



**55. ročník**

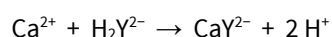
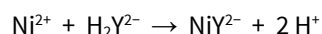
**2018/2019**

**NÁRODNÍ KOLO**

**Kategorie E**

---

**Řešení praktických částí**

**PRAKTICKÁ ČÁST****50 BODŮ****Úloha 1 Stanovení Ni<sup>2+</sup> a Ca<sup>2+</sup> ve směsi konduktometricky****20 bodů****1) Chemické rovnice:**

za každou správně sestavenou a vyčíslenou chemickou rovnicí 0,25 bodu

celkem 0,50 bodu

**2) Sestrojení grafu titrační křivky včetně lineárních regresí:**

Hodnotí se průběh křivky – dostatečný počet naměřených hodnot za 2. bodem ekvivalence, proložení lineárními regresemi včetně rovnic lineárních regresí, popsané osy, vhodné měřítko na osách.

za dostatečný počet naměřených hodnot 0,20 bodu

za proložení regresními přímkami včetně odpovídajících regresních rovnic 0,40 bodu

za správně popsané osy grafu 0,20 bodu

za vhodné měřítko na osách 0,20 bodu

celkem za správně sestrojený graf 1,00 bodu

**3) Výpočet objemu Chelatonu 3 v bodě ekvivalence:**

$$y_1 = k_1x_1 + q_1, \text{ resp. } G_1 = k_1V_1 + q_1$$

$$y_2 = k_2x_2 + q_2, \text{ resp. } G_2 = k_2V_2 + q_2$$

$$G_1 = G_2 \Rightarrow k_1V + q_1 = k_2V + q_2$$

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

Hodnocení přesnosti stanovení Ni<sup>2+</sup>:

Odchylka	Počet bodů
0,0 – 0,2 ml	7
0,2 – 1,2 ml	7 × (1,2 – odchylka)
≥ 1,2 ml	0

Hodnocení přesnosti stanovení  $\text{Ca}^{2+}$ :

Odchylka	Počet bodů
0,0 – 0,2 ml	5
0,2 – 1,2 ml	$5 \times (1,2 - \text{odchylka})$
$\geq 1,2$ ml	0

Odchylka se udává v absolutní hodnotě v ml od hodnoty **experimentálně** zjištěné organizátory soutěže.

za přesnost stanovení  $\text{Ni}^{2+}$  maximálně 7,00 bodu (body uvádět s přesností na 0,25 bodu)

za přesnost stanovení  $\text{Ca}^{2+}$  maximálně 5,00 bodu (body uvádět s přesností na 0,25 bodu)

V případě neodečtení spotřeby chelatonu 3 na  $\text{Ni}^{2+}$  od celkové spotřeby, nepřepočítávat, odchylku zjistit vůči soutěžícím udané hodnotě.

celkem maximálně 12,00 bodu

**4) Výpočet molární koncentrace  $\text{NiCl}_2$ :**

$$c_{\text{NiCl}_2} = \frac{c_{\text{Ch3}} \cdot V_{\text{Ch3}}}{V_{\text{NiCl}_2}} \cdot \frac{V_{\text{roztok}}}{V_{\text{pipetáž}}}$$

**Výpočet molární koncentrace  $\text{CaCl}_2$ :**

$$c_{\text{CaCl}_2} = \frac{c_{\text{Ch3}} \cdot V_{\text{Ch3}}}{V_{\text{CaCl}_2}} \cdot \frac{V_{\text{roztok}}}{V_{\text{pipetáž}}}$$

za správný postup výpočtu molární koncentrace jednoho vzorku 0,50 bodu  
za zahrnutí zředění do každého výpočtu 0,50 bodu

za každý numericky správný výsledek ve správných jednotkách 0,50 bodu

celkem za oba dva vzorky 3,00 bodu

**5) Zdůvodnění:** Pufr se po vytitrování  $\text{Ni}^{2+}$  přidává, aby se upravilo (zvýšilo) pH kvůli stabilitě komplexu  $\text{Ca}^{2+}$  s Chelatonem, který je stabilní až v mírně alkalickém prostředí.

0,50 bodu

**6) Vysvětlení:** Před bodem ekvivalence se vodivost roztoku nemění, jelikož  $\text{H}^+$ , uvolněné při reakci  $\text{Ca}^{2+}$  s chelatonem jsou pohlceny přítomným pufrům, za bodem ekvivalence se přidává nadbytečný chelaton, který nereaguje s  $\text{Ca}^{2+}$ , a tedy postupně zvyšuje vodivost roztoku.

1,00 bodu

**7) Hodnocení techniky práce, používání ochranných prostředků a pořádek na pracovním místě:**

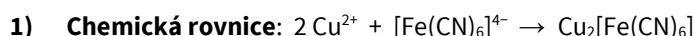
Dozor v laboratoři zaznamenává poznámky k technice práce, používání ochranných pomůcek, pořádku na pracovním místě. Strhává se po 0,25 bodu za závažné či opakované prohřešky proti správné praxi v chemické laboratoři.

Technika práce	Bezpečnost práce	Pořádek
max. 1,00 bodu	max. 0,50 bodu	max. 0,50 bodu

celkem maximálně 2,00 bodu

## Úloha 2 Stanovení $\text{Cu}^{2+}$ spektrofotometricky

30 bodů



0,50 bodu

2) **Výpočet** navážky  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ :

$$m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{Cu}} \cdot M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{Cu}}} = \frac{c_{m,\text{Cu}} \cdot V_{\text{roztok}} \cdot M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{Cu}}}$$

$$m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{250 \cdot 10^{-3} \text{ g dm}^{-3} \cdot 0,250 \text{ dm}^3 \cdot 249,686 \text{ g mol}^{-1}}{63,546 \text{ g mol}^{-1}} = 0,246 \text{ g}$$

**Hmotnost  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ :** 0,246 g.

za jakýkoliv správný postup výpočtu 1,00 bodu  
za numericky správný výsledek 0,50 bodu

celkem 1,50 bodu

3) Výpočet objemu standardního roztoku:

$$c_{m,\text{kal}} \cdot V_{\text{kal}} = c_{m,\text{std}} \cdot V_{\text{std}}$$

$$V_{\text{std}} = \frac{c_{m,\text{kal}} \cdot V_{\text{kal}}}{c_{m,\text{std}}} = \frac{10 \text{ mg dm}^{-3} \cdot 50 \text{ cm}^3}{250 \text{ mg dm}^{-3}} = 2,0 \text{ cm}^3$$

Tabulka objemů standardního roztoku pro přípravu kalibračních roztoků:

$c_{m,\text{Cu}} / \text{mg dm}^{-3}$	0	10	20	30	40	50	60
$V_{\text{std}} / \text{cm}^3$	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0

za jakýkoliv správný postup výpočtu 1,00 bodu  
za správně vyplněnou tabulku objemů standardního roztoku 1,00 bodu  
za každé nesprávně vyplněné políčko s objemem strhnout 0,20 bodu, nelze dosáhnout záporného počtu bodů

celkem 2,00 bodu

4) **Zvolená vlnová délka:** 480 nm

**Zdůvodnění:** Při této vlnové délce je absorpance prostředního kalibračního roztoku nejvyšší, ale zároveň je menší než 1. Proto při této vlnové délce je stanovení nejcitlivější.

za výběr vhodné vlnové délky na základě měření soutěžícího 1,50 bodu  
za zdůvodnění 1,00 bodu

celkem 2,50 bodu

- 5) Vyplněná tabulka absorbancí kalibračních roztoků a vzorku.

*Bez bodového hodnocení.*

- 6) Sestrojení grafu včetně lineární regrese:

Hodnotí se průběh křivky, proložení lineární regrese včetně rovnice lineární regrese, popsané osy, vhodné měřítko na osách.

*za správný počet naměřených hodnot 0,20 bodu*

*za proložení regresními přímkami včetně odpovídajících regresních rovnic 0,40 bodu*

*za správně popsané osy grafu 0,20 bodu*

*za vhodné měřítko na osách 0,20 bodu*

*celkem za správně sestavený graf 1,00 bodu*

- 7) **Rovnice lineární regrese:**

$$y = kx + q$$

**Výpočet:**

$$A = k \cdot c_m + q \rightarrow c_m = \frac{A - q}{k} \cdot \frac{V_{\text{roztok}}}{V_{\text{pipetáž}}} = \frac{A - q}{k} \cdot \frac{50 \text{ ml}}{25 \text{ ml}}$$

*za jakýkoliv správný postup výpočtu obsahu mědi v původním vzorku 2,00 bodu*

*za zahrnutí zředění 1,50 bodu*

*za numericky správný výsledek 0,50 bodu*

*celkem maximálně 4,00 bodu*

Hodnocení přesnosti stanovení (i po přepočítání výsledku):

Relativní chyba	Počet bodů
$\leq 2 \%$	10
$\leq 4 \%$	8
$\leq 6 \%$	6
$\leq 8 \%$	4
$\leq 10 \%$	2
$\leq 12 \%$	1
$\geq 12 \%$	0

za přesnost stanovení  $\text{Cu}^{2+}$  maximálně 10,00 bodu

8) **Triviální název:** Hatchettova hněď

0,50 bodu

- 9) **Vysvětlení:** Tato sloučenina tvoří červenohnědou sraženinu, pokud je v roztoku dostatečná koncentrace obou dvou iontů, tj. bude překročena hodnota součinu rozpustnosti  $K_S$ ; v rozsahu 0–60 mg/l se ale sraženina ještě netvoří, v tomto rozmezí není překročena hodnota součinu rozpustnosti  $K_S$ , proto lze tento rozsah využít ke spektrofotometrickému stanovení  $\text{Cu}^{2+}$  v podobě tohoto barevného komplexu; pokud by koncentrace  $\text{Cu}^{2+}$  byla vyšší než v tomto rozsahu (přesáhla by hodnotu koncentrace  $\text{Cu}^{2+}$  vyplývající z  $K_S$ ), vznikala by sraženina.

2,00 bodu

10) **Výpočet:**

Koncentrací  $\text{Cu}^{2+}$  a  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  nesmí být překročen součin rozpustnosti, tedy:

$$K_S > [\text{Cu}^{2+}]^2 \cdot [\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}] \rightarrow [\text{Cu}^{2+}] < \sqrt{\frac{K_S}{[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]}}$$

Koncentrace hexakynoželeznanu v původním roztoku je:

$$c_{\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]} = \frac{w \cdot \rho}{M_{\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]}} = \frac{0,0100 \cdot 1000 \text{ g dm}^{-3}}{368,342 \text{ g mol}^{-1}} = 0,0271 \text{ mol dm}^{-3}$$

Koncentrace hexakynoželeznanu ve vzorku v baňce o objemu 50 ml při přidavku 2,0 ml činidla je 25× nižší, tedy:

$$[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}] = 1,08 \cdot 10^{-3}$$

Přípustná koncentrace měďnatých iontů je tak:

$$[\text{Cu}^{2+}] < \sqrt{\frac{K_S}{[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]}} = \sqrt{\frac{10^{-8,02}}{1,08 \cdot 10^{-3}}} = 2,97 \cdot 10^{-3}$$

Odpovídající hmotnostní koncentrace pak:

$$c_{m,Cu} = c_{Cu} \cdot M_{Cu} = 2,97 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 63,546 \text{ g mol}^{-1} = 188 \text{ mg dm}^{-3}$$

**Obsah Cu<sup>2+</sup>:** < 188 mg·dm<sup>-3</sup>

*za úvahu nad součinem rozpustnosti 1,00 bodu  
za vyjádření koncentrace hexakvanoželeznatanu v baňce 1,00 bodu  
za výpočet přípustné koncentrace Cu 1,00 bodu  
za přepočet na hmotnostní koncentraci Cu 0,50 bodu  
za numericky správný výsledek 0,50 bodu*

*celkem 4,00 bodu*

**11)** 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 0,25 bodu za závažné či opakované prohřešky proti správné praxi v chemické laboratoři.

<b>Technika práce</b>	<b>Bezpečnost práce</b>	<b>Pořádek</b>
<i>max. 1,00 bodu</i>	<i>max. 0,50 bodu</i>	<i>max. 0,50 bodu</i>

*celkem maximálně 2,00 bodu*