

Meno a priezvisko:
Škola:
Predmet:
Školský rok/blok:
Skupina:
Trieda:
Dátum:

Škola pre mimoriadne nadané deti a Gymnázium
Fyzika

Teória

Elektrický prúd v elektrolytoch a plynch

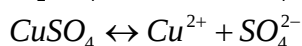
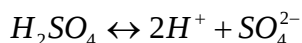
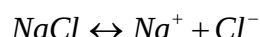
Elektrolyty; Elektrolytická disociácia; Faradayove zákony elektrolýzy; Elektrický prúd v plynch

1.1 Elektrický prúd v elektrolytoch

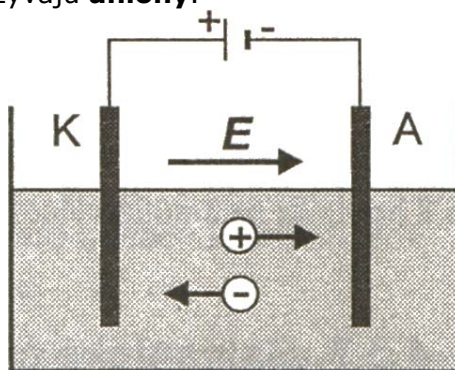
Elektrolyty sú látky, ktorých roztoky alebo taveniny vedú elektrický prúd pomocou iónov. Roztoky alebo taveniny elektrolytov sú teda vodiče s iónovou vodivosťou – sú vodiče druhej triedy.

Príčinou iónovej vodivosti roztokov je elektrolytická disociácia – rozštiepenie neutrálnych molekúl elektrolytu pôsobením rozpúšťadla alebo vysokej teploty na elektricky nabité častice, ktoré Faraday nazval **ióny**.

Súčasne s disociáciou prebieha v roztoku elektrolytu aj opačný proces – rekombinácia iónov:



Vodiče, ktoré roztok elektrolytu vodivo spájajú s inými časťami obvodu, sa nazývajú elektródy. Elektródu s vyšším potenciálom nazval Faraday **anóda**, elektródu s nižším potenciálom **katóda**. Ak roztok elektrolytu vodivo spojíme so zdrojom jednosmerného napätia, roztokom prechádza prúd. Kladné ióny sa budú pohybovať ku katóde, preto sa nazývajú **katióny**. Záporné k anóde, preto sa nazývajú **anióny**.



Pri prechode elektrického prúdu roztokom elektrolytu nastáva prenos látky aj chemické zmeny v roztoku a na elektródach. Súbor procesov, ktoré prebiehajú v roztoku a na elektródach pri prechode elektrického prúdu sa nazýva **elektrolýza**. Podrobne ju študoval Faraday, ktorý vyslovil dva zákony:

1. Faradayov zákon: Hmotnosť látky vylúčenej na elektróde je priamo úmerná elektrickému náboju, ktorý prešiel roztokom elektrolytu:

$$m = A.Q \text{ resp. } m = A.I.\Delta t$$

kde A je konštanta úmernosti.

Na elektróde sa vylučujú ióny o hmotnosti m_0 s mocenstvom v . Potom pre hmotnosť m látky, ktorá sa vylúči nábojom Q platí:

$$m = N \cdot m_0 = \frac{Q}{v \cdot e} m_0 = \frac{m_0}{v \cdot e} Q = A \cdot Q$$

Konštanta $A = \frac{m_0}{v \cdot e}$ je **elektrochemický ekvivalent látky**; udáva sa v jednotkách $[kg \cdot C^{-1}]$.

Charakterizuje ióny, ktoré sa vylučujú na elektróde. Číselne určuje hmotnosť častíc vylúčených nábojom $1C$. Elektrochemické ekvivalenty niektorých iónov sú v tabuľke:

Ión	$\frac{A}{10^{-6} kg \cdot C^{-1}}$	Ión	$\frac{A}{10^{-6} kg \cdot C^{-1}}$
Ag ⁺	1,118	H ⁺	0,010
Cu ²⁺	0,329	Fe ²⁺	0,289
Ni ²⁺	0,304	Fe ³⁺	0,193
Al ³⁺	0,093	Au ³⁺	0,681

Ak vzťah pre elektrochemický ekvivalent rozšírime Avogadrovou konštantou N_A , dostaneme

$$A = \frac{m_0}{v \cdot e} = \frac{N_A \cdot m_0}{N_A \cdot v \cdot e} = \frac{1}{N_A \cdot e} \frac{N_A \cdot m_0}{v} = \frac{1}{F} \frac{M_m}{v}$$

kde M_m je molová hmotnosť látky, $F = N_A \cdot e = 9,6487 \cdot 10^4 C \cdot mol^{-1}$ je Faradayova konštanta.

2. Faradayov zákon: Elektrochemické ekvivalenty látok sú priamo úmerné pomeru ich molových hmotností a mocenstiev

$$A = \frac{1}{F} \frac{M_m}{v} Q$$

Spojením oboch Faradayových zákonov dostaneme spojený Faradayov zákon

$$m = \frac{1}{F} \frac{M_m}{v} Q$$

Príklad:

Koľko hliníka sa vylúči na katóde z roztoku Al_2O_3 za osem hodín, ak elektrolytom prechádza prúd $10^4 A$?

Riešenie:

Disociáciou Al_2O_3 vznikajú ióny Al^{3+} , preto $A = 0,093 \cdot 10^{-6} kg \cdot C^{-1}$. Potom $m = A \cdot I \cdot \Delta t$,
 $m = 0,093 \cdot 10^{-6} kg \cdot C^{-1} \cdot 10^4 A \cdot 28000 s \doteq 26,8 kg$

Za osem hodín sa vylúči na katóde asi 26,8kg hliníka.

1.2 Elektrický prúd v plynch

Látky planného skupenstva sú zložené z elektricky neutrálnych častíc a pri teplotách asi do $1000^\circ C$ sú elektrickými nevodičmi. Elektricky nabité častice v nich môžu vzniknúť **ionizáciou** – odtrhnutím elektrónov od atómov alebo molekúl. Z atómov a molekúl sa tak stanú kladné ióny. Ak sa elektrón uvoľnený pri ionizácii spojí s neutrálnou časticou, vznikne záporný ión. To znamená, že voľnými elektricky nabitými časticami v látke plyného skupenstva môžu byť kladné a záporné ióny a malé množstvo elektrónov, teda plyny majú kombinovanú iónovú alebo elektrónovú vodivosť.

Na odtrhnutie elektrónu od neutrálneho atómu alebo molekuly sa musí elektrónu dodať istá energia na prekonanie väzbových síl – **ionizačná energia** E_i .

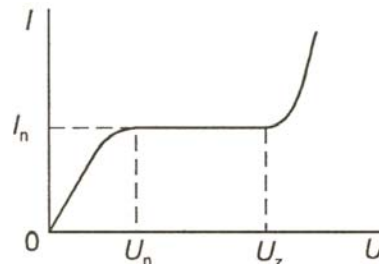
Činiteľ, ktorý spôsobuje ionizáciu je ionizačný činiteľ alebo ionizátor. Najdôležitejšie spôsoby ionizácie sú:

Plyn	$\frac{E_i}{eV}$	Plyn	$\frac{E_i}{eV}$
H	13,6	H ₂	15,4
O	13,6	O ₂	14,3
N	14,5	N ₂	15,8
He	24,6	Ar	15,7
Ne	21,6	CO ₂	14,3

- ionizácia nárazom je vznik voľných elektrónov a iónov pri zrážkach neutrálnych častíc plynu s elektrónmi alebo iónmi urýchlennými elektrickým poľom
- tepelná ionizácia nastane, ak plynná látka má takú teplotu, že jej častice sa pri vzájomných nárazoch ionizujú
- fotoionizácia je vznik voľných elektrónov a iónov pri pohltení fotónu elektromagnetického žiarenia

V plyne súčasne s ionizáciou prebieha opačný dej – rekombinácia. Pri konštantných podmienkach sa v plyne vytvorí dynamická rovnováha medzi počtom vznikajúcich a zanikajúcich častíc s nábojom.

Vedenie elektrického prúdu v plynach sa nazýva elektrický výboj. Elektrický výboj sa nazýva nesamostatný, ak existuje iba počas pôsobenia vonkajších ionizačných činiteľov. Voltampérová charakteristika výboja:



Pri zvyšovaní napätia na elektródach z nulovej hodnoty bude prúd spočiatku priamo úmerný napätiu, teda bude platiť Ohmov zákon. Pre väčšie hodnoty napätia prestane platiť priama úmernosť medzi prúdom a napätím. Ak napätie dosiahne hodnotu U_n , prúd bude mať hodnotu I_n , ktorá sa zvyšovaním napätia nemení. Vysvetliť to možno tak, že do napätia U_n niektoré častice vzniknuté ionizáciou rekombinujú, preto sa na prúde nepodielajú. Ak $U \geq U_n$, rekombinácia prestane a všetky častice s nábojom vzniknuté ionizáciou sa dostanú na elektródy. Hodnota I_n sa nazýva **nasýtený prúd**. Nasýtený prúd sa môže zväčšiť iba použitím silnejšieho ionizátora.

Ak napätie prekročí hodnotu U_z , prúd začne opäť rásť a výboj existuje aj bez pôsobenia vonkajšieho ionizátora. Takýto výboj sa nazýva samostatný výboj. Napätie, pri ktorom vznikne samostatný výboj sa nazýva zápalné napätie. Pri vyššom napätí ako U_z náboje vzniknuté ionizáciou získajú energiu postačujúcu na ionizáciu nárazom.

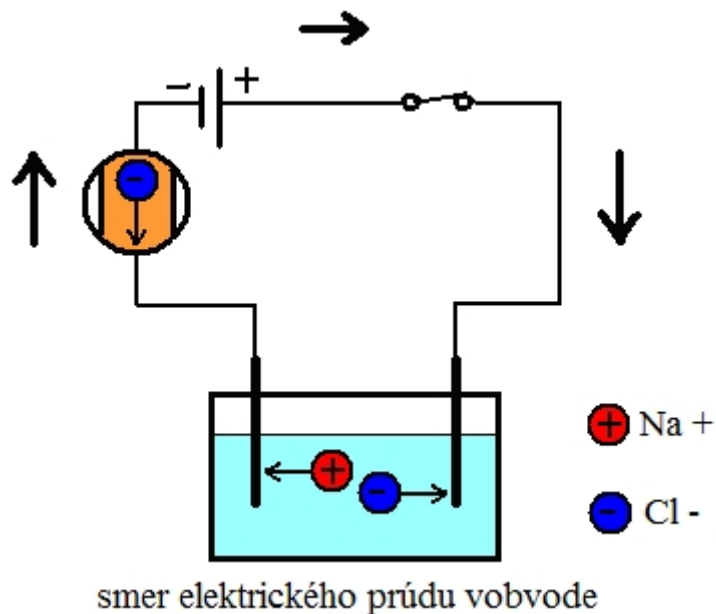
Výboj v plyne môže mať niekoľko foriem (v závislosti od tlaku plynu, vlastností elektród, odporu obvodu, ...):

- **Iskrový výboj** vzniká pri tlaku blízkom atmosférickému a pri veľkom napätí medzi elektródami. Lavínovou ionizáciou nárazom sa vytvoria vodivé kanáliky, v ktorých sa plyn zahrieva, čo je sprevádzané svetelnými a zvukovými efektmi. Špeciálnym prípadom iskrového výboja je blesk.
- **Korónový výboj** vzniká v silne nehomogénnych elektrických poliach, napr. okolo hrotov stožiarov, okolo vedení vysokého napätia.
- **Tlecí výboj** vzniká pri tlaku nižšom ako atmosférickom. Je sprevádzaný výraznými svetelnými efektami, ktoré sa využívajú napr. v tlejivkách, žiarivkách a pod.
- **Oblúkový výboj** vzniká pri tlaku blízkom atmosférickému a napätíach rádovo desiatky voltov. Je podmienený tepelnou emisiou elektrónov z rozžeravenej katódy. Emitované elektróny ionizujú molekuly plynu. Medzi elektródami vznikne jasne svietiaci plyn – elektrický oblúk – s teplotou okolo 5000 °C. Používa sa na zváranie, tavenie kovov v oblúkových peciach, ako zdroj svetla.

Poznámka. Pri elektrickom výboji v plyne sa často vyskytuje plyn v silne ionizovanom stave. Látka v silne ionizovanom stave, ktorá je z makroskopického hľadiska elektricky neutrálna, sa nazýva **plazma**. Plazma sa považuje za štvrté skupenstvo látky.

Praktické cvičenie: Elektrický prúd v kvapalinách

Zostavíme si elektrický obvod z kovových vodičov a vodného roztoku chloridu sodného. Po uzavretí spínača prechádza obvodom elektrický prúd.



V obvode sa v kovových vodičoch pohybujú voľné elektróny od záporného pólu zdroja napätia ku kladnému. Vo vodnom roztoku kuchynskej soli (NaCl) sa pohybujú voľné záporné ióny Cl^- – tiež smerom od záporného pólu zdroja ku kladnému. Voľné kladné ióny Na^+ sa však pohybujú od kladného pólu zdroja k zápornému.