinů jako nechirálních aminokyselin -3,00 bodu  
bodová penalizace za neuvážení dvou podjednotek enzymu -3,00 bodu*

**celkem 17,00 bodu**

- 7) Při výtěžku z předchozí úlohy  $4,8 \cdot 10^{-325} \%$ , molekulové hmotnosti  $2 \cdot 65\,876 \text{ g mol}^{-1} = 131,752 \text{ kg mol}^{-1}$ :

$$m = \frac{1}{\left(\frac{4,8 \cdot 10^{-325}}{100}\right) \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} \cdot 131,752 \text{ kg mol}^{-1} = 4,6 \cdot 10^{304} \text{ kg}$$

To je  $4,6 \cdot 10^{304} / 10^{42} = 4,6 \cdot 10^{262}$ × víc než váží celá naše galaxie. Tedy dost neohospodárné mrhání materiálem kvůli jediné funkční dimerní molekule enzymu.

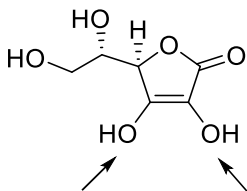
Pro hodnotu alternativní hodnotu  $1,0 \cdot 10^{-200} \%$  vyjde  $2,2 \cdot 10^{183} \text{ kg}$ .

Tedy  $2,2 \cdot 10^{141}$ -krát víc než galaxie.

*za správnou úvahu vedoucí k numericky správné hodnotě hmotnosti 8,00 bodu  
za správné porovnání s hmotností galaxie 2,00 bodu  
(plný počet bodů udělit rovněž v případě, že je výpočet proveden správně, ale se špatnou vstupní hodnotou)*

**celkem 10,00 bodu**

- 8) Donorová místa kys. askorbové:



**celkem 3,00 bodu**

- 9) Kyselina askorbová je jednak chelatující, jednak redukující (oboje viz výše). Oxid mangančitý je proto nejprve redukován na manganatou sůl a ta je poté chelatována na rozpustný askorbátokomplex.

*za uvedení redukce oxidu mangančitého na manganatou sůl 4,00 bodu  
za chelatační efekt vzhledem k manganatým iontům 1,00 bodu*

**celkem 5,00 bodu**