

Řada napětí kovů, dle koho?

Jméno:

Skupina:

Jméno spolupracovníka:

Datum:

Úvod

Vaši výzkumnou skupinu si najala firma „Beketovovy baterky“, abyste jim pomohli s vývojem nových baterií. Firma si předem vybrala k výzkumu tyto kovy: Fe, Zn, Cu, Sn, Mn a Ag. Pomocí kovů a jejich iontů lze vyrábět elektřinu. Jedna baterie vyžaduje dva kovy a jejich ionty. Vaším úkolem je těchto sedm kovů s jejich ionty prozkoumat z hlediska jejich možného potenciálu poskytnout napětí, a tedy je doporučit k výrobě baterií s největším napětím.

Cíle

- Sestavte jednotlivé elektrochemické články konstruované z kombinací šesti poločlánků kov/kation kovu.
- Sestavte řadu napětí kovů na základě vašich měření.
- Navrhněte konstrukci baterie, která poskytuje největší možné napětí při použití dostupných materiálů.

Než začneme s laborováním

1. Nejdříve si vzpomeňte na několik základních pojmů a vysvětlete je:

Oxidace	Redukce
Anoda	Katoda

2. Z čeho se skládá poločlánek a z čeho článek? Jak článek obvykle zapisujeme?

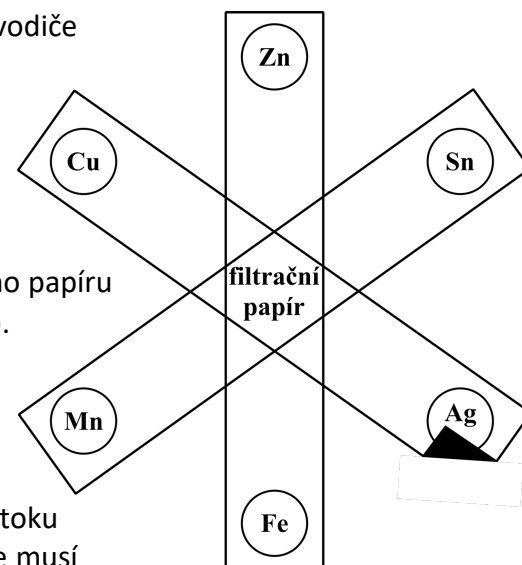
Postup práce

Pomůcky

filtrační papír, nůžky, nevodivá (plastová) podložka, voltmetr, dva vodiče

Chemikálie

nasycený vodný roztok dusičnanu draselného (.....),
elektrody (Zn, Cu, Fe, Ag, Sn, Mn), vodné roztoky solí
o koncentraci $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ (Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Ag^+ , Sn^{2+} , Mn^{2+})



1. Sestavte si aparaturu dle Obr. 1 (připravte si 3 pruhy filtračního papíru cca $15 \times 2 \text{ cm}$ a na nevodivé podložce z nich sestavte „hvězdu“).
2. Na konce proužků položte kousek kovu jako elektrodu.
3. Na konce proužků naneste několik (2-5) kapek $0,1 \text{ M}$ roztoku soli daného kovu, ale pozor, aby se roztoky nenasákly až do středu proužků! Takto jste připravili poločlánky.
4. Do středu „hvězdy“ naneste několik kapek nasyceného roztoku KNO_3 tak, aby došlo k vodivému propojení poločlánků, tedy se musí dotýkat všech roztoků na okrajích proužků (= solný můstek).

Obr. 1 Náčrt aparatury pro měření článků

Vyhodnocení

A – Řada napětí kovů

5. Vyberte si jeden poločlánek (č 1) vůči kterému budete měřit napětí ostatních poločlánků (č 2). Na tento poločlánek (č 1) vždy přiložte stejný měřicí hrot voltmetru (stejný vodič), neměňte jej.

poločlánek č 1	poločlánek č 2	E / V

Pomocí naměřených hodnot seřadte použité kovy do elektrochemické řady kovů – seřadte je podle vzrůstajícího elektrochemického potenciálu:

B – Konstrukce baterie (galvanického článku)

Na základě předchozího měření navrhnete hypotézu, která kombinace poločlánků by měla poskytovat největší napětí, své tvrzení zdůvodněte:

6. Následně pomocí voltmetru proměřte napětí pro různé kombinace poločlánků. Vše zaznamenejte do následující tabulky. Jednotlivé články v tabulce jsou seřazeny ve směru reakce na anodě k reakci na katodě, tedy všechny naměřené hodnoty potenciálu zapisujte jako absolutní hodnoty.

poločlánek č 1	poločlánek č 2	E / V	poločlánek č 1	poločlánek č 2	E / V
$\text{Cu(s)} \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Ag}^+(\text{aq}) \text{Ag(s)}$		$\text{Sn(s)} \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \text{Cu(s)}$	
$\text{Sn(s)} \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Ag}^+(\text{aq}) \text{Ag(s)}$		$\text{Fe(s)} \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \text{Cu(s)}$	
$\text{Fe(s)} \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Ag}^+(\text{aq}) \text{Ag(s)}$		$\text{Zn(s)} \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \text{Cu(s)}$	
$\text{Zn(s)} \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Ag}^+(\text{aq}) \text{Ag(s)}$		$\text{Mn(s)} \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \text{Cu(s)}$	
$\text{Mn(s)} \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Ag}^+(\text{aq}) \text{Ag(s)}$		$\text{Zn(s)} \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \text{Fe(s)}$	
$\text{Fe(s)} \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) \text{Sn(s)}$		$\text{Mn(s)} \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \text{Fe(s)}$	
$\text{Zn(s)} \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) \text{Sn(s)}$		$\text{Mn(s)} \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \text{Zn(s)}$	
$\text{Mn(s)} \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) \text{Sn(s)}$				

Porovnejte vaši hypotézu s výsledky měření. Shodují se?

Závěr

Zformulujte závěr z tohoto cvičení – na základě vašich výsledků navrhnete baterii (článek), která bude dávat největší napětí:

Doplňující otázky

1. Tabelované hodnoty standardního potenciálu poločlánku jsou měřeny pro jednotkovou aktivitu iontu kovu v roztoku za standardních podmínek. V našem experimentu však pracujeme s roztoky solí o koncentraci $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$, tudíž napětí poločlánku nebude stejné jako pro jednotkovou aktivitu. Výši této změny však můžeme odhadnout poměrně jednoduchým výpočtem.

Do následující tabulky doplňte vypočtený potenciál poločlánku pro námi použitou koncentraci solí při 298 K. Druhý sloupec v tabulce obsahuje standardní potenciál poločlánku.

K výpočtům použijte Nernst-Petersonovu rovnici, která popisuje závislost E na teplotě a aktivitě redukované (např. a_{Cu}) a oxidované (např. $a_{\text{Cu}^{2+}}$) formy. Aktivita čisté látky (kovové elektrody) je jednotková ($a_{\text{kov}} = a_{\text{red}} = 1$).

$$E = E^0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_{\text{ox}}}{a_{\text{red}}} = E^0 + \frac{RT}{zF} \ln a_{\text{ox}}$$

kde R je molární plynová konstanta ($8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), z je počet přenesených elektronů a F je Faradayova konstanta (96485 C mol^{-1}). Předpokládejte, že aktivita iontu je rovna molární koncentraci.

článek	E^0 / V	E / V
$\text{Ag}^+(\text{aq}) \text{Ag}(\text{s})$	0,799	
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \text{Zn}(\text{s})$	-0,763	
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \text{Fe}(\text{s})$	-0,441	
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) \text{Mn}(\text{s})$	-1,180	
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \text{Cu}(\text{s})$	0,337	
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) \text{Sn}(\text{s})$	-0,140	

2. Zhodnoťte, jak významná je změna potenciálu poločlánku oproti jejich standardním potenciálům, která je způsobena použitím desetinné koncentrace solí. Zakroužkuj:

- a. Jedná se o významnou změnu, kdy měření je dostatečně přesné, aby se tato nepřesnost projevila.
 b. Jedná se o zanedbatelnou změnu, neboť vaše měření na filtračním papíře dává mnohem větší chybu měření než je rozdíl potenciálů vyplývající z použití desetinné koncentrace.

3. Pomocí těchto tabelovaných hodnot vypočítejte očekávané napětí jednotlivých článků využitých v úloze A. Příklad výpočtu napětí článku pro standardní napětí poločlánků:



$$E_{\text{teor}} = E^0(\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) | \text{Cu}(\text{s})) - E^0(\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Zn}(\text{s})) = 0,337 - (-0,763) = 1,100 \text{ V}$$

$$E_{\text{teor}} = E^0(\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Zn}(\text{s})) - E^0(\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) | \text{Cu}(\text{s})) = -1,100 \text{ V}$$

Zamyslete se nad Nernst-Petersonovu rovnici a výpočtem napětí článku a uveďte, pro které články můžete jejich napětí vypočítat ze standardních potenciálů poločlánků, a u kterých musíte naopak vzít v úvahu změnu potenciálu poločlánků v důsledku jiné než jednotkové koncentrace (aktivity) solí.

Nápověda:

$$\begin{aligned} E_{\text{teor}} &= E(\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) | \text{Cu}(\text{s})) - E(\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Zn}(\text{s})) \\ &= E^0(\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) | \text{Cu}(\text{s})) + \frac{RT}{zF} \ln a_{\text{Cu}^{2+}} - \left(E^0(\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Zn}(\text{s})) + \frac{RT}{zF} \ln a_{\text{Zn}^{2+}} \right) \\ &= E^0(\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) | \text{Cu}(\text{s})) + \frac{RT}{2F} \ln 0,1 - E^0(\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) | \text{Zn}(\text{s})) - \frac{RT}{2F} \ln 0,1 \end{aligned}$$

- a. Pro všechny články mohou pro výpočet napětí využít standardní potenciály poločlánků.
 b. Pro výpočet napětí článků mohou využít standardní potenciály poločlánků kromě:
 c. Pro žádné články nemohou pro výpočet napětí využít standardní potenciály poločlánků.

Doplňte naměřené a očekávané hodnoty napětí článků do tabulky:

poločlánek č 1	poločlánek č 2	$E_{\text{teoretická}} / \text{V}$	$E_{\text{praktická}} / \text{V}$
	$\text{Ag}^+(\text{aq}) \text{Ag}(\text{s})$		
	$\text{Cu}(\text{s}) \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$		
	$\text{Sn}(\text{s}) \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$		
	$\text{Fe}(\text{s}) \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$		
	$\text{Zn}(\text{s}) \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$		
	$\text{Mn}(\text{s}) \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$		

4. Vzpomeňte si, nebo dohledejte v odborné literatuře, po kom je řada napětí kovů pojmenována?

5. Na základě odvozené elektrochemické řady kovů zkuste určit, které z těchto reakcí bude probíhat samovolně, a které nikoliv.

$\text{Fe}(\text{s}) + \text{CuSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{FeSO}_4(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$	$\text{Fe}(\text{s}) + \text{ZnSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{FeSO}_4(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s})$
$\text{Cu}(\text{s}) + \text{ZnSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{CuSO}_4(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s})$	$\text{Cu}(\text{s}) + \text{FeSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{CuSO}_4(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{s})$
$\text{Zn}(\text{s}) + \text{CuSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$	$\text{Zn}(\text{s}) + \text{FeSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{s})$

6. Proč se v této úloze jako solný můstek využívá dusičnan draselný, a nikoliv častěji používaný chlorid draselný? Zdůvodněte i chemickou rovnicí nežádoucí reakce.