



**60. ročník**

**2023/2024**

**NÁRODNÍ KOLO**

**Kategorie B**

---

**Praktická část – Zadání**

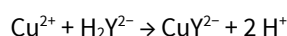
40 bodů, 180 minut

**PRAKTICKÁ ČÁST****40 BODŮ****Úloha 1 Stanovení komponent elektrolytické poměďovací lázně****40 bodů**

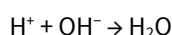
Moderní kyselá poměďovací lázně zpravidla obsahují síran měďnatý a kyselinu sírovou ve vhodných koncentracích, které zajišťují optimální vodivost elektrolytické lázně. High-tech poměďovací lázně obsahují analogickou směs tetrafluoridoboritanu měďnatého a kyseliny tetrafluoridoborité.

Vzhledem k tomu, že kvalita depozice mědi na poměďovaných součástkách souvisí přímo s kvalitou poměďovací lázně, je nezbytně nutné složení poměďovacích lázní pravidelně a zevrubně kontrolovat.

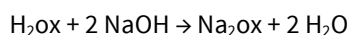
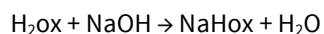
Kontrolu obsahu měďnatých iontů je možné provést přímou chelatometrickou titrací na indikátor murexid. V rámci chelatometrického stanovení probíhá reakce mezi měďnatými ionty a aniontem Chelatonu 3 ( $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$ ):



Celkovou kyselost vzorku lze určit po provedení chelatometrické titrace jako jednoduchou alkalimetrickou titrací se zohledněním na bilanci výše uvedené reakce. Formálně je možné alkalimetrické stanovení celkové kyselosti zapsat jako:



Samotný odměrný roztok hydroxidu sodného se před použitím musí standardizovat. Vhodnou základní látkou pro jeho standardizaci je dihydrát kyseliny šťavelové ( $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{ox} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), která je dvojsytnou kyselinou. Při neutralizaci do prvního stupně se chová jako středně silná kyselina, při neutralizaci do druhého pak jako slabá kyselina.



V této úloze provedete:

- Standardizaci odměrného roztoku hydroxidu sodného na primární standard dihydrát kyseliny šťavelové s indikátorem fenolftalein.
- Stanovení obsahu mědi ve vzorku poměďovací lázně chelatometricky na indikátoru murexid.
- Stanovení celkové kyselosti poměďovací lázně alkalimetricky konsektivní titrací na základě chelatometrické titrace mědi.

**Pomůcky**

- lihový fix na popisování skla
- papírové utěrky
- stojan, držák na byretu (2×) a svorka (2×)
- filtrační kruh
- odměrná baňka 100 ml se zátkou
- odměrná baňka 200 ml se zátkou
- byreta 25 ml (2×)
- pipeta nedělená 10 ml (2×)
- pipetovací balonek či pipetovací nástavec
- kádinka 100 ml (3×)
- kádinka 150 ml
- kádinka 250 ml (2×)
- odměrný válec 10 ml
- odměrný válec 100 ml
- plastové kapátko (3×)
- malá nálevka na doplňování byrety
- nálevka hladká filtrační
- kruhové výseky filtračního papíru
- titrační baňka 250 ml (3×)
- kopistka
- skleněná tyčinka
- stříčka s destilovanou vodou

**Chemikálie**

- vzorek modelové poměďovací lázně v zásobní lahvičce obsahující neznámé množství měďnatých iontů, kyseliny sírové a další nečistoty
- hydroxid sodný přibližně 0,1M odměrný roztok
- Chelaton 3 0,05M odměrný roztok (přesná koncentrace bude sdělena organizátory)
- kyselina šťavelová dihydrát ((COOH)<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O,  $M = 126,07 \text{ g mol}^{-1}$ ) ve vialce s vyznačenou hmotností navážky
- amoniak 1M roztok
- indikátor murexid (1:100 s KNO<sub>3</sub>)
- indikátor fenolftalein 0,1% roztok v ethanolu
- směsný acidobazický indikátor obsahující methylčerveň a bromkresolovu zeleně
- destilovaná voda



## Pracovní postup

### Standardizace odměrného roztoku hydroxidu sodného

- Ve vialce na pracovním stole máte krystaly dihydrátu kyseliny šťavelové s přesně vyznačenou hmotností navážky na desetiny miligramu.
- Připravenou navážku kvantitativně převedte do odměrné baňky o objemu 100,0 ml, rozpustte v destilované vodě a obsah odměrné baňky doplňte destilovanou vodou po rysku. Obsah odměrné baňky řádně homogenizujte.
- Byretu si naplňte odměrným roztokem hydroxidu sodného.
- Do titrační baňky si odpipetujte 10,00 ml připraveného standardního roztoku kyseliny šťavelové, zředte jej přibližně 50 ml destilované vody a přidejte 5 kapek indikátoru fenolftalein.
- Směs v titrační baňce titrujte odměrným roztokem hydroxidu sodného z byrety z bezbarvého do prvního postřehnutelného růžovofialového odstínu, který je stálý aspoň 30 sekund. Spotřebu odměrného roztoku hydroxidu sodného si zaznamenejte.
- Titraci proveďte celkem 3×.

### Příprava vzorku poměďovací lázně

- V lahvičce popsané vaším startovním číslem je vzorek koncentrované poměďovací lázně s pevnými nečistotami obsahujícími kovovou měď. Ve vzorku máte stanovit celkový obsah měďnatých iontů a celkový obsah kyselin.
- Vzorek přefiltrujte přes hladký filtr do kádinky o objemu 150 ml. **Velmi dobře si rozmyslete, jak budete postupovat, abyste si neznehodnotili vzorek!** Vydání náhradního vzorku je sankcionováno bodovou ztrátou 4,00 bodů.
- Ze vzorku přefiltrované poměďovací lázně odpipetujte 20,00 ml do odměrné baňky o objemu 200,0 ml a vzorek doplňte destilovanou vodou po rysku a řádně homogenizujte.

### Stanovení obsahu mědi ve vzorku poměďovací lázně chelatometricky

- Byretu si naplňte odměrným roztokem Chelatonu 3.
- Do titrační baňky si odpipetujte 10,00 ml zředěného vzorku poměďovací lázně a obsah titrační baňky zředte přibližně 100 ml destilované vody.
- Následně přidejte 3 ml 1M roztoku amoniaku a několikrát na špičku špachtle indikátoru murexid tak, aby zbarvení roztoku bylo dostatečně intenzivní.
- Směs v titrační baňce titrujte odměrným roztokem Chelatonu 3 ze žlutozeleného až nahnědlého zbarvení přes různé barevné přechody do prvního náznaku nafialovělého zbarvení roztoku, které je stálé aspoň 20 sekund. V ten moment přestaňte titrovat a přidávejte do směsi po kapkách 1M roztok amoniaku, až se barva roztoku právě změní na limetkově zelenou a pomalu dotitrujte do zářivě fialového zbarvení. Spotřebu odměrného roztoku Chelatonu 3 si zaznamenejte.
- Titraci proveďte celkem 3×.

### Stanovení celkové acidity poměďovací lázně alkalimetricky

- Do titrační baňky si odpipetujte 10,00 ml zředěného vzorku poměďovací lázně a zředte jej přibližně 100 ml destilované vody.
- Do titrační baňky dále přidejte 5 kapek směsného acidobazického indikátoru a dále z byrety průměrný objem odměrného roztoku Chelatonu 3, který jste zjistili v předchozím postupu.
- Takto připravený roztok *ihned* titrujte odměrným roztokem hydroxidu sodného z byrety z vínově-červeného až fialového zbarvení do modrozeleného. V oblasti bodu ekvivalence titrujte velmi pomalu. Objem odměrného roztoku hydroxidu sodného si zaznamenejte.
- Titraci proveďte nejméně 3×.



**Vyhodnocení a otázky** (vypracujte do pracovního listu)

- 1) Do pracovního listu zapište přesnou hodnotu navážky dihydrátu kyseliny šťavelové, kterou jste obdrželi.
- 2) Do tabulky v pracovním listu uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného pro jeho standardizaci na kyselinu šťavelovou. Zapište rovněž přijatou hodnotu spotřeby.
- 3) Vypočítejte přesnou koncentraci použitého odměrného roztoku hydroxidu sodného.
- 4) Do tabulky v pracovním listu uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 při stanovení obsahu měďnatých iontů na indikátor murexid. Zapište rovněž přijatou hodnotu spotřeby.
- 5) Vypočítejte (a) obsah měďnatých iontů v původním koncentrovaném vzorku poměďovací lázně v gramech  $\text{Cu}^{2+}$  v 1 litru poměďovací lázně a rovněž (b) odpovídající hmotnostní koncentraci pentahydrátu síranu měďnatého v této lázni v  $\text{g dm}^{-3}$ .
- 6) Do tabulky v pracovním listu uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného při stanovení celkové acidity poměďovací lázně. Zapište rovněž přijatou hodnotu spotřeby.
- 7) Vypočítejte (a) molární koncentraci  $\text{H}^+$  iontů v původním koncentrovaném vzorku poměďovací lázně a rovněž (b) odpovídající molární koncentraci kyseliny sírové v poměďovací lázni.
- 8) Jaké množství koncentrované kyseliny sírové (96 % hm., hustota  $1,83 \text{ g cm}^{-3}$ ) je potřeba k přípravě  $1 \text{ dm}^3$  uvedené poměďovací lázně? (Pokud jste nevypočítali předchozí podúlohy, počítejte, že molární koncentrace  $\text{H}_2\text{SO}_4$  v poměďovací lázni je  $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ ).
- 9) V zadání bylo zmíněno, že se pro poměďovací lázně využívá mj. tetrafluoridoboritan měďnatý a kyselina tetrafluoridoboritá. Zapište jejich vzorce.

**PRACOVNÍ LIST****40 BODŮ****Úloha 1 Stanovení komponent elektrolytické pomědovací lázně****40 bodů**

- 1) Zapište přesnou hodnotu navážky dihydrátu kyseliny šťavelové, kterou jste obdrželi.

Navážka dihydrátu kyseliny šťavelové: \_\_\_\_\_ g

- 2) Uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného pro jeho standardizaci na kyselinu šťavelovou. Zapište rovněž přijatou hodnotu spotřeby.

Spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného:

$V_1$ (NaOH) / ml	$V_2$ (NaOH) / ml	$V_3$ (NaOH) / ml	$(V_4$ (NaOH)) / ml	$V_{\text{přijata}}$ (NaOH) / ml

**body:**

- 3) Vypočítejte přesnou koncentraci použitého odměrného roztoku hydroxidu sodného.

Výpočty:

$c(\text{NaOH}) =$

**body:**



- 4) Uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3 při stanovení obsahu měďnatých iontů na indikátor murexid. Zapište rovněž přijatou hodnotu spotřeby.

Spotřeby odměrného roztoku Chelatonu 3:

$V_1$ (Ch3) / ml	$V_2$ (Ch3) / ml	$V_3$ (Ch3) / ml	$(V_4$ (Ch3)) / ml	$V_{\text{přijata}}$ (Ch3) / ml

**body:**

- 5) Vypočítejte (a) obsah měďnatých iontů v původním koncentrovaném vzorku poměďovací lázně v gramech  $\text{Cu}^{2+}$  v 1 litru poměďovací lázně a rovněž (b) odpovídající hmotnostní koncentraci pentahydrátu síranu měďnatého v této lázni v  $\text{g dm}^{-3}$ .

Výpočty:

$$c_m(\text{Cu}^{2+}) =$$

$$c_m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) =$$

**body:**



- 6) Uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného při stanovení celkové acidity poměďovací lázně. Zapište rovněž přijatou hodnotu spotřeby.

Spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného:

$V_1$ (NaOH) / ml	$V_2$ (NaOH) / ml	$V_3$ (NaOH) / ml	$V_4$ (NaOH) / ml	$V_{\text{přijata}}$ (NaOH) / ml

**body:**

- 7) Vypočítejte (a) molární koncentraci  $H^+$  iontů v původním koncentrovaném vzorku poměďovací lázně a rovněž (b) odpovídající molární koncentraci kyseliny sírové v poměďovací lázni.

Výpočty:

$$c(H^+) =$$

$$c(H_2SO_4) =$$

**body:**





- 8) Jaké množství koncentrované kyseliny sírové (96 % hm., hustota  $1,83 \text{ g cm}^{-3}$ ) je potřeba k přípravě  $1,00 \text{ dm}^3$  uvedené poměďovací lázně? (Pokud jste nevyočítali předchozí podúlohy, počítejte, že molární koncentrace  $\text{H}_2\text{SO}_4$  v poměďovací lázni je  $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ ).

Výpočty:

$V(\text{H}_2\text{SO}_4, \text{ konc.}) =$

**body:**

- 9) V zadání bylo zmíněno, že se pro poměďovací lázně využívá mj. tetrafluoridoboritan měďnatý a kyselina tetrafluoridoboritá. Zapište jejich vzorce.

Tetrafluoridoboritan měďnatý:

Kyselina tetrafluoridoboritá:

**body:**