



**55. ročník**

**2018/2019**

**ŠKOLNÍ KOLO**

**Kategorie E**

**Řešení**

## ANORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

## Úloha 1 Výskyt a vlastnosti chromu a manganu

8 bodů

## 1) Doplnění křížovky:

|   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|
| 1 |   | D | E | Z | I | N | F  | E | K | C | E |   |   |
| 2 |   |   |   | B | U | R | E  | L |   |   |   |   |   |
| 3 |   |   |   | T | E | T | R  | A | E | D | R |   |   |
| 4 |   |   |   |   |   | S | CH | E | E | L | E |   |   |
| 5 |   |   |   |   |   | D | U  | R | A | L |   |   |   |
| 6 |   |   |   |   |   | K | R  | O | K | O | I | T |   |
| 7 |   |   |   |   |   |   | S  | M | A | R | A | G | D |
| 8 | M | A | N | G | A | N | I  | S | T | Ý |   |   |   |
| 9 |   |   |   | T | V | R | D  | O | S | T |   |   |   |

Tajenka: FERCHROMID

Za každou správně doplněnou položku 0,30 bodu.

Za tajenku 0,30 bodu.

Celkem 3,00 bodu.

## 2) Výpočet:

Látkové množství chromu v roztoku  $K_2Cr_2O_7$  je:

$$n_{Cr} = 2 \cdot c_{K_2Cr_2O_7} \cdot V = 2 \cdot 2,00 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 1,00 \text{ dm}^3 = 4,00 \text{ mol}$$

To odpovídá hmotnosti Cr:

$$m_{Cr} = n_{Cr} \cdot M_{Cr} = 4,00 \text{ mol} \cdot 52,00 \text{ g mol}^{-1} = 208 \text{ g}$$

Hmotnostní zlomek Cr ve ferchromidu  $Cr_3Fe_{0,4}$  je:

$$w_{Cr/ferchromid} = \frac{3 \cdot M_{Cr}}{M_{ferchromid}} = \frac{3 \cdot 52,00 \text{ g mol}^{-1}}{178,34 \text{ g mol}^{-1}} = 0,8747$$

Požadovaná hmotnost ferchromidu je pak:

$$m_{ferchromid} = \frac{m_{Cr}}{w_{Cr/ferchromid}} = \frac{208}{0,8747} = 238 \text{ g}$$

Hmotnost minerálu: 238 g.

Za jakýkoliv správný postup výpočtu 1,50 bodu.

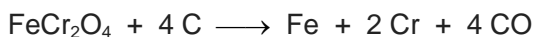
Za numericky správný výsledek 0,50 bodu.

Celkem 2,00 bodu.

3) **Doplnění textu:**

- A = železo  
 B = ferochrom  
 C =  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  ( $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ )  
 D = chromit

*Za každé správné doplnění textu 0,50 bodu.  
 Celkem 2,00 bodu.*

4) **Chemická rovnice:**

*Za správně sestavenou a vyčíslenou rovnicí (dílčí body se neudělují) 1,00 bodu.*

**Úloha 2 Barevné sloučeniny manganu****3 body**1) **Doplnění tabulky:**

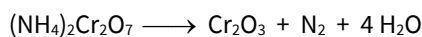
| Vzorec                   | Název              | Barva a skupenství |      |
|--------------------------|--------------------|--------------------|------|
| $\text{MnO}_2$           | oxid manganičitý   | černá              | (s)  |
| $\text{MnO}_4^{3-}$      | manganičnany       | modrá              | (aq) |
| $\text{Mn}(\text{OH})_2$ | hydroxid manganatý | bílá               | (s)  |
| $\text{MnO}_4^{2-}$      | manganany          | zelená             | (aq) |
| $\text{Mn}_2\text{O}_3$  | oxid manganitý     | tmavě hnědá        | (s)  |
| $\text{MnO}_4^-$         | manganistany       | fialová            | (aq) |

*Za každou správně doplněnou položku 0,25 bodu.  
 Celkem 3,00 bodu.*

**Úloha 3 Chemická sopka****5 bodů**1) **Identifikace sloučenin:**

- A =  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$   
 B =  $\text{N}_2$   
 C =  $\text{Cr}_2\text{O}_3$

*Za každou správně identifikovanou sloučeninu 0,50 bodu.  
 Celkem 1,50 bodu.*

**2) Chemická rovnice:**

Za správně sestavenou a vyčíslenou chemickou rovnicí (dílní body se neudělují) 1,00 bodu.

**3) Výpočet:**

Z výše uvedené rovnice vyplývá, že látkové množství dusíku a látkové množství dichromanu jsou v poměru 1:1, tedy:

$$n_{(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = n_{\text{N}_2} \rightarrow \frac{m_{(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{M_{(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7}} = \frac{p_{\text{std}} \cdot V_{\text{N}_2}}{RT_{\text{std}}} \rightarrow V_{\text{N}_2} = \frac{RT_{\text{std}}}{p_{\text{std}}} \cdot \frac{m_{(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{M_{(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{101\,325 \text{ Pa}} \cdot \frac{20 \text{ g}}{252,07 \text{ g mol}^{-1}} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 1,9 \text{ dm}^3$$

**Objem:** 1,9 dm<sup>3</sup>.

Za správný postup výpočtu (jako správný postup výpočtu zohlednit použití molárního objemu za standardních podmínek 24,5 dm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>; při použití normálních podmínek strhnout 0,75 bodu) 1,50 bodu.

Za numericky správný výsledek ve správných jednotkách 0,50 bodu.

Celkem 2,00 bodu.

**4) Zdůvodnění:**

Sloučeniny chromu v oxidačním stavu VI jsou vysoce toxické a vzhledem k tomu se jejich používání omezuje.

Za správné zdůvodnění 0,50 bodu.

## ORGANICKÁ CHEMIE

16 BODŮ

## Použité zkratky

PCC – pyridinium chlorochromát

DMS – dimethylsulfid

TMSCl – trimethylsilylchlorid

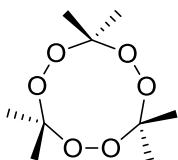
BuLi – butyllithium

## Úloha 1 Rozehřátí s acetonem

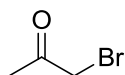
4,5 bodu

## 1) Doplnění:

A:



B:



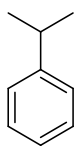
C:

PCC

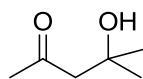
D:

 1. NaOH  
 2.  $\Delta$ T

E:



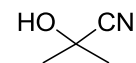
F:



G:

 1. O<sub>3</sub>  
 2. DMS

H:



Lze uznat i jiné varianty:

C: Možná i jiná oxidační činidla ( $\text{MnO}_4^- + \text{H}^+$ ;  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}^+$ ;  $\text{CrO}_3 + \text{H}^+$  apod.), z výroby pak dehydrogenace na ZnO.

G: Pro redukci může být použit i zinkový prach nebo trifenyfosfin namísto DMS.

Za každou správně doplněnou položku 0,50 bodu.  
 Celkem 4,00 bodu.

## 2) Zdůvodnění:

Aceton se vypařuje mnohem lépe než voda. Při vypařování absorbuje množství tepla, tedy ho odebírá z rukou (části těla), a proto nás chladí.

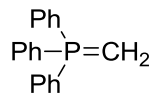
Za správné zdůvodnění 0,50 bodu.

## Úloha 2 Tam a zase zpět...

5 bodů

## 1) Doplnění:

A:



B:

1. O<sub>3</sub>
2. DMS

C:



D:



Lze uznat i jiné varianty:

A: Možná i MePh<sub>3</sub>PX + silná báze (BuLi) – což je příprava látky A.

B: Pro redukcí může být použit i zinkový prach nebo trifenylofosfin namísto DMS.

C: Možná i MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> popř. pomocí peroxokyseliny (přes epoxid).

D: Možné i jodoxyloučeniny.

Za každou správnou odpověď 0,50 bodu.

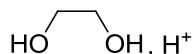
Celkem 2,00 bodu.

## 2) Název produktu: methylidencyklohexan.

Za správný název 0,25 bodu.

## 3) Reakční podmínky:

E:



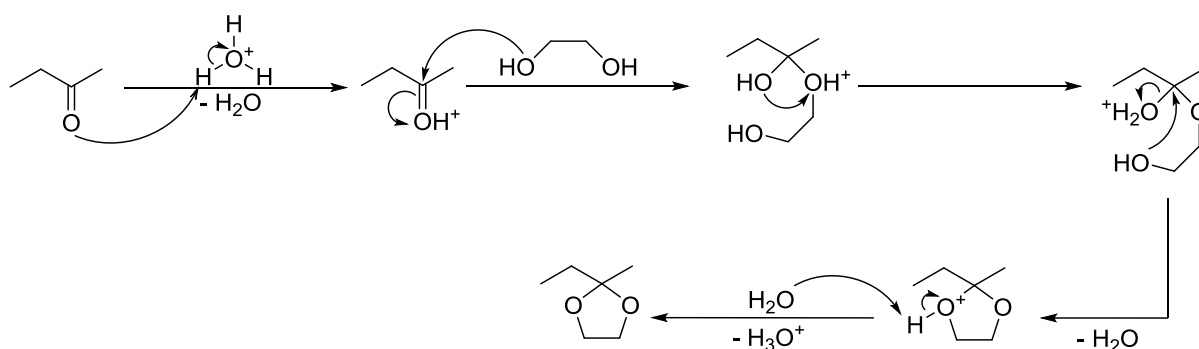
F:



Za každou správnou odpověď 0,25 bodu.

Celkem 0,50 bodu.

## 4) Formální mechanismus:



Za každou správnou strukturu mimo reaktant a produkt 0,50 bodu.

Za každou chybějící šipku odečíst 0,10 bodu.

Celkem 2,00 bodu.

## 5) Zdůvodnění:

Tvorba acetalů je výhodná k ochraně a zachování karbonylové skupiny (např. při redukcí, kdy je redukce karbonylové skupiny nežádoucí).

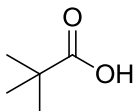
Za správné zdůvodnění 0,25 bodu.

Úloha 3 Substituce v  $\alpha$ -poloze

4,5 bodu

## 1) Doplnění:

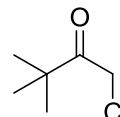
A:



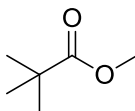
B:



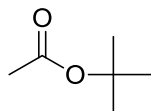
C:



D:



E:



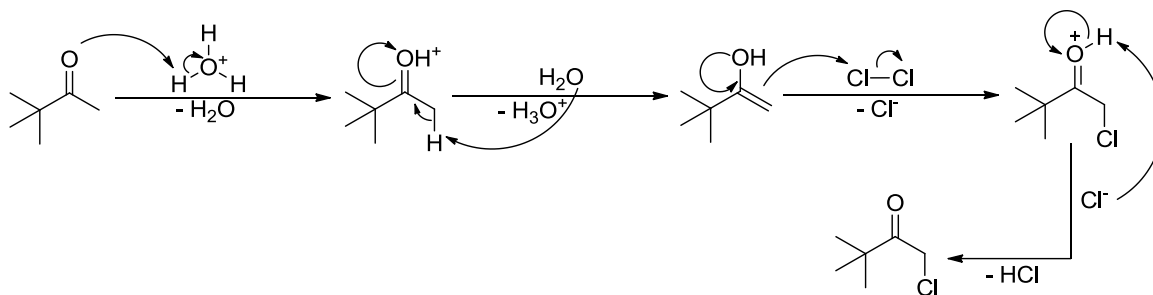
Za každou správnou strukturu 0,50 bodu.  
Celkem 2,50 bodu.

2) **Název:** chloroform (trichlormethan).**Polarita:** polární.

Za správný název a určení polaritu (body nelze dělit) 0,25 bodu.

3) **Použití:** Deuterovaný chloroform ( $\text{CDCl}_3$ ) se používá jako rozpouštědlo v NMR strukturní analýze.

Za správnou odpověď 0,25 bodu.

4) **Formální mechanismus:**

Za každou správnou strukturu (mimo reaktant a produkt) 0,50 bodu.  
Za každou chybějící šipku odečíst 0,10 bodu.  
Celkem 1,50 bodu.

## Úloha 4 Dvojitá tvář enolátů

2 body

1) **Význam zkratky:** lithium diisopropylamid**Příprava:** Reakcí *n*-butyllithia s diisopropylaminem v prostředí tetrahydrofuranu.

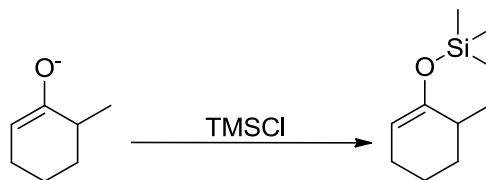
Za každou správnou odpověď 0,25 bodu.  
Celkem 0,50 bodu.

## 2) Složení lázně:

Suchý led (pevná forma oxidu uhličitého) + aceton (či jiné vhodné rozpouštědlo – např. trichlorethylen).

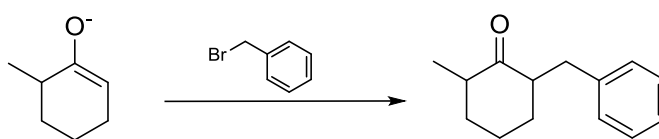
*Za správnou odpověď 0,50 bodu.*

## 3) Reakce:



*Za správné reakční schéma 0,50 bodu.*

## 4) Reakce:



*Za správné reakční schéma 0,50 bodu.*



## FYZIKÁLNÍ CHEMIE

18 BODŮ

## Úloha 1 Elektronová konfigurace

4 body

## 1) Objasnění pravidel:

Výstavbový princip stanoví, že nejdříve se zaplňují orbitály s nižší energií a poté orbitály s vyšší energií. Energie orbitalu je daná tzv. Madelungovým pravidlem ( $n+l$ ). Nejdříve se tedy zaplňují orbitály s nižším součtem  $n+l$ . Pokud na základě tohoto pravidla nelze rozhodnout, pak se zaplňují přednostně orbitály s nižším  $n$ .

Hundovo pravidlo se týká zaplňování degenerovaných orbitalů (tj. typu p- a vyšších). Toto pravidlo říká, že celková multiplicita spinu musí být maximální, tedy že se nejdříve degenerované orbitály zaplňují vždy po jednom elektronu a až následně dochází k párování.

Pauliho princip vylučnosti obecně pro fermiony stanoví, že se nesmí nacházet ve stejném kvantovém stavu (tj. stavu popsaném stejnou čtveřicí kvantových čísel). Důsledkem pro elektronovou konfiguraci atomu je pak fakt, že v jednom orbitalu mohou existovat maximálně dva elektrony, které se však liší svým spinem.

*Za objasnění každého pravidla 0,25 bodu.  
Celkem 0,75 bodu.*

## 2) Elektronové konfigurace:

- a) Al ( $13e^-$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$   
 b)  $S^{2-}$  ( $18e^-$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$   
 c)  $Sr^{2+}$  ( $36e^-$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$   
 d)  $Co^{3+}$  ( $24e^-$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 3d^6$   
 e)  $Hg^{2+}$  ( $78e^-$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^0 4f^{14} 5d^{10}$

*Za každou správně napsanou elektronovou konfiguraci v jakémkoliv formátu 0,50 bodu.  
Celkem 2,50 bodu.*

## 3) Nepravidelnost elektronové konfigurace

K nepravidelnostem elektronové konfigurace v základním stavu dochází zejména u  $d^4$  a  $d^9$  kovů, kdy dojde k „přechodu“ jednoho elektronu z orbitalu  $ns$  do orbitalu  $(n-1)d$  tak, aby byl příslušný d-orbital symetricky ( $d^5$  nebo  $d^{10}$ ) zaplněn. Konfigurace se zcela nebo z poloviny zaplněnými orbitály jsou totiž energeticky výhodnější.

Pro měď je tedy elektronová konfigurace  $Cu(29e^-)$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$

*Za uvedení elektronové konfigurace 0,25 bodu.  
Za vysvětlení 0,50 bodu.  
Celkem 0,75 bodu.*

## Úloha 2 Emisní spektra a noční procházka

6 bodů

### 1) Vysvětlení:

Emisní spektrum vzniká jako záznam emise záření po předchozí excitaci prvku (např. teplem). Má většinou čárový charakter ve formě monochromatických světelných čar určité barvy.

Absorpční spektrum vzniká jako záznam průchodu polychromatického světla, jehož některé vlnové délky jsou za současné excitace příslušných elektronů absorbovány. Má tedy charakter tmavých čar v polychromatickém spektru a tvoří doplněk excitačního spektra.

*Za vysvětlení rozdílů 0,50 bodu.*

### 2) Výpočet:

$$E_n = -R_\infty \cdot \frac{1}{n^2} \rightarrow E_1 = -13,6 \text{ eV} \cdot \frac{1}{1^2} = -13,6 \text{ eV} = -13,6 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

#### Energie elektronu:

$$E_1 = -13,6 \text{ eV} = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

*Za správný výsledek energie v eV 0,25 bodu.*

*Za správný výsledek energie v J 0,25 bodu.*

*Celkem 0,50 bodu.*

### 3) Výpočet: Nejdélší vlnovou délku (tj. nejmenší energetický rozdíl) má přechod $n = 2 \rightarrow n = 1$ . Tedy:

$$\Delta E_{2 \rightarrow 1} = E_2 - E_1 = -R_\infty \cdot \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2} \right) = -13,6 \text{ eV} \cdot \left( \frac{1}{4} - 1 \right) = 10,2 \text{ eV}$$

Tomu odpovídá vlnová délka:

$$\Delta E_{2 \rightarrow 1} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{2 \rightarrow 1}} \rightarrow \lambda_{2 \rightarrow 1} = \frac{h \cdot c}{\Delta E_{2 \rightarrow 1}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 299792458 \text{ m s}^{-1}}{10,2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 122 \text{ nm}$$

Tato vlnová délka leží v UV oblasti spektra, všechny ostatní přechody jsou tedy také v UV oblasti.

#### Oblast spektra: UV.

*Za správnou volbu přechodu 0,25 bodu.*

*Za správný způsob výpočtu energetického rozdílu 0,25 bodu.*

*Za správný způsob výpočtu vlnové délky 0,25 bodu.*

*Za numericky správný výsledek a na základě toho rozhodnutí o oblasti spektra 0,25 bodu.*

*Celkem 1,00 bodu.*

### 4) Výpočet: Jedná se o přechody $n = \{6; 5; 4; 3\} \rightarrow n = 2$ . Obdobným způsobem jako výše vypočteme vlnové délky jako:

$$\lambda_{n \rightarrow 2} = \frac{h \cdot c}{\Delta E_{n \rightarrow 2}} = \frac{h \cdot c}{-R_\infty \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{2^2} \right)}$$

**Vlnové délky a jim odpovídající barvy:**

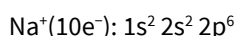
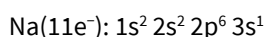
| Přechod | $\lambda$ / nm | Barva        |
|---------|----------------|--------------|
| 6→2     | 410            | fialová      |
| 5→2     | 434            | fialovomodrá |
| 4→2     | 486            | tyrkysová    |
| 3→2     | 656            | červená      |

*Za správný postup výpočtu 0,20 bodu.*

*Za každou numericky správnou vlnovou délkou 0,10 bodu.*

*Za každou správnou barvu (mírné odchylky v interpretaci barev jsou povoleny) 0,10 bodu.*

*Celkem 1,00 bodu.*

**5) Elektronová konfigurace:**

*Za každou správnou elektronovou konfigurací 0,25 bodu.*

*Celkem 0,50 bodu.*

**6) Výpočet:**

Rozdíl energie mezi hladinami je  $\Delta E = E(3p) - E(3s) = -3,04 - (-5,14) = 2,10$  eV. Tomu odpovídá vlnová délka fotonu a vlnčet:

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 299792458 \text{ m s}^{-1}}{2,10 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 590 \text{ nm}$$

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{590 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 16950 \text{ cm}^{-1}$$

**Vlnová délka:** 590 nm.

**Vlnčet:** 16950  $\text{cm}^{-1}$ .

*Za správný postup výpočtu vlnové délky 0,25 bodu.*

*Za správný postup výpočtu vlnčtu 0,25 bodu.*

*Za každý numericky správný výsledek včetně jednotky 0,25 bodu.*

*Celkem 1,00 bodu.*

**7) Výpočet:**

Rozdíl mezi energetickými hladinami je dán jako:

$$\Delta E = |E_{3p,2} - E_{3p,1}| = \left| h \cdot c \cdot \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \right|$$

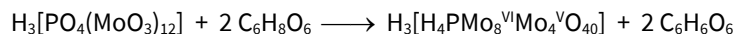
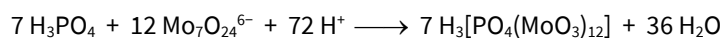
$$\begin{aligned} \Delta E &= \left| 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 299792458 \text{ m s}^{-1} \cdot \left( \frac{1}{588,955 \cdot 10^{-9} \text{ m}} - \frac{1}{589,592 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \right) \right| = 3,644 \cdot 10^{-22} \text{ J} \\ &= \frac{3,644 \cdot 10^{-22} \text{ J}}{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J eV}^{-1}} = 0,002275 \text{ eV} \end{aligned}$$

**Energetický rozdíl:** 0,002275 eV.

*Za správný postup výpočtu energetického rozdílu 1,25 bodu.*

*Za numericky správný výsledek včetně jednotky 0,25 bodu.*

*Celkem 1,50 bodu.*

**Úloha 3 Kyselina fosforečná v Coca-Cole****8 bodů****1) Vyčíslené rovnice:***Za první vyčíslenou rovnicí 0,75 bodu.**Za druhou vyčíslenou rovnicí 0,25 bodu.**Celkem 1,00 bodu.***2) Vysvětlení:**

Barvivo (hnědý karamel) by absorbovalo a falešně by navyšovalo výsledek stanovení.

*Za vysvětlení 0,25 bodu.***3) Modifikace metody:**

Metodu je možné modifikovat tak, že barviva před spektrofotometrickým stanovením adsorbujeme např. na aktivní uhlí a následně zfiltrujeme a stanovení provedeme s filtrátem.

*Za vhodnou modifikaci metody spočívající v odstranění barviv 0,50 bodu.***4) Vysvětlení:**

Případné bublinky plynu rozptylují paprsek záření spektrofotometru a zkreslují tak měření transmitance/absorbance.

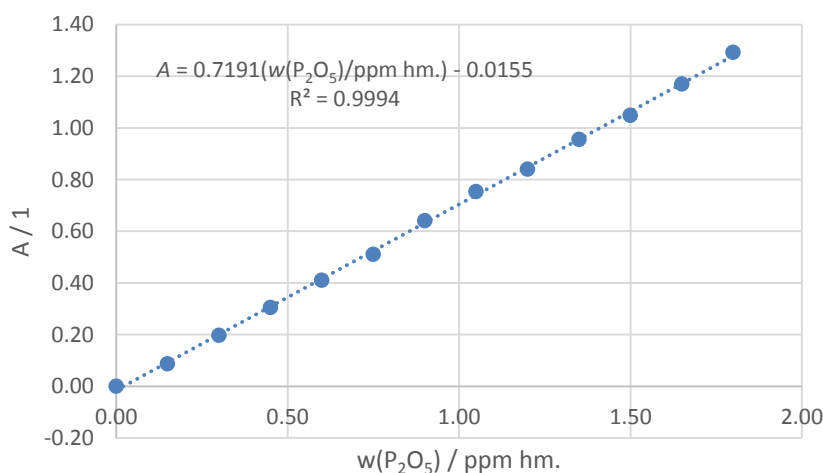
*Za vysvětlení 0,25 bodu.***5) Výběry parametrů:**

- 835 nm (maximální absorbance při dané vlnové délce), tolerance  $\pm 5$  nm
- 0,30 – 0,45 mol dm<sup>-3</sup> (maximální a stabilní absorbance), tolerance  $\pm 0,02$  mol dm<sup>-3</sup>
- 0,45 – 0,65 mol dm<sup>-3</sup> (maximální a stabilní absorbance), tolerance  $\pm 0,02$  mol dm<sup>-3</sup>
- 45 – 65 min (stabilní hodnota absorbance), tolerance  $\pm 5$  min

*Za výběr každého parametru 0,25 bodu.**Celkem 1,00 bodu.*

## 6) Výpočet:

Kalibrační přímka pro roztoky standardů se sestrojí v libovolném tabulkovém editoru. Regresní závislost má následující tvar a rovnici:



Z rovnice kalibrační je patrné, že pro absorpenci vzorku nápoje o hodnotě  $A = 0,565$  je

$$w_{\text{P}_2\text{O}_5} = \frac{A + 0,0155}{0,7191} = \frac{0,565 + 0,0155}{0,7191} = 0,81 \text{ ppm}$$

Tato hodnota ale odpovídá obsahu  $\text{P}_2\text{O}_5$  v naředěném vzorku. Celková koncentrace v nápoji je  $(50,0/2,5) \cdot (5,00/0,25) = 400 \times$  vyšší. Tedy  $0,81 \cdot 400 = 324 \text{ ppm}$ .

**Obsah  $\text{P}_2\text{O}_5$ :** 545 ppm hm.

*Za konstrukci kalibrační přímky včetně regresní rovnice 1,00 bodu.*

*Za správný postup výpočtu obsahu  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,50 bodu.*

*Při nesprávném přepočtu zředění strhnout 0,25 bodu*

*Za numericky správný výsledek včetně jednotky 0,50 bodu.*

*Celkem 2,00 bodu.*

## 7) Výpočet:

Je-li hustota Coca-Coly  $1,00 \text{ g cm}^{-3}$ , pak  $324 \text{ ppm hm. P}_2\text{O}_5$  odpovídá hmotnostní koncentraci  $324 \text{ mg dm}^{-3}$ . Jeho molární koncentrace je pak:

$$c_{\text{P}_2\text{O}_5} = \frac{c_{m,\text{P}_2\text{O}_5}}{M_{\text{P}_2\text{O}_5}} = \frac{324 \cdot 10^{-3} \text{ g dm}^{-3}}{141,94 \text{ g mol}^{-1}} = 2,282 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

Z látkové bilance je evidentní, že molární koncentrace  $\text{H}_3\text{PO}_4$  je  $2 \times$  vyšší, tedy:

$$c_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 2 \cdot 2,282 \cdot 10^{-3} = 4,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

Pro kyselinu fosforečnou, kterou předpokládáme jako středně jednosytnou kyselinu (nelze zanedbat úbytek  $\text{H}_3\text{PO}_4$  disociací) je:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} \approx \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{c_{\text{H}_3\text{PO}_4} - [\text{H}_3\text{O}^+]} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]^2 + K_a \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] - K_a \cdot c_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 0$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4 \cdot K_a \cdot c_{\text{H}_3\text{PO}_4}}}{2} = \frac{-10^{-2,15} + \sqrt{(10^{-2,15})^2 + 4 \cdot 10^{-2,15} \cdot 4,565 \cdot 10^{-3}}}{2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 3,157 \cdot 10^{-3} \rightarrow \text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 3,157 \cdot 10^{-3} = 2,50$$

**Přibližné pH:** 2,50.

- Za numericky správný přepoččet ppm hm. na hmotnostní koncentraci 0,50 bodu.*
- Za numericky správný přepoččet hmotnostní koncentrace  $P_2O_5$  na molaritu  $P_2O_5$  0,50 bodu.*
- Za numericky správnou koncentraci  $H_3PO_4$  0,50 bodu.*
- Za správný postup výpočtu pH 1,00 bodu.*
- Strhnout 0,50 bodu za zanedbání úbytku  $H_3PO_4$  disociací.*
- Za numericky správný výsledek pH 0,50 bodu.*
- Celkem 3,00 bodu.*

## PRAKTICKÁ ČÁST

50 BODŮ

## Úloha 1 Hrátky s barevnými sloučeninami kovů

8 bodů

## 1) Výpočty:

$$m_i = m_{\text{roztok}} \cdot w_i = 20 \text{ g} \cdot 0,05 = 1 \text{ g}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{roztok}} - m_i = 20 \text{ g} - 1 \text{ g} = 19 \text{ g} \rightarrow V_{\text{H}_2\text{O}} = 19 \text{ ml}$$

*Za správný postup výpočtu 0,50 bodu.*

*Za každý numericky správný výsledek 0,25 bodu.*

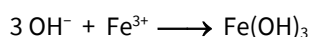
*Celkem 1,00 bodu.*

## 2) Chemické rovnice:

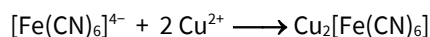
Tmavě modrý mrak:



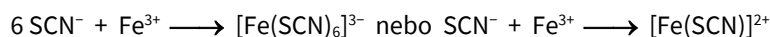
Rezavá půda:



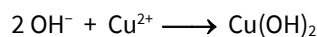
Hnědý strom:



Tmavě červené květy na stromě:



Modrá kvítka v půdě:

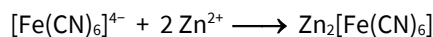


*Za každou správně sestavenou a zároveň vyrovnanou rovnici (dílčí body se neudělují) 1,00 bodu.*

*Celkem 5,00 bodu.*

3) Rozdíly: Ve všech zkumavkách by vznikly sraženiny, pouze ve zkumavce s činidlem KSCN a látkou  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  by vznikl barevný roztok.

*Za objasnění rozdílu 0,50 bodu.*

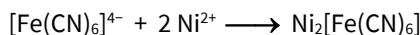
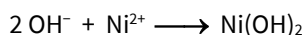
4) Vysvětlení: Je třeba použít jiný roztok jiného kationtu, konkrétně  $\text{Zn}^{2+}$ .

*Za správně uvedený zinečnatý kationt 0,30 bodu.*

*Za správně sestavenou a vyčíslenou chemickou rovnici (dílčí body se neudělují) 0,30 bodu.*

*Celkem 0,60 bodu.*

- 5) **Návrh:** Zelenou barvu lze získat reakcí  $\text{Ni}^{2+}$  s různými činidly, např.  $\text{NaOH}$ ,  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$



*Za aspoň jeden návrh tvorby zelené barvy 0,30 bodu.*

*Za aspoň jednu správně sestavenou a vyčíslenou rovnici (díleč body se neudělují) 0,30 bodu.*

*Celkem 0,60 bodu.*

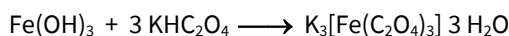
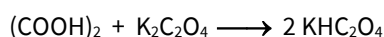
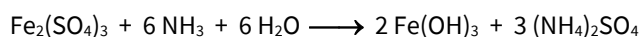
- 6) **Odpověď:** např. pomněnka lesní, chrpa polní, modřelec, rozrazil rezekvítek a další.

*0,30 bodu.*

## Úloha 2 Příprava tris(oxalato)železitanu draselného

**12 bodů**

- 1) **Chemické rovnice:**



*Za správně sestavené a vyčíslené rovnice přípravy  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  a  $\text{KHC}_2\text{O}_4$  po 0,25 bodu.*

*Za správně sestavenou a vyčíslenou rovnici přípravy komplexu 0,50 bodu.*

*Celkem 1,00 bodu.*

- 2) **Výpočet hmotnosti  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , nebo  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ :**

$$m_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = n_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} \cdot M_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,0125 \text{ mol} \cdot 399,885 \text{ g mol}^{-1} = 5,00 \text{ g}$$

$$m_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}} = 0,0125 \text{ mol} \cdot 562,023 \text{ g mol}^{-1} = 7,03 \text{ g}$$

### Výpočet objemu 10% roztoku $\text{NH}_3$ :

$$m_{\text{NH}_3} = 6 \cdot n_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} \cdot M_{\text{NH}_3} = 6 \cdot 0,0125 \text{ mol} \cdot 17,03 \text{ g mol}^{-1} = 1,28 \text{ g}$$

$$m_{10\% \text{ NH}_3} = \frac{m_{\text{NH}_3}}{w} = \frac{1,28 \text{ g}}{0,1} = 12,8 \text{ g}$$

$$V_{10\% \text{ NH}_3} = \frac{m_{10\% \text{ NH}_3}}{\rho_{10\% \text{ NH}_3}} = \frac{12,8 \text{ g}}{0,9575 \text{ g cm}^{-3}} = 13,3 \text{ cm}^3$$

**Hmotnost  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  nebo  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ :** 5,00 g nebo 7,03 g.

**Objem 10% roztoku  $\text{NH}_3$ :** 13,3 cm<sup>3</sup>.

*Za jakýkoliv správný výpočet hmotnosti  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  0,50 bodu.*

*Za jakýkoliv správný výpočet objemu 10% roztoku  $\text{NH}_3$  2,00 bodu.*

*Za každý numericky správný výsledek 0,50 bodu.*

*Celkem 3,5 bodu.*

- 3) **Zdůvodnění:**

Dekantací odstraníme vedlejší ionty (amonné a síranové), které by mohly ovlivnit hmotnost sraženiny.

*Za správné vysvětlení 0,50 bodu.*

- 4) **Výpočet teoretické hmotnosti  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ :**



$$n_{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot n_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 2 \cdot 0,0125 \text{ mol} = 0,0250 \text{ mol}$$

$$m_{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}} = 0,0250 \text{ mol} \cdot 490,973 \text{ g mol}^{-1} = 12,3 \text{ g}$$

**Hmotnost komplexu: 12,3 g.**

*Za jakýkoliv správný postup výpočtu 0,50 bodu.*

*Za numericky správný výsledek 0,50 bodu.*

*Celkem 1,00 bodu.*

**5) Výpočet praktického výtěžku:**

$$\eta = \frac{m_{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}/\text{praktický}}}{m_{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}/\text{teoretický}}$$

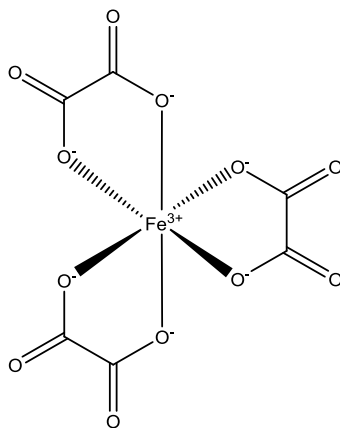
Hodnotí se samotná příprava krystalků, neboduje se praktický výtěžek.

*Za přípravu krystalků a uvedení praktického výtěžku 4,50 bodu.*

*Za procentuální výtěžek 0,50 bodu.*

*Celkem 5,00 bodu.*

**6) Struktura komplexního aniontu:**



*Za správnou strukturu včetně správného oktaedrického okolí 1,00 bodu.*

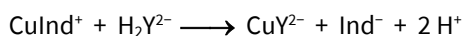
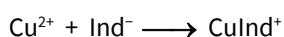
*Udělit pouze 0,50 bodu, pokud není znázorněna geometrie.*

*Celkem 1,00 bodu.*

**Úloha 3 Stanovení  $\text{Cu}^{2+}$  chelatometricky a konduktometricky**

**30 bodů**

**1) Rovnice stanovení  $\text{Cu}^{2+}$ :**



*Za každou správně sestavenou a vyčíslenou rovnicí (dílčí body se neudělují) 0,75 bodu.*

*Celkem 1,50 bodu.*

## 2) Hodnocení přesnosti stanovení:

| Odchylka                | Počet bodů           |
|-------------------------|----------------------|
| 0,0–0,2 cm <sup>3</sup> | 7                    |
| 0,2–1,2 cm <sup>3</sup> | 7 × (1,2 – odchylka) |
| ≥ 1,2 cm <sup>3</sup>   | 0                    |

Celkem 7,00 bodu (body uvádět s přesností na 0,25 bodu).

3) Výpočet obsahu Cu<sup>2+</sup>:

$$c_{m,Cu} = \frac{c_{Ch3} \cdot V_{Ch3}}{V_{Cu}} \cdot M_{Cu} \cdot \frac{V_{roztok}}{V_{pipetáž}}$$

Za správný postup výpočtu hmotnostní koncentrace 1,25 bodu.

Za zahrnutí zředění 1,25 bodu.

Za numericky správný výsledek 0,50 bodu.

Celkem 3,00 bodu.

## 4) Hodnocení grafu titrační křivky včetně lineárních regresí: Hodnotí se průběh křivky – dostatečný počet naměřených hodnot za bodem ekvivalence, proložení lineárními regresemi včetně rovnic lineárních regresí, popsané osy, vhodné měřítko na osách.

Za dostatečný počet naměřených hodnot za bodem ekvivalence 0,10 bodu.

Za proložení regresními přímkami včetně odpovídajících regresních rovnic 0,20 bodu.

Za správně popsané osy grafu 0,10 bodu.

Za vhodné měřítko na osách 0,10 bodu.

Celkem za správně sestavený graf 0,50 bodu.

## 5) Výpočet objemu Chelatonu 3 v bodě ekvivalence:

$$y_1 = k_1 x_1 + q_1, \text{ resp. } G_1 = k_1 V_1 + q_1$$

$$y_2 = k_2 x_2 + q_2, \text{ resp. } G_2 = k_2 V_2 + q_2$$

$$G_1 = G_2$$

$$k_1 V + q_1 = k_2 V + q_2$$

$$V = \frac{q_2 - q_1}{k_1 - k_2}$$

Hodnocení přesnosti stanovení:

| Odchylka                | Počet bodů           |
|-------------------------|----------------------|
| 0,0–0,2 cm <sup>3</sup> | 7                    |
| 0,2–1,2 cm <sup>3</sup> | 7 × (1,2 – odchylka) |
| ≥ 1,2 cm <sup>3</sup>   | 0                    |

Celkem za přesnost stanovení maximálně 7,00 bodu (body uvádět s přesností na 0,25 bodu).

6) Výpočet obsahu  $\text{Cu}^{2+}$ :

$$c_{m,\text{Cu}} = \frac{c_{\text{Ch3}} \cdot V_{\text{Ch3}}}{V_{\text{Cu}}} \cdot M_{\text{Cu}} \cdot \frac{V_{\text{roztok}}}{V_{\text{pipetáž}}}$$

Za správný postup výpočtu hmotnostní koncentrace 1,25 bodu.

Za zahrnutí zředění 1,25 bodu.

Za numericky správný výsledek 0,50 bodu.

Celkem 3,00 bodu.

## 7) Vysvětlení:

Z počátku vodivost stoupá, jelikož se při reakci  $\text{Cu}^{2+}$  s chelatonem uvolňují  $\text{H}^+$ , které zvyšují vodivost; za bodem ekvivalence vodivost roste pouze mírně, jelikož se neuvolňují  $\text{H}^+$ , které mají vysokou molární vodivost, ale v roztoku je v nadbytku anion  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$ .

Za vysvětlení růstu vodivosti před a za bodem ekvivalence po 1,00 bodu.

Celkem 2,00 bodu.

## 8) Vysvětlení:

Fungicidy jsou látky, které se používají proti houbám a plísním, především k ošetření vinné révy, ovocných stromů, brambor.

**Přípravky a účinné látky:**

Kuprikol (účinná látka: oxichlorid mědi –  $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ )

Cuproxat SC (účinná látka: zásaditý síran měďnatý –  $\text{CuSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ )

Champion 50 WP (účinná látka: hydroxid měďnatý –  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ )

Za vysvětlení 1,00 bodu.

Za každý název fungicidu a odpovídající účinnou látku 0,50 bodu.

Celkem 2,00 bodu.

## 9) Hodnocení techniky práce, používání ochranných prostředků a pořádek na pracovním místě:

Dozor v laboratoři zaznamenává poznámky k technice práce, používání ochranných pomůcek, pořádku na pracovním místě. Strhává se po 0,50 bodu za závažné či opakované prohřešky proti správné praxi v chemické laboratoři.

| Technika práce | Bezpečnost práce | Pořádek        |
|----------------|------------------|----------------|
| max. 2,00 bodu | max. 1,00 bodu   | max. 1,00 bodu |

Celkem maximálně 4,00 bodu.



**55. ročník**

2018/2019

**ŠKOLNÍ KOLO**

**Kategorie E**

**POKYNY PRO PŘÍPRAVU PRAKTICKÉ ČÁSTI**

## Úloha 1 Hrátky s barevnými sloučeninami kovů

8 bodů

### Pomůcky:

- 5× kádinka 50 cm<sup>3</sup>
- 5× hodinové sklo
- předvážky
- 5× tyčinka
- 5× štětec
- filtrační papír/čtvrťka A5
- tužka
- lžička
- lihový fix
- ochranné brýle

### Chemikálie:

- $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$
- KSCN
- NaOH
- $Fe_2(SO_4)_3$
- $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

### Příprava:

**$K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$**  (Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 2 g.)

**KSCN** (Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 2 g.)

**NaOH** (Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 2 g.)

**$Fe_2(SO_4)_3$**  (Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 2 g.)

**$CuSO_4 \cdot 5H_2O$**  (Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 2 g.)

Tuto úlohu je možno využít pro prezentaci třídě, nebo menším dětem (chemický kroužek, projektový den, ...).

**Úloha 2 Příprava tris(oxalato)železitanu draselného****12 bodů****Pomůcky:**

- kádinka na (destilovanou) vodu 400 cm<sup>3</sup>
- kádinka 600 cm<sup>3</sup>
- 2× kádinka 400 cm<sup>3</sup>
- 2× kádinka 100 cm<sup>3</sup>
- odměrný válec 100 cm<sup>3</sup>
- 4× hodinové sklo
- kahan
- trojnožka
- síťka s keramickým středem
- zápalky
- Büchnerova nálevka
- odsávací baňka s těsněním a připojením k vývěvě
- filtrační papír
- zdroj vakua/podtlaku
- filtrační nálevka
- filtrační kruh
- stojan s příslušenstvím
- krystalizační miska
- 2× tyčinka
- lžička
- stříčka
- lihový fix
- ochranné brýle

**Chemikálie:**

- Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>,  $M = 399,885 \text{ g mol}^{-1}$ , nebo Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · 9H<sub>2</sub>O,  $M = 562,023 \text{ g mol}^{-1}$
- NH<sub>3</sub>,  $w = 10 \%$
- (COOH)<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O,  $M = 126,066 \text{ g mol}^{-1}$
- K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>,  $M = 166,036 \text{ g mol}^{-1}$

**Příprava roztoků:**

**NH<sub>3</sub>**,  $w = 10 \%$  (211,1 cm<sup>3</sup> 25% NH<sub>3</sub> se zředí 287,3 cm<sup>3</sup> destilované vody, připraví se 500 cm<sup>3</sup> 10% NH<sub>3</sub>. Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 40 cm<sup>3</sup>.)

**Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>** (Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 8 g.)

**(COOH)<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O** (Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 8 g.)

**K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>** (Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 10 g.)

**Úloha 3 Stanovení  $\text{Cu}^{2+}$  chelatometricky konduktometricky****30 bodů****Pomůcky:**

- kádinka na destilovanou vodu 400 cm<sup>3</sup>
- kádinka 50 cm<sup>3</sup>
- 4× kádinka 100 cm<sup>3</sup>
- vysoká kádinka 250 cm<sup>3</sup>
- kádinka 150 cm<sup>3</sup>
- pipeta nedělená 10 cm<sup>3</sup>
- pipeta nedělená 25 cm<sup>3</sup>
- pipeta nedělená 50 cm<sup>3</sup>
- pipeta nedělená 100 cm<sup>3</sup>
- odměrná baňka 100 cm<sup>3</sup> se zátkou
- odměrná baňka 250 cm<sup>3</sup> se zátkou
- 3× titrační baňka 250 cm<sup>3</sup>
- byreta 10 cm<sup>3</sup>
- nálevka do byrety
- stojan s příslušenstvím
- hodinové sklo
- plastové kapátko
- magnetická míchačka s míchadlem
- konduktometr s vodivostní elektrodou
- pipetovací nástavec
- stříčka
- kopista
- lihový fix
- ochranné brýle

**Chemikálie:**

- chelaton 3,  $c = 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$
- murexid
- $\text{NH}_3$  (1:1)

**Příprava roztoků:**

**Chelaton 3**,  $c = 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$  (18,612 g chelatonu 3, p.a. se naváží a doplní na 1 dm<sup>3</sup> v odměrné baňce. Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 100 cm<sup>3</sup>.)

**Standard  $\text{Cu}^{2+}$** ,  $c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$  (124,843 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ , p.a. se naváží a doplní na 0,5 l v odměrné baňce. Z tohoto standardu se pipetuje/byretuje v rozmezí 6–8 cm<sup>3</sup> do 100cm<sup>3</sup> odměrné baňky. Každý vzorek se přelije z odměrné baňky do zásobní lahvičky.)

Organizátoři ztitrují jeden vzorek  $\text{Cu}^{2+}$  podle postupu (tj. jak na indikátor murexid, tak konduktometricky). Následně přepočítají a udají spotřeby pro všechny vzorky pro oba dva způsoby indikace bodu ekvivalence.

**Murexid** (1:99 – 1 díl murexidu a 99 dílů NaCl.)

**$\text{NH}_3$  (1:1)** (Pro jednoho soutěžícího je třeba asi 30 cm<sup>3</sup>.)

Pokud byste neměli k dispozici dostatečný počet konduktometrů, můžete použít naměřená data, která soutěžící vyhodnotí.

Vyhodnocení soutěžící provádí na notebooku. Organizátoři soutěžícím sdělí, kam graf uloží (např. na flash disk), nebo např. pošlou na e-mail.