



**59. ročník**

**2022/2023**

**ŠKOLNÍ KOLO**

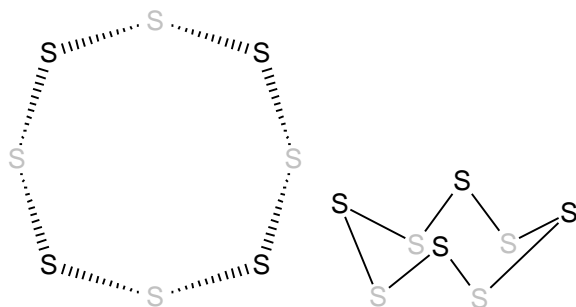
**Kategorie A**

---

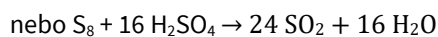
**Test – Řešení**

**ANORGANICKÁ CHEMIE****16 BODŮ****Úloha 1      Reaktivita síry****9 bodů****1)**

Strukturní vzorec:



Lze uznat i jiné ekvivalentní nákresy, z nichž vyplyne správné uspořádání obou čtveřic atomů síry v navzájem rovnoběžných rovinách.

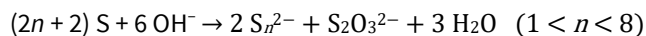
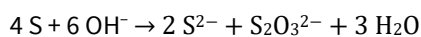
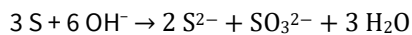
*za strukturní vzorec 0,80 bodu***celkem 0,80 bodu****2)**

Typ reakce I:

synproporcionace (komproporcionace) - dvě částice obsahující síru ve vyšším ( $\text{S}^{\text{VI}}$ ) a nižším ( $\text{S}^0$ ) oxidačním čísle poskytují jeden produkt s atomem síry v oxidačním čísle mezi oběma původními ( $\text{S}^{\text{IV}}$ )

Reakce II:

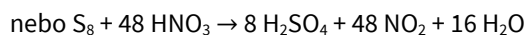
Lze uznat některou z následujících variant:

apod. (včetně formulace síry jako  $\text{S}_8$ ).

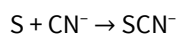
Typ reakce II:

disproporcionace - jedna částice síry (v oxidačním čísle  $\text{S}^0$ ) reakcí dává vzniknout dvěma částicím - první s vyšším ( $\text{S}^{\text{II}}$  v případě  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , resp.  $\text{S}^{\text{IV}}$  v případě  $\text{SO}_3^{2-}$ ) a druhé s nižším ( $\text{S}^{-\text{II}}$  pro  $\text{S}^{2-}$ , resp.  $\text{S}^{(-2/n)}$  v případě polysulfidů  $\text{S}_n^{2-}$ , kde pro  $n$  platí podmínka  $2 < n < 8$ ) oxidačním číslem.

*za každý pojem (synproporcionace, disproporcionace) 2 × 0,20 bodu**za každé správně určené oxidační číslo 6 × 0,10 bodu**za každou vyčíslenou rovnici 2 × 0,80 bodu***celkem 2,60 bodu**

**3)**Reakce **III**:

za vyčíslenou rovnicí 0,80 bodu

**celkem 0,80 bodu****4)**Reakce **IV**:Název produktu reakce **IV**:

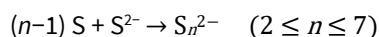
thiokyanatanový anion

Vysvětlení *rhodanidu*:

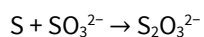
Thiokyanatany poskytují s železitými ionty krvavě červené zbarvení vlivem vznikajících thiokyanatokomplexů. *Rhodos* znamená řecky červený.



*Pozn.*: Lze plnohodnotně uznat jakoukoliv stechiometrii vznikající komplexní částice v uvedeném rozmezí ( $n = 1-6$ ).

Reakce **V**:Název produktu reakce **V**:

polysulfidový anion

Reakce **VI**:Název produktu reakce **VI**:

thiosíranový anion

Lze uznat i všechny varianty s molekulou  $\text{S}_8$  namísto atomu S.

za každý správný název 0,50 bodu  
za každou vyčíslenou rovnicí 0,80 bodu  
za vysvětlení *rhodanidu* 0,90 bodu

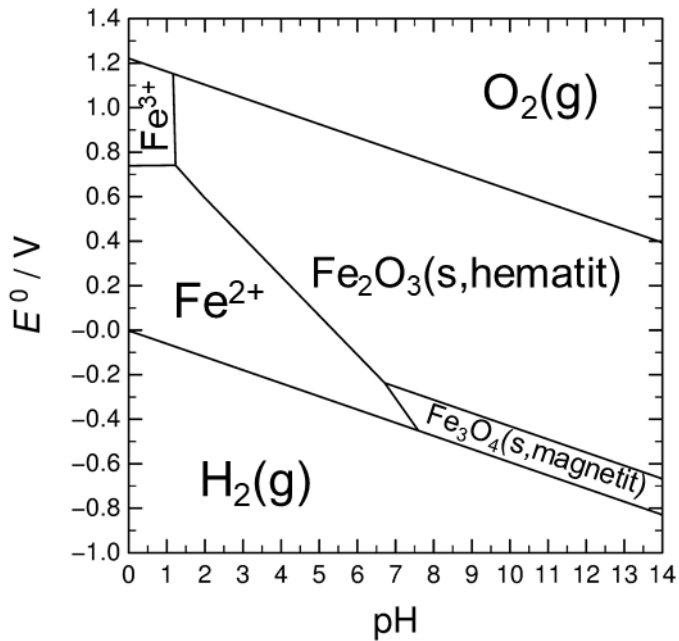
**celkem 4,80 bodu**

## Úloha 2 Pourbaixův diagram železa

3 body

1)

Odpověď:



za každou správně umístěnou částici 0,30 bodu

**celkem 1,80 bodu**

2)

Odpovědi: (a)-(iii), (b)-(i), (c)-(i), (d)-(ii)

za každou správnou odpověď 0,30 bodu

**celkem 1,20 bodu**

**Úloha 3 Podmíněné redoxní rovnováhy****4 body****1)**

Pro původní redoxní pár platí při 25 °C Nernstova rovnice v tvaru (1)

$$E = E^0 - \frac{0,059}{2} \log \frac{a(\text{H}_2\text{S})}{a^2(\text{H}^+)} \quad (1)$$

(aktivita elementární síry je jednotková vzhledem k jejímu pevnému skupenství).

Jednotlivé disociační konstanty jsou definovány jako (2-3),

$$K_{a1} = \frac{a(\text{H}^+) \cdot a(\text{HS}^-)}{a(\text{H}_2\text{S})} \quad (2)$$

$$K_{a2} = \frac{a(\text{H}^+) \cdot a(\text{S}^{2-})}{a(\text{HS}^-)} \quad (3)$$

v logaritmické podobě pak jako (4-5).

$$pK_{a1} = -\log K_{a1} \quad (4)$$

$$pK_{a2} = -\log K_{a2} \quad (5)$$

Po dosazení definice obou disociačních konstant (2-3), (4-5) do Nernstovy rovnice (1) vychází tvar (6),

$$E = E^0 - \frac{0,059}{2} (pK_{a1} + pK_{a2}) - \frac{0,059}{2} \log(a(\text{S}^{2-})) \quad (6)$$

který přímo popisuje dotazovanou rovnováhu (7).



Po dosazení do rovnice (6) vychází pro redoxní potenciál

$$E^0 [\text{V}] = 0,14 - (0,059/2) \cdot (7,0 + 13,9) = -0,48$$

(poslední člen v rovnici (6) je za standardních podmínek roven nule).

Oxidace deprotonované formy je obecně vždy snazší, protože deprotonovaná částice má vyšší elektronovou hustotu než protonizovaná částice.

*za odvození výpočtu potenciálu 2,50 bodu  
za správnou hodnotu potenciálu 0,50 bodu  
za zobecněné vysvětlení 1,00 bodu*

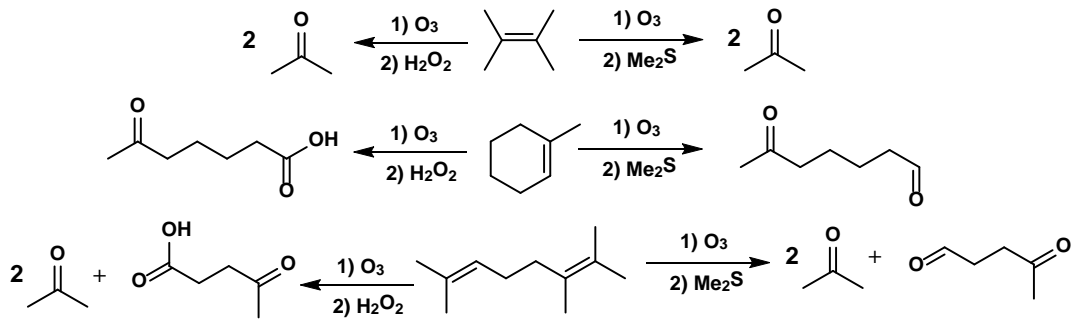
**celkem 4,00 bodu**

## ORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

## Úloha 1 Hrátky s ozónem

5,5 bodu



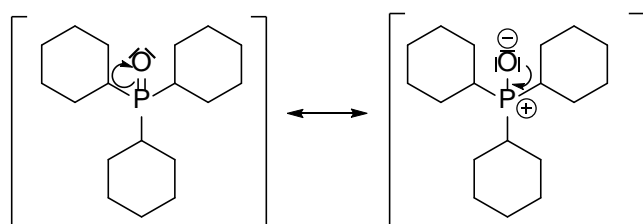
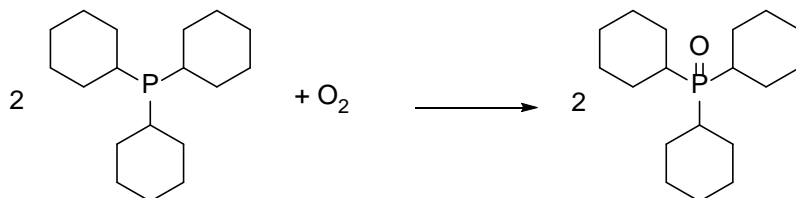
za každý správný produkt 0,5 bodu (pokud vznikají dvě stejné molekuly, jsou obě dohromady za 0,50 bodu)  
za každou správně vyčíslenou rovnici 0,25 bodu

celkem 5,50 bodu

## Úloha 2 Fosfiny a Appelova reakce

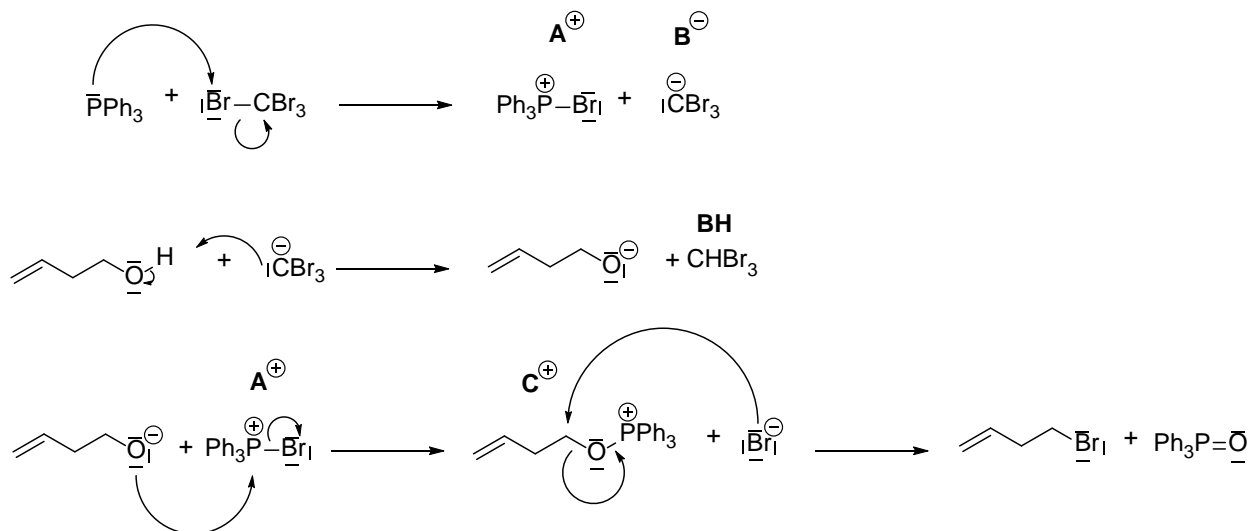
5,5 bodu

1)



za správný produkt i správné vyčíslení 0,50 bodu  
za správné rezonanční struktury 0,25 + 0,25 bodu  
za správné znázornění přesunu elektronového páru (alespoň jedna ze dvou uvedených variant) 0,25 bodu

celkem 1,25 bodu

2) Triviální název sloučeniny **BH** je bromoform (bromovaný analog chloroformu – CHCl<sub>3</sub>).

za každý správný produkt 0,50 bodu  
za každý správně nakreslený krok mechanismu 0,50 bodu  
za správný triviální název 0,25 bodu

celkem 4,25 bodu

### Úloha 3 Napínavé alkyny

5 bodů

- 1) Napnuté alkyny jsou schopné rychle reagovat s organickými azidy, jelikož při reakci dochází k uvolnění silného pnutí v kruhu původně nesoucím trojnou vazbu ( $sp$  hybridizace, vynucuje si vazebný úhel  $180^\circ$ ).

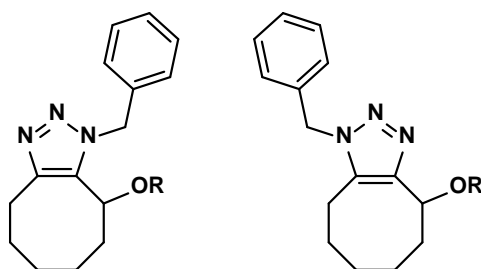
Správné pořadí: **D** (acyklický alkyn bez pnutí) < **B** (napnutý osmičlenný kruh) < **A** (pnutí cyklooktynu zvýšené částečnou planarizací kruhu a zkrácením vazeb ( $sp^2$  vs.  $sp^3$ )) < **C** (pnutí cyklooktynu zvýšené tříčlenným kruhem) < **E** (pnutí v sedmičlenném kruhu s trojnou vazbou je ještě vyšší než v osmičlenném)

Je možné alternativně uznat jako zcela správné i pořadí **D < B < C < A < E**

za vysvětlení zvýšené reaktivity napnutých alkynů 1,00 bodu  
za každé správné vysvětlení reaktivity bez ohledu na pořadí 0,25 bodu  
za zcela správně určené pořadí 1,25 bodu

**celkem maximálně 3,50 bodu**

2)



za každý správný produkt 0,75 bodu

**celkem 1,5 bodu**



## FYZIKÁLNÍ CHEMIE

16 BODŮ

## Úloha 1 Elektrochemický kvíz

5 bodů

1)

Tvrzení	pravda	nepravda
Hodnota potenciálu referenční argentochloridové či kalomelové elektrody obecně závisí na teplotě.	X	
Kladná hodnota napětí uvažovaného elektrochemického článku znamená samovolný průběh uvažované redoxní reakce v daném článku.	X	
Katoda je vždy ta z elektrod, na které probíhá redukce.	X	
Standardní redukční potenciál standardní vodíkové elektrody je roven 0 V za každé teploty.	X	

za každou správnou odpověď 0,50 bodu

celkem 2,00 bodu

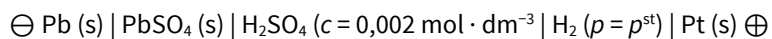
2)

Hodnota Faradayovy konstanty může být interpretována jako:

- a) ~~náboj potřebný pro elektrochemické generování 1 molu molekul chloru z chloridů~~  
**b) součin Avogadrovy konstanty a hodnoty elementárního náboje**  
c) ~~nejvyšší možný náboj, který může elektrolýtickým obvodem protéct za 1 s~~  
**d) náboj jednoho molu protonů**

Faradayova konstanta představuje náboj jednoho molu protonů (nebo elektronů až na znaménko), její hodnota se tedy skutečně získá jako součin Avogadrovy konstanty a hodnoty elementárního náboje. Odpověď a) je chybná, protože pro generování 1 molu dvouatomových molekul chloru  $\text{Cl}_2$  by byl zapotřebí průchod náboje o velikosti dvojnásobku hodnoty Faradayovy konstanty.

V následujícím galvanickém článku probíhají samovolně poloreakce:



- a)  ~~$\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$~~   
**b)  $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$**   
c)  ~~$\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$~~   
**d)  $\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^-$**

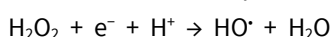
Správné odpovědi jsou založeny na faktu, že článek podle konvence zapisujeme od anody (kde probíhá oxidace – odpověď d)) ke katodě (kde probíhá redukce – odpověď b)).

Koncentrační článek:

- a) může být realizován rozdílnou koncentrací určité složky v elektrodách
- b) může být realizován rozdílnou koncentrací určité složky v roztocích kolem elektrod
- c) je např. Daniellův článek
- d) je založen na použití koncentrovaných elektrolytů

Potenciál generovaný koncentračním článkem je založen na rozdílu koncentrací nějaké složky v různých oblastech prostoru. Daniellův článek je chemický článek založený na redoxní reakci vlivem rozdílných redukčních potenciálů zinečnatých a měďnatých iontů. Možnost a) lze realizovat například použitím amalgámových elektrod (rtuť s různým obsahem dalšího kovu).

Standardní redukční potenciál pro poloreakci



je 0,80 V.

- a) ~~Uvedená hodnota potenciálu je platná pro libovolnou hodnotu pH.~~
- b) Poloreakce odpovídající uvedené hodnotě potenciálu je energeticky preferována před redukcí  $\text{H}^+$  iontů na vodík ve standardní vodíkové elektrodě.
- c) Uvedená hodnota potenciálu je pro  $\text{pH} = 0$ .
- d) Uvedená hodnota potenciálu nezávisí na teplotě.

Standardní potenciál definitoricky předpokládá jednotkovou aktivitu (nebo přibližně koncentraci) všech zúčastněných reaktantů a produktů, tedy i  $\text{H}^+$ , proto  $\text{pH} = 0$ . Standardní potenciály jsou vztahovány vůči standardní vodíkové elektrodě (SVE), proto kladná hodnota značí energeticky výhodnější průběh oproti nulové hodnotě SVE. Jelikož pro standardní potenciál jsou aktivity všech látek rovny jedné, hodnota potenciálu není závislá na teplotě (stejně jako na ní není závislá definitorická hodnota standardního potenciálu standardní vodíkové elektrody 0 V).

za označení právě všech správných možností u otázky 0,75 bodu  
za jednu chybu u otázky 0,25 bodu; za dvě a více chyb u otázky 0 bodů  
za chybu se počítá vybrání některé nesprávné možnosti i nevybrání některé správné možnosti

**celkem 3,00 bodu**

## Úloha 2 Pořád samá voda

6 bodů

- 1) Látkové množství přidané kyseliny dusičné spočítáme jako

$$n_{\text{HNO}_3} = \frac{V \cdot \rho \cdot w}{M} = \frac{1 \text{ ml} \cdot 1,41 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot 0,68}{63,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,0152 \text{ mol}$$

Kyselina dusičná je silná kyselina, takže toto látkové množství odpovídá látkovému množství disociací vzniklých iontů  $\text{H}^+$ . Na objem vody v bazénu to odpovídá koncentraci

$$c_{\text{H}^+} = \frac{n_{\text{H}^+}}{V} = \frac{0,0152 \text{ mol}}{150 \text{ dm} \cdot 80 \text{ dm} \cdot 18 \text{ dm}} = 7,04 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Nesmíme ale zapomenout na iontový součin vody, jinak by nám vyšlo pH vyšší než 7. Naměřené pH = 7 pro čistou vodu před přidáním kyseliny znamená, že iontový součin vody  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$ .

Z podmínky nábojové neutrality plyne

$$[\text{H}^+]_{\text{disoc.}} + [\text{H}^+]_{\text{autoprot.}} = [\text{NO}_3^-]_{\text{disoc.}} + [\text{OH}^-]_{\text{autoprot.}}$$

kde jsme si pomyslně rozdělili ionty  $\text{H}^+$  na ty pocházející z disociace kyseliny a na ty pocházející z autoprotolýzy vody. Po dosažení do rovnice autoprotolýzy dostaneme

$$K_w = 10^{-14} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = ([\text{H}^+]_{\text{disoc.}} + [\text{H}^+]_{\text{autoprot.}}) \cdot [\text{OH}^-]_{\text{autoprot.}} = (7,04 \cdot 10^{-8} + x) \cdot x$$

Řešením této kvadratické rovnice získáme

$$x = [\text{H}^+]_{\text{autoprot.}} = 7,08 \cdot 10^{-8}$$

Celková koncentrace iontů  $\text{H}^+$  je tak

$$[\text{H}^+] = [\text{H}^+]_{\text{disoc.}} + [\text{H}^+]_{\text{autoprot.}} = 7,04 \cdot 10^{-8} + 7,08 \cdot 10^{-8} = 1,41 \cdot 10^{-7}$$

To odpovídá

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log (1,41 \cdot 10^{-7}) = 6,85$$

za vyjádření látkového množství kyseliny dusičné pomocí objemu, hustoty a hmotnostního zlomku 0,75 bodu  
za úvahu, že je potřeba zahrnout i autoprotolýzu vody 0,50 bodu  
za určení hodnoty  $K_w$  0,25 bodu  
za podmínku elektroneutality 0,25 bodu  
za vyjádření koncentrace autoprotolýzou vzniklých  $\text{H}^+$  iontů 0,50 bodu  
za správný výsledek 0,75 bodu  
za libovolný jiný postup vedoucí ke správnému výsledku udělit plný počet bodů

celkem 3,00 bodu

- 2) Rozpustnost se efektem společného iontu sníží. Rozpustnost
- $\text{BaSO}_4$
- v čisté vodě spočítáme jako

$$K_s = 10^{-\text{p}K_s} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = c^2$$

$$c = \sqrt{10^{-\text{p}K_s}} = \sqrt{10^{-9,97}} = 1,04 \cdot 10^{-5}$$

Rozpustnost v roztoku  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  o koncentraci  $0,002 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  spočítáme jako

$$K_s = 10^{-\text{p}K_s} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = c \cdot (0,002 + c)$$

kde řešením kvadratické rovnice získáme

$$c = 5,36 \cdot 10^{-8}$$

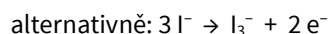
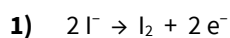
Procentuální pokles rozpustnosti oproti čisté vodě pak bude

$$\frac{1,04 \cdot 10^{-5} - 5,36 \cdot 10^{-8}}{1,04 \cdot 10^{-5}} = 0,995$$

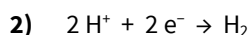
V roztoku síranu sodného se tedy ve srovnání s čistou vodou rozpustí o **99,5 %  $\text{BaSO}_4$  méně**.

*za odpověď, že se rozpustnost sníží, 0,50 bodu  
za vyjádření koncentrace  $\text{Ba}^{2+}$  v čisté vodě pomocí  $K_s$ , 0,50 bodu  
za správný číselný výsledek koncentrace  $\text{Ba}^{2+}$  v čisté vodě 0,25 bodu  
za vyjádření koncentrace  $\text{Ba}^{2+}$  v roztoku síranu pomocí  $K_s$  a koncentrace síranu 0,75 bodu  
za správný číselný výsledek koncentrace  $\text{Ba}^{2+}$  v roztoku síranu 0,25 bodu  
za správný výsledek 0,75 bodu  
za libovolný jiný postup vedoucí ke správnému výsledku udělit plný počet bodů*

**celkem 3,00 bodu**

**Úloha 3 Stanovení vitamínu C v citrону****5 bodů**

za správnou rovnici 0,50 bodu

**celkem 0,50 bodu**

za správnou rovnici 0,50 bodu

**celkem 0,50 bodu**

3) Látkové množství vygenerovaného jodu spočítáme pomocí Faradayova zákona

$$n_{\text{I}_2} = \frac{I \cdot t}{F \cdot z} = \frac{0,0103 \text{ A} \cdot 208 \text{ s}}{96\,485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 2}$$

Ze zadané rovnice vidíme, že jod reaguje s vitamínem C v poměru 1 : 1, platí tedy

$$n_{\text{I}_2} = n_{\text{vit.C}}$$

Vyjádříme hmotnost vitamínu C ve stanovovaném vzorku:

$$m_{\text{vit.C}} = n_{\text{vit.C}} \cdot M_{\text{vit.C}}$$

Hmotnost vitamínu C v celém citrону je pak

$$m_{\text{vit.C}} = n_{\text{vit.C}} \cdot M_{\text{vit.C}} \cdot \frac{250 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}$$

Po dosazení dospějeme k výsledku

$$m_{\text{vit.C}} = \frac{I \cdot t}{F \cdot z} \cdot M_{\text{vit.C}} \cdot \frac{250 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} = \frac{0,0103 \text{ A} \cdot 208 \text{ s}}{96\,485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 2} \cdot 176,124 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \frac{250 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} = 0,049 \text{ g} \\ = 49 \text{ mg}$$

Obsah vitamínu C v citrону v hmotnostních procentech je tedy

$$w_{\text{vit.C}} = \frac{m_{\text{vit.C}}}{m} = \frac{0,049 \text{ g}}{98,55 \text{ g}} = 0,0005 = 0,05 \%$$

za určení poměru látkových množství jodu a vit. C (1 : 1) udělit 0,25 bodu

za vyjádření vztahu pro hmotnost vit. C z Faradayova zákona 1 bod

za zohlednění ředění ve výpočtu 0,5 bodu

za vyjádření hmotnostního zlomku pomocí hmotnosti vit. C a celkové hmotnosti 0,25 bodu

za správný výsledek 1 bod

za libovolný jiný postup vedoucí ke správnému výsledku udělit plný počet bodů

**celkem 3,00 bodu**

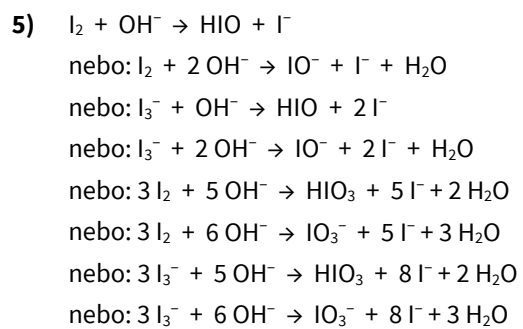
4) Počet citronů spočítáme jako

$$\frac{250 \text{ mg}}{49 \text{ mg}} = 5,1$$

Museli bychom tedy zkonsumovat zhruba **5 citronů**.Výpočet s alternativní hodnotou  $w_{\text{vit.C}} = 0,00025$  je analogický a vede k hodnotě **10 citronů**.

za správný výsledek 0,25 bodu

**celkem 0,25 bodu**



za správnou rovnici 0,75 bodu

**celkem 0,75 bodu**

## BIOCHEMIE

**12 BODŮ**

---

### Úloha 1 Molekuly

**6 bodů**

1) 3, 5. Uvedení 2 není chybou.

**1,00 bodu**

2) 1, 2, 3, 5, 6

**2,00 bodu**

3) 1, 2, 3, 6 a 7

**1,00 bodu**

4) 4

**1,00 bodu**

5) Glycin

**1,00 bodu**

**Úloha 2      Neznámé aminokyseliny**

**6 bodů**

1) tyrosin

**1,00 bodu**

2) lysin

**1,00 bodu**

3) izoleucin

**1,00 bodu**

4) serin

**1,00 bodu**

*za odpověď „threonin“: 0,5 bodu*

5) glycin

**1,00 bodu**

6) histidin

**1,00 bodu**