



CHEMIE

laboratorní cvičení č. 6

6

• CHEMIE

Galvanické články (návod)

Zadání úlohy

1. Zkonstruuje obdobu Daniellova galvanického článku, prostudujte princip jeho fungování a zjistěte jaké napětí nám poskytuje.
2. Otestujte různé kombinace kovů při sestavení dalších jednoduchých galvanických článků.

Pomůcky

- počítač s USB portem
- 1 × PASPORT USB Link (Interface) nebo 1 × Xplorer
- PASPORT napěťový sensor nebo chemický multisensor
- software DataStudio
- chlorid měďnatý (roztok o $c=1$ mol/l)
- chlorid zinečnatý (roztok o $c=1$ mol/l)
- chlorid draselný (roztok o $c=1$ mol/l)
- kovové plíšky – Cu, Zn, Ag
- kyselina sírová (10%)
- jablko nebo citron
- kádinka 150 ml (4 ks)
- U trubice
- dva smotky vaty nebo buničiny
- filtrační papír
- pipet s balónkem, 2 ml
- Petriho miska
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

PRACOVNÍ NÁVOD



Bezpečnost práce

Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. Většina chemikálií v tomto praktickém cvičení je zdraví škodlivá. Dbejte zvýšené opatrnosti a s chemikáliemi zacházejte vždy dle instrukcí pedagoga. Nikdy nepipetujte ústy (vždy používejte balónek). V laboratoři používejte ochranné brýle, plášť a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.

Teoretický úvod

První elektrochemický článek jako zdroj elektrického proudu sestavil v roce 1800 Alessandro Guiseppe Antonio Anastasio Volta. Jednalo se o galvanický článek tvořený několika sériově zapojenými elektrochemickými články se zinkovou a měděnou elektrodou. Skládal se z navrstvených kovových plíšků, proložených plátky kůže, které byly nasáknuty okyseleným roztokem.

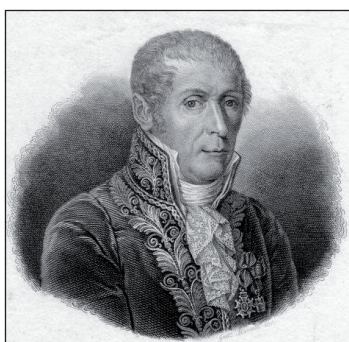
Po spojení „pólů“ vodiči jimi procházel elektrický proud. Volta takto přesvědčivě dokázal neudržitelnost představ zastánců živočišné elektřiny, kteří tvrdili, že v Galvaniho pokusech je zdrojem proudu „živočišná elektřina“.

Volta pocházel z italské šlechtické rodiny a je znám především jako fyzik proslulý svými objevy v oboru elektřiny. Mimo elektrochemický článek vynalezl například zařízení produkující statickou elektřinu a kondenzátor. Podle něho byla pojmenována jednotka udávající velikost napětí – volt [V].

Jak dává název tušit, problematika galvanických článků je nepřímo spjata s osobou Luigiho Galvaniho. Luigi Galvani byl Voltovým současníkem a působil na boloňské univerzitě jako profesor lékařství. Byl prvním fyziologem, který zkoumal elektrické jevy při pohybech svalů. Zjistil, že svaly se stahují, když se jich dotýká obloukem z částmi ze dvou různých kovů. Tento fyziologický jev dostal název „galvanismus“. Galvani se domníval, že objevil zvláštní druh elektřiny – „živočišnou elektřinu“, elektrické fluidum, které nervy roznášejí do svalů, přičemž svaly samotné tuto elektřinu i generují. Alessandro Volta, velký oponent Galvaniho, byl přesvědčen, že uvedený jev má fyzikální



Voltův sloup



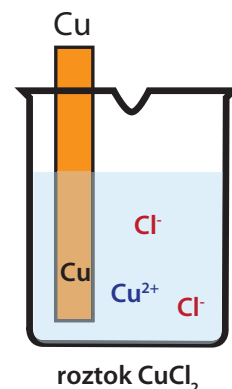
Volta (vlevo) a Galvani (vpravo)

základ, a že jeho zdrojem a příčinou je chemická reakce dvou kovů. Dokázat tuto svou koncepci se nakonec Voltovi podařilo, a to právě sestrojením prvního elektrochemického článku – Voltova sloupu.

Jakým způsobem tedy napětí v článku vzniká? Elektromotorické napětí v galvanickém článku vzniká z rozdílu potenciálů na elektrodách, elektrické potenciály jsou důsledkem chemických reakcí mezi elektrodami a elektrolytem.

Abychom uvedené formulaci lépe porozuměli, popíšeme si konstrukci a funkci jednoho z elektrochemických článků – Daniellova článku.

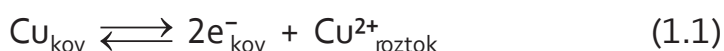
V kádince máme roztok měďnaté soli a do tohoto roztoku umístíme měděný plíšek – měďnou elektrodu. Situace je znázorněna na obrázku A vpravo.



A

Cu poločlánek

Tím, že umístíme kovový plíšek (dále ho již budeme označovat termínem „elektroda“), do elektrolytu (v našem případě roztoku iontů stejného kovu), dojde na rozhraní k ustavení redoxní rovnováhy mezi Cu a Cu²⁺ – označované jako **elektrodová rovnováha**. Rovnováhu můžeme popsat takto:



Výše uvedená rovnice popisuje tzv. **elektrodový děj**. Tím jsme sestrojili první poločlánek. Ustálená rovnováha je příčinou vzniku potenciálového rozdílu mezi kovem a roztokem. Tomuto potenciálovému rozdílu říkáme **elektrodový potenciál**, což je vlastně **rovnovážné napětí článku**. Abychom mohli zjistit velikost napětí na tomto poločlánku musíme ho propojit s druhým poločlánkem a měřit napětí mezi nimi. V ideálním případě by druhý poločlánek měl mít nulový potenciál. Pak bychom mohli přímo zjistit potenciál poločlánku charakterizovaného reakcí 1.1. Tento požadavek splňuje standardní vodíková elektroda, která je jednou z možných **referentních elektrod**.

Elektrodový potenciál s ustálenou redoxní rovnováhou popisuje Nernstova rovnice:

$$E_{\text{ox/red}} = E^0_{\text{ox/red}} + \frac{RT}{zF} \ln \frac{c_{\text{ox}}}{c_{\text{red}}} \quad (\text{rovnice 1.1}),$$

kde R (molární plynová konstanta (8,314 J/K·mol)) a F (Faradayova konstanta (96485 C/mol)) jsou konstanty, T je teplota (v kelvinech), z je počet elektronů vyměněných při redoxním ději, c_{ox} a c_{red} jsou koncentrace oxidované a redukované formy a E^0 je **standardní elektrodový potenciál**.

Pro náš konkrétní případ s mědí a měďnatými ionty bude výsledná rovnice následující:

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = E^0_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} + \frac{RT}{zF} \ln c_{\text{Cu}^{2+}} \quad (\text{rovnice 1.2}).$$

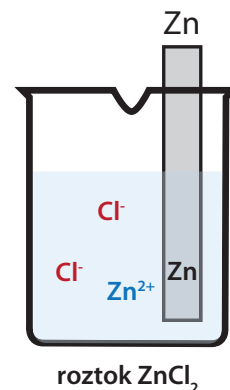
Koncentrace redukované formy (c_{Cu}) jako pevné látky je jednotková, proto se nám pravá strana rovnice 1.2 oproti rovnici 1.1 zjednodušila.

Za předpokladu, že i koncentrace měďnatých iontů je jednotková (1 mol/l), je elektrodový potenciál roven standardnímu potenciálu:

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0$$

To samé uděláme s druhou kádinkou, s tím rozdílem, že v kádince bude roztok zinečnaté soli a použita bude zinková elektroda. Situace je znázorněna na obrázku B vpravo.

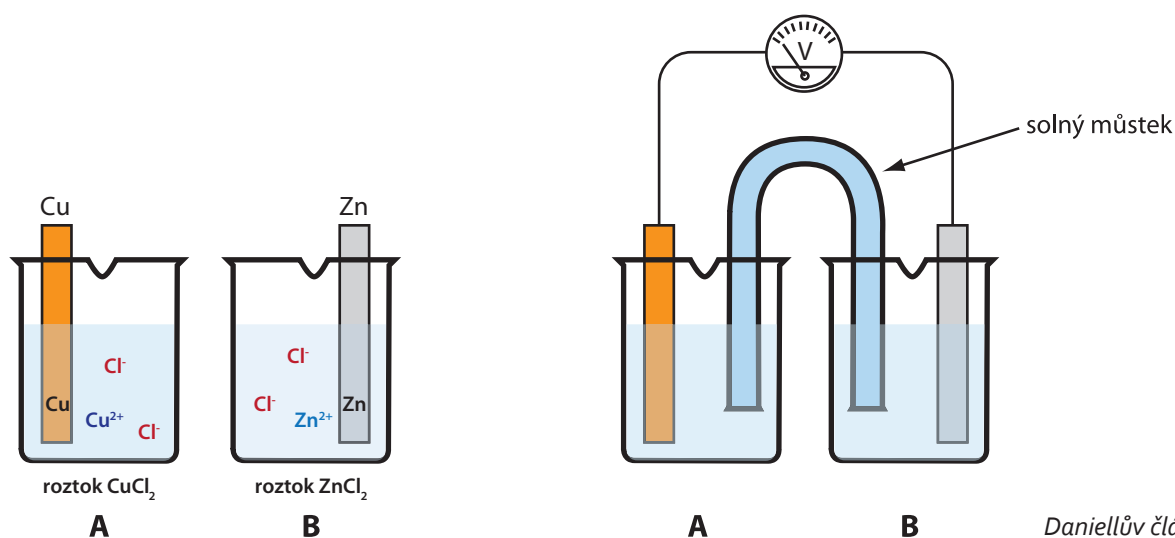
Standardní elektrodové potenciály pro různé látky jsou uvedeny v chemických tabulkách. Také známá řada napětí kovů (Beketova řada napětí) reflektuje hodnoty elektrodových potenciálů jednotlivých kovů.

**B***Zn poločlánek*

Řada napětí kovů (standardní elektrodové potenciály, kyselý roztok)

ox.	Li ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Be ²⁺	Al ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cr ³⁺	Ga ³⁺	Fe ²⁺	Cd ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	2H ⁺	Cu ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pd ²⁺	Pt ²⁺	Au ³⁺
red.	Li	KC	aN	aM	g	Be	Al	Mn	Zn	Cr	Ga	Fe	Cd	Co	Ni	Sn	Pb	H ₂	Cu	Ag	Hg	Pd	Pt	Au
E°[V]	-3,045	-2,925	-2,866	-2,714	-2,363	-1,847	-1,662	-1,180	-0,723	-0,744	-0,529	-0,400	-0,402	-0,277	-0,250	-0,136	-0,126	0,000	+0,337	+0,799	+0,854	+0,987	+1,200	+1,498

Zatím máme dva poločlánky. Jak z nich udělat článek? Propojení elektrolytů poločlánků provedeme pomocí solného můstku (vodič druhého řádu) a k vodivému spojení elektrod použijeme klasické metalické vodiče (vodiče prvního řádu).

*Daniellův článek*

Celkově můžeme probíhající děje charakterizovat rovnicí:



Po zapojení článku do elektrického obvodu probíhají uvnitř článku reakce, kterými se postupně spotřebovává elektrická energie článku – článek se vybíjí. Tyto reakce mohou být nevratné – napětí článku se po vybití nedá obnovit (**primární články**) – nebo vratné – článek se dá znova nabít (**sekundární články**, jinak také akumulátory).

S využitím hodnot standardních elektrodoých potenciálů můžeme snadno vypočítat **elektromotorické napětí** galvanického článku, který jsme získali propojením našich dvou poločlánků s měděnou a zinkovou elektrodou (předpokladem je přibližně jednotková koncentrace roztoků). Konkrétně tedy:

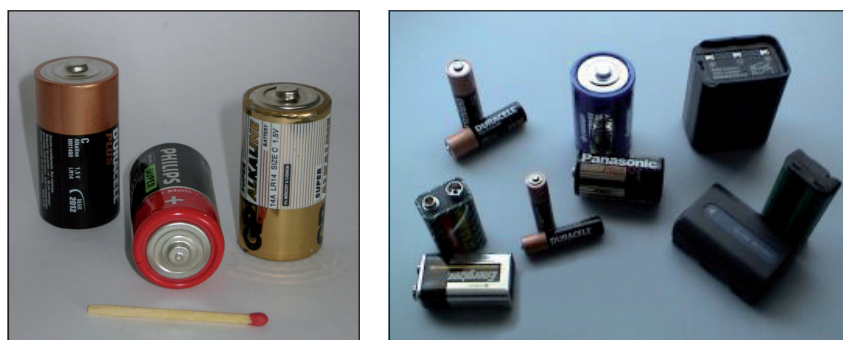
$$U_e = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 - E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 \quad (\text{rovnice 1.3}).$$

Při reálném průchodu elektrického proudu článkem se projeví také vnitřní odpor článku. Vnitřní odpor R_i má za následek snížení elektromotorického napětí článku na **svorkové napětí** U :

$$U = U_e - R_i I \quad (\text{rovnice 1.4}),$$

kde U_e je elektromotorické napětí, I je elektrický proud (při vyšším zatížení – vyšším proudu – se napětí článku sníží více).

Na stejném, nebo velice podobném principu, je založena celá řada galvanických článků, které dnes a denně používáme v celé řadě elektrických zařízení.



Různé druhy baterií

1. V následujícím praktickém cvičení zkonstruujete obdobu Daniellova galvanického článku.
2. Prostudujte princip jeho fungování.
3. Zjistíte jaké napětí nám poskytuje.
4. Otestujete různé kombinace kovů při sestavení dalších jednoduchých galvanických článků.

Příprava úlohy (praktická příprava)

Postup práce

Nejprve zpracujte slovníček a teoretickou přípravu na „pracovní listě“ a teprve potom začněte pracovat v laboratoři.

Nastavení HW a SW

1. Připojte napěťové čidlo nebo chemický multisenzor přes USB rozhraní (PASSPORT USB interface nebo Xplorer) k počítači. Tím se automaticky otevře konfigurační dialog.



2. Vyberte a otevřete odpovídající konfigurační soubor DataStudia

06_galvanicke_clanky.ds

Poznámka: Konfigurační soubory automaticky otevřou potřebná okna a nastaví výchozí parametry. V této úloze budete měřit pouze napětí, případné automatické přidání dalších čidel z multisenzorového řešení nebudeme potvrzovat.

Příprava měření

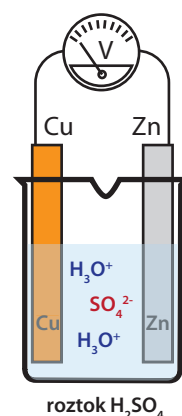
1. Před započítím práce si přečtěte celý „pracovní návod“.
2. Příprava elektrolytů:
 1. Do tří 150 ml popsaných kádinek (A, B, C) si odlejeme následující roztoky:
 - a) **Kádinka A** – 75 ml roztoku chloridu měďnatého ($c = 1 \text{ mol/l}$)
 - b) **Kádinka B** – 75 ml roztoku chloridu zinečnatého ($c = 1 \text{ mol/l}$)
 - c) **Kádinka C** – 100 ml roztoku chloridu draselného ($c = 1 \text{ mol/l}$)
 - II. Do čtvrté kádinky (**kádinka D**) si odlejeme 50 ml 10% roztoku H_2SO_4 (pouze pokud nebudete v druhé části používat jablko či citrón).
3. Příprava kovových plíšků:
 - I. Pokud nejsou kovové plíšky, které máme k dispozici, dostatečně čisté, požádáme učitele o jejich očištění, případně postupujeme dle jeho instrukcí (u neušlechtilých kovů, jako Zn a Al, můžete použít HCl, u Cu a Ag použijeme HNO_3). Očištění můžeme provést také mechanicky jemným smrkovým papírem. I když plíšky vypadají čistě, je vhodné je odmastit (např. hadříkem namočeným do ethanolu, butanolu, ap.).

4. Sestavení Daniellova článku:

- I. Připravíme si kádinky **A** a **B**.
- II. Obsah **kádinky C** přelijeme do **U trubice** tak, že bude zcela naplněná.
- III. Připravíme si **dva** dostatečně velké **smotky vaty** (nebo buničiny) a opatrně je pomalu vsuneme do otevřených konců U trubice. Smotky vaty ponecháme lehce přes okraje trubice. V případě potřeby můžeme roztokem z kádinky C ovlhčit smotky vaty také z vnějšku. Postupujeme tak, aby nám v U trubici nikde nevzniknula bublina.
- IV. **U trubici** obrátíme obloukem nahou a vsuneme do kádinek tak, že jedno z ramen je ponořeno v kádince A a druhé v kádince B. Tím jsme zrealizovali **solný můstek**.
- V. Do **kádinky A** vložíme **měděný plíšek** (měděnou elektrodu) s jedním připojeným vodičem k voltmetru (napěťovému čidlu)
- VI. Do **kádinky B** vložíme **zinkový plíšek** (zinkovou elektrodu) s druhým připojeným vodičem k voltmetru (napěťovému čidlu).
- VII. Tím je **článek sestaven** a můžeme přejít k vlastnímu měření.

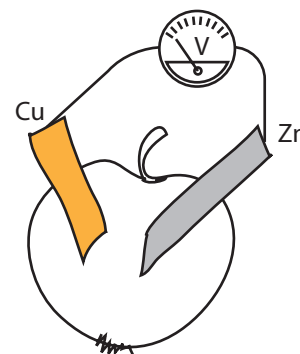
5. Rychlé sestavení článků s využitím různých kovů:

- I. Varianta s roztokem kyseliny sírové jako elektrolytem
 - a) Na svorky voltmetru (napěťového čidla) připojíme kombinaci dvou různých plíšků kovů (elektrod) podle tabulky v pracovním listě.
 - b) Oba plíšky vložíme současně do **kádinky D**, a to tak, aby se navzájem nedotýkaly.
 - c) Tím je **článek sestaven** a můžeme přejít k vlastnímu měření.
 - d) Po zjištění napětí takto setaveného článku změním kombinaci kovů a celý pokus zopakujeme.



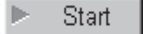



II. Varianta s jablkem nebo citrónem:

- a) V buňkách je rozpuštěna celá řada různých látek. Takto vzniklý roztok obsahuje řadu iontů a tím pádem se také jedná o elektrolyt.
- b) Na svorky voltmetru (napěťového čidla) připojíme kombinaci dvou různých plíšků kovů (elektrod) podle tabulky v pracovním listě.
- c) Oba plíšky zapíchneme do **jablka** nebo **citrónu**, a to tak, aby byly asi 0,5 cm od sebe a navzájem se nedotýkaly. Dosahovat by měly alespoň 1 cm pod povrch.
- d) Tím je **článek sestaven** a můžeme přejít k vlastnímu měření.
- e) Po zjištění napětí takto setaveného článku změníme kombinaci kovů a celý pokus zopakujeme.


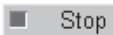


Vlastní měření (záznam dat)

1. Daniellův článek:

- I. Pokračujte pouze pokud máte řádně sestavený galvanický článek (viz příprava měření).
- II. Zaznamenávání dat zahajte kliknutím na tlačítko **Start** ().
 - Tlačítko **Start** () se změní na tlačítko **Keep** (). V prvním řádku tabulky „Napětí vs. pokus č.“ se zobrazí hodnota čísla pokusu (1) a odpovídající hodnota napětí. Na číslicovém displeji se zobrazí změřená hodnota napětí.
- III. Kliknutím na tlačítko **Keep** () zaznamenejte hodnotu napětí prvního článku.
- IV. Přejděte k „rychle sestaveným článkům“ a pokračujte v jejich proměření.

2. Rychle sestavené články:

- I. K voltmetru připojíme jednu z variant rychle sestaveného článku.
- II. Ve druhém řádku tabulky „Napětí vs. pokus č.“ se zobrazí hodnota čísla pokusu (2) a odpovídající hodnota napětí. Na číslicovém displeji se zobrazí změřená hodnota napětí.
- III. Kliknutím na tlačítko **Keep** () zaznamenejte hodnotu napětí článku.
- IV. Článek odpojte a připojte další kombinaci elektrod (kovových destiček).
- V. Pokračujte dál od bodu č. 2.II stejným způsobem tak dlouho, až vyplníte odpovídající tabulku v pracovním listě.
- VI. Po proměření všech článků ukončete záznam dat pomocí tlačítka **Stop** ().

Analýza naměřených dat

1. S využitím naměřených hodnot napětí doplňte tabulku v pracovním listu.
 - I. Zaznamenejte hodnotu naměřeného napětí pro Daniellův článek.
 - II. Zaznamenejte hodnoty naměřeného napětí pro ostatní články.
 - III. Označte kombinaci kovů, která poskutnula největší napětí.
 - IV. Doplňte teoretické hodnoty vypočtené ze standardních elektrodoých potenciálů.
2. Své výsledky v **DataStudios** uložte (nabídka **File** → **Save Activity As...**) na místo, které máte vyhrazeno k ukládání svých souborů.
3. Odpovězte na otázky v pracovním listu.
4. Dle instrukcí učitele ukliděte své pracovní místo.