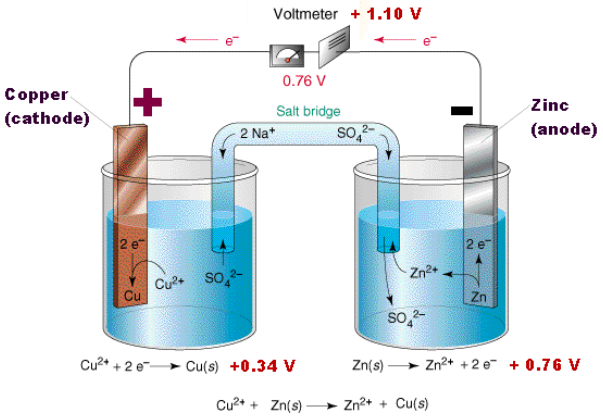
Laboratoř Metalomiky a Nanotechnologií

# CHARAKTERIZACE NANOELEKTROD

## Anotace

**Nanotechnologie** představuje interdisciplinární vědní obor, sahající do oblastí chemie, fyziky a biologie. V současnosti tento pojem nabývá na významu, je mu věnována značná pozornost a jeho popularita na poli vědy neustále roste. Jde poměrně o mladou vědeckou oblast, jejíž počátky sahají do doby 60. let 20. století, tehdy v roce 1959 na kongresu American Physical Society na Kalifornské technologické univerzitě (CALTECH) uvedl americký fyzik Richard P. Feynman myšlenku o existenci, možnostech a využití „nanosvěta“.
**Elektrochemie** je jednou z odvětví fyzikální chemie, spadající do skupiny analytických metod, umožňující zkoumat chemické složení látek, na základě měření vybraných elektrických veličin, kam patří např.: potenciál *E*, proud *I*, vodivost *G*, náboj *Q*, kapacita *C*, případně jiné veličiny. Principem tedy je sledování závislosti změny veličiny (proudu, potenciálu, náboje atd.) na složení (z čeho se roztoky skládají) a na množství (koncentraci) jednotlivých složek obsažených v roztocích, podle získaných dat. Pozornost elektrochemie se zaměřuje na studium procesů a dějů v tzv. elektrochemickém článku, což je systém nebo soustava skládající se z elektrod, které jsou v kontaktu s analyzovaným roztokem. Jedna se označuje jako pracovní (měrná) a druhá jako referentní (srovnávací). Synonymním označením elektrody ponořené do roztoku je *poločlánek*. Toto dvouelektrodové upořádání pak umožňuje určit základní hodnotu – napětí elektrochemického článku. V elektrochemii se katoda definuje jako elektroda, na které probíhá redukce, a anoda jako elektroda, na které probíhá oxidace. Každá z obou elektrod může mít různý náboj podle toho, jestli se jedná o elektrolýzu (na elektrody napětí vkládám), nebo o galvanický článek (napětí vzniká). Součástí elektrochemického článku jsou elektrody (poločlánky), které představují soustavu alespoň 2 fází, ve vzájemném kontaktu na fázovém rozhraní, schopných vést elektrický proud. Zastoupení fází v elektrodách zahrnuje všechna skupenství, tedy plynné, kapalné a pevné. Výměna elektronů a iontů, přenos náboje a další elektrochemické reakce probíhají zpravidla

na fázovém rozhraní. Elektrody se dělí do několika skupin podle jejich stavby, funkce a použité metody měření. Elektrochemický článek je tvořen minimálně dvěma elektrodami (poločlánky). Elektroda je kontakt dvou nebo více navzájem nemísitelných vodivých fází, na jejichž rozhraní dochází k redoxním reakcím nebo k výměně elektricky nabitých částic




**Elektrodový potenciál** je veličina charakterizující energetické spojitosti mezi kladnou a zápornou částí elektrické dvojvrstvy na povrchu elektrody. Definovaný je jako elektromotorické napětí galvanického článku vzniklého spojením uvažované elektrody se standardní vodíkovou elektrodou, jejíž elektrodový potenciál byl zvolen jako nulový. Elektrodový potenciál elektrody v roztoku s jednotkovou aktivitou iontů určujících podle Nernstovy rovnice se nazývá standardní elektrodový potenciál.

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

$z$ – počet elektronů vyměněných při redoxním ději
$a$ – aktivity oxidované a redukované formy
$E^{0}_{ox/red}$ – standardní elektrodový potenciál

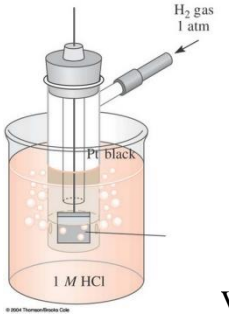
## Charakterizace elektrod

Elektrody dělíme podle materiálu a druhu roztoku, do nějž je elektroda ponořena.

### Elektrody prvního druhu

Kov (látka) ponořený(á) do roztoku iontů svého druhu nebo elektrolytu.

- Kationtové
  - Stříbrná elektroda - stříbrný plíšek ponořený do roztoku s $Ag^{+}$ ionty
  - Vodíková elektroda - platinový plíšek pokrytý platinovou černí



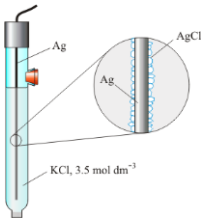

Vodíková elektroda

- Aniontové
  - Chlorová elektroda
- Amalgámové

**Elektrody druhého druhu**

Tyto elektrody jsou tvořeny kovem pokrytým jeho málo rozpustnou solí ponořeným do roztoku, který obsahuje stejný anion jako tato sůl. Často mají stálý a dobře reprodukovatelný potenciál a proto se používají jako srovnávací (referentní) elektrody (raději, než vodíková elektroda).

- Argentchloridová elektroda - je to Ag elektroda potažená vrstvičkou AgCl a ponořená do roztoku $Cl^-$ iontů (nejčastěji KCl).




- Kalomelová elektroda
- Merkurosulfátová elektroda

**Elektrody oxidačně-redukční**

Elektroda z ušlechtilého kovu (např. Pt), jež je ponořena do roztoku obsahujícího oxidovanou i redukovanou formu dané látky. Kovová elektroda jen zprostředkovává přenos elektronů a obě formy (**ox** i **red**) jsou přímo v roztoku.

**Elektrody membránové (iontově selektivní)**

Realizovány membránou propustnou pouze pro určité ionty. Oddělíme-li membránou dva roztoky s různou koncentrací těchto iontů, difúzí se jejich koncentrace vyrovnává, to se však neděje u odpovídajících aniontů, protože membrána je pro ně nepropustná.

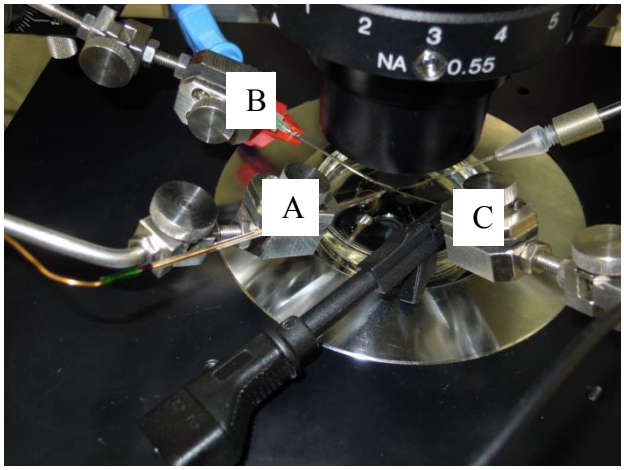
- Skleněná elektroda - je to tenkostěnná baničkа (membrána) ze speciálního skla, naplněná zpravidla roztokem kyseliny chlorovodíkové nebo pufrem, do které zasahuje referentní argentchloridová elektroda. Mezi takovou elektrodou a vnějším roztokem se ustaví rovnováha charakterizovaná elektrodovým potenciálem $E_{sk}$: Skleněná membrána je propustná pro $H_3O^+$ ionty
- Ostatní iontově selektivní elektrody

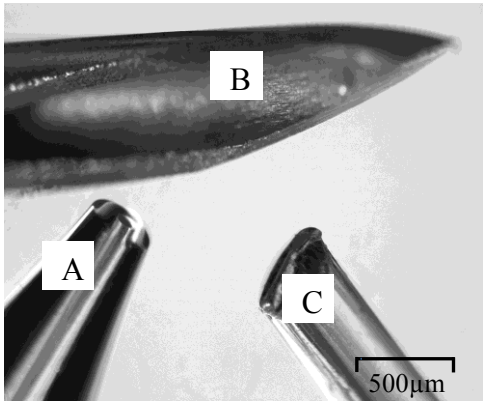
- **Lanthan-fluoridová** – selektivní pro $F^-$
- **Elektrody z halogenidů stříbra** – selektivní pro $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$, $CN^-$
- **Elektrody ze sulfidu stříbrného** – selektivní pro $S^{2-}$ a $Ag^+$
- **Elektrody z PbS; CuS; CdS** – selektivní pro $Pb^{2+}$; $Cu^{2+}$; $Cd^{2+}$

## Pracovní postup

Manuální připojení elektrod na manipulační ramena invertovaného fluorescenčního mikroskopu OLYMPUS IX71.

Tříelektrodové zapojení nanoelektrod




40x zvětšený pohled na tříelektrodové zapojení přes invertovaný fluorescenční mikroskop (OLYMPUS IX71)

A – pracovní elektroda – platinová (průměr 10 µm)
B – referenční elektroda - platinová
C – pomocná elektroda - platinová

## Doporučená literatura

BAREK J., OPEKAR F., ŠTULÍK K. (2005): Elektroanalytická chemie. Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum. ISBN: 80-246-1146-5. 188 s.