



Elektrický proud a odpor.

Přednášející:

RNDr. František Adamec, CSc.

Ústav fyziky a biofyziky JČU v Českých Budějovicích

Na základě učebnic:

Halliday, Resnick

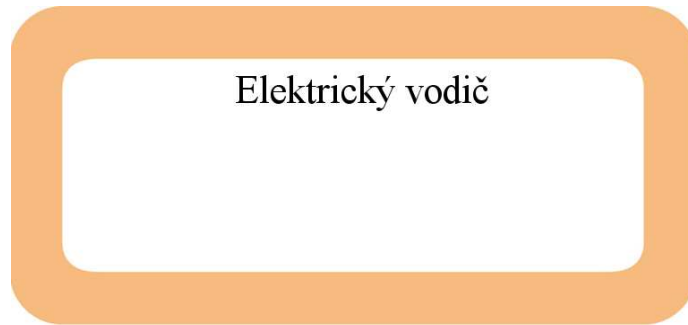
Fundamentals of Physics 8th Edition, Wiley 2005

Feynman, Leighton, Sands

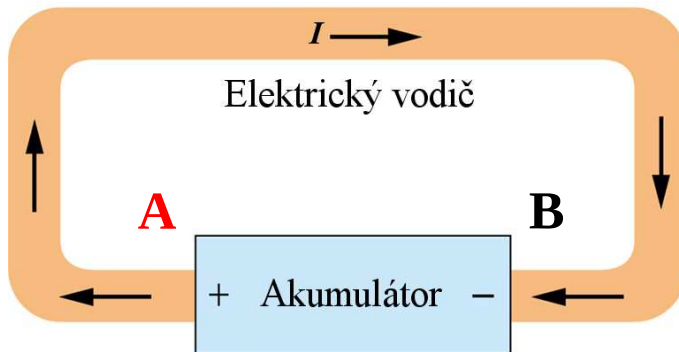
Feynmanovy přednášky z fyziky

Fragment 2000

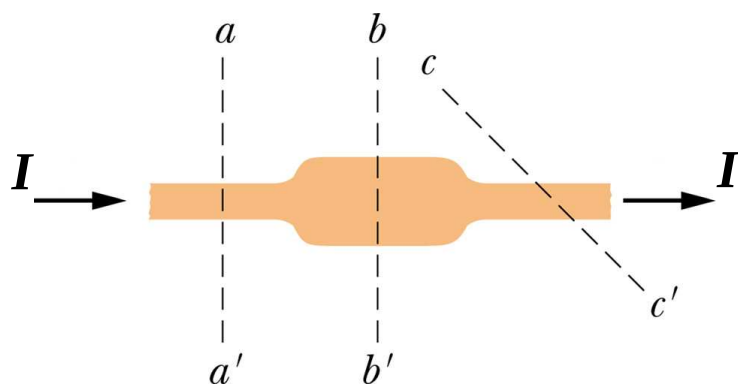
Elektrický proud.



V elektrickém vodiči mají všechna místa stejný potenciál, a to jak uvnitř tak na povrchu. Volné elektrony se pohybují náhodně v celém objemu vodiče. Žadný ze směrů pohybu není preferován.



Rozpojme elektrický vodič a konce vodiče **A** a **B** připojme k akumulátoru. Mezi konci vodiče nyní bude potenciálový rozdíl – napětí- $\Delta V_{AB} = V_A - V_B$. Důsledkem vzniku potenciálového rozdílu mezi konci vodiče **A** a **B** je usměrnění pohybu volných elektronů jedním směrem. Pohyb nabitých částic v určitém preferovaném směru nazýváme **elektrický proud I**.



Průměrný elektrický proud I definujeme jako poměr množství náboje ΔQ prošlého daným průřezem (aa' , bb' , cc') za jednotku času Δt :

$$I_{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Limita $I(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}$ je pak okamžitým elektrickým proudem - elektrickým

proudem. Elektrický proud má význam rychlosti s níž se elektrický náboj pohybuje vodičem. Elektrický proud je skalární veličina.

Jednotkou elektrického proudu I v soustavě jednotek Si je 1 Ampér, $1A = 1Cs^{-1}$. Směr elektrického proudu v pevném vodiči je určen dohodou od $+$ $\rightarrow$ $-$. Nositele náboje ve vodičích – elektrony - se však pohybují opačným směrem.

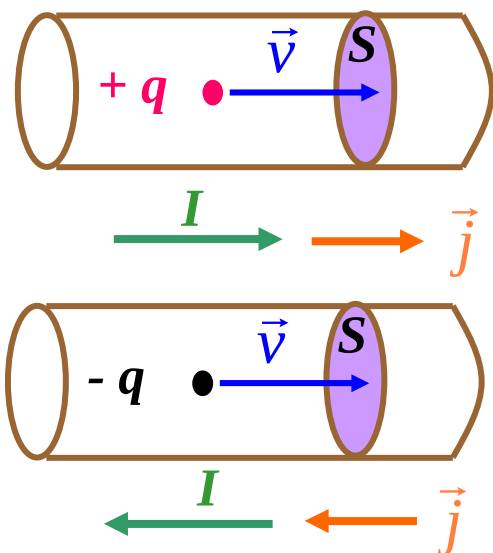
Elektrický proud proměnný v čase nazýváme nestacionární elektrický proud. Proud jehož velikost se v čase nemění je pak proudem stacionárním.

Definice elektrického proudu definuje vztah mezi jednotkou náboje 1 Coulomb a elektrickým proudem a umožňuje tak definovat jednotku elektrického náboje.

1 Coulomb, 1 C, je množství náboje které proteče danou plochou za jednotku času jestliže touto plochou proteče elektrický proud jednoho ampéru.

Hustota elektrického proudu.

Hustota elektrického proudu je **vektorová veličina** definována v každém místě plochy S protékané elektrickým proudem. Definujeme ji jako množství náboje který projde za jednotku času jednotkovou plochou. Jednotkou hustoty elektrického proudu je 1 Am^{-2} . Popisuje tedy rozložení náboje na ploše, jíž elektrický proud protéká.



$$|\vec{i}| = \frac{I}{S}$$

Je-li hustota elektrického proudu v celé ploše konstantní, pak mezi celkovým proudem I , proudovou hustotou $\vec{i}$ a plošným vektorem $\vec{S}$ platí vztah:

$$I = \vec{i} \cdot \vec{S}$$

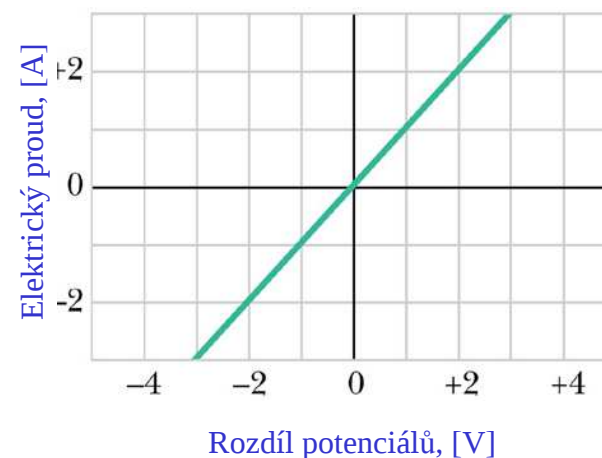
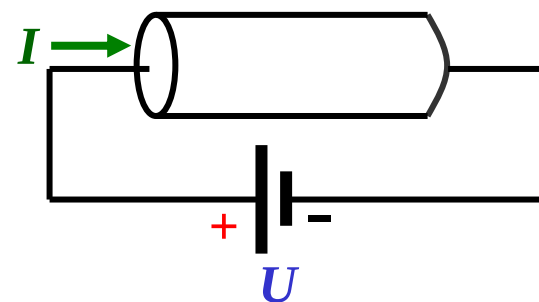
V obecném případě, kdy hustota elektrického proudu není konstantní v celém průřezu vodiče je elektrický proud dán vztahem:

$$I = \int \vec{i} \cdot d\vec{S}$$

Ohmův zákon.

Příčinami vzniku elektrického proudu jsou síly působící na nositele elektrického náboje. Tyto síly mohou mít podstatu elektrickou a neelektrickou. Základní elektrickou příčinou vzniku elektrického proudu je silové působení pole elektrických nábojů. Spojení dvou míst o různém elektrickém potenciálu homogenním vodičem vede ke vzniku elektrického proudu. Studium závislosti velikosti elektrického proudu I na potenciálovém rozdílu U se zabývá Georg Simon Ohm. Zjistil, že velikost procházejícího proudu je přímo úměrná rozdílu potenciálu míst spojených homogenním vodičem:

$$I \approx U = V_1 - V_2 = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$



Mezi elektrickými potenciály platí $V_1 > V_2$; tedy elektrický proud je přímo úměrný spádu potenciálu - potenciálovému rozdílu $V_1 - V_2$. Konstantou úměrnosti je veličina, která charakterizuje daný vodič z hlediska jeho ochoty vést elektrický proud, označujeme ji **elektrická vodivost** G . Převrácenou hodnotou elektrické vodivosti je **elektrický odpor** R , SI jednotkou elektrického odporu je **1 Ohm**, $1\Omega = 1\text{VA}^{-1}$. Ohmův zákon zapisujeme:

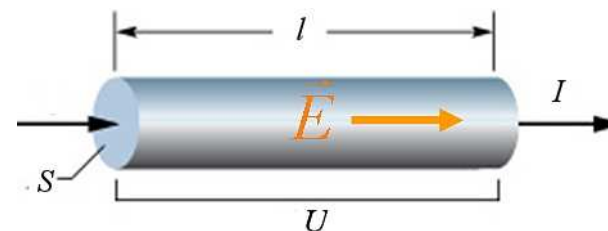
$$I = \frac{U}{R}$$

$$G = \frac{1}{R}$$

SI jednotkou elektrické vodivosti je **1 Siemens**, $1\text{ S} = 1\Omega^{-1}$.

Velikost elektrického odporu vodiče závisí nejen na materiálu vodiče, teplotě, ale též na jeho délce Δl a průřezu ΔS vztahem:

$$R = \rho \frac{\Delta l}{\Delta S}$$

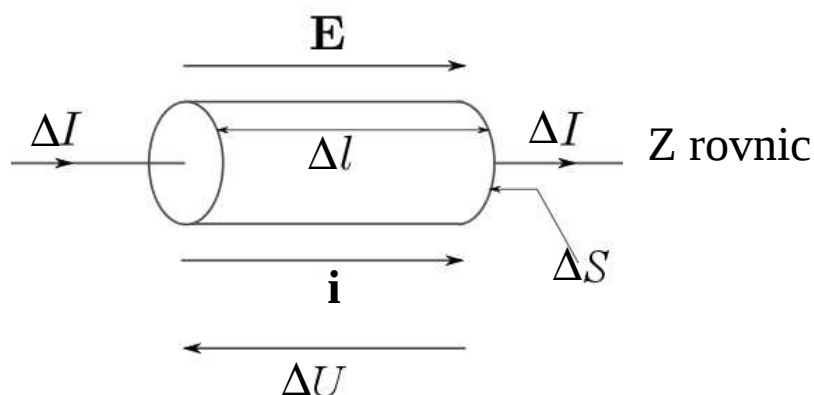


Veličina ρ charakterizuje materiál vodiče, nazýváme ji **měrný odpor**. Jednotka měrného odporu je **$1\Omega\text{m}$** . Převrácená hodnota měrného odporu je **měrná vodivost**, jednotkou $1(\Omega\text{m})^{-1}$:

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

Diferenciální tvar Ohmova zákona.

Ohmův zákon ve tvaru $U = RI$ dává do vzájemného vztahu hodnoty skalárních veličin elektrického proudu, napětí a odporu. Hodnoty těchto veličin jsme považovali za stejné v celém průřezu vodiče a v celého jeho délce, vodič jsme brali jako homogenní. Dále pak veličiny vystupující v Ohmově zákoně jsou závislé na tvaru vodiče. Užitím pojmu měrného odporu (měrné vodivosti) je možné Ohmův zákon přepsat tak, že se bude vztahovat pouze k jednomu bodu.



$$\left. \begin{aligned} \Delta I &= \frac{\Delta U}{R} \\ R &= \rho \frac{\Delta l}{\Delta S} \end{aligned} \right\}$$

s využitím vztahů

$$\begin{aligned} \Delta U &= V_1 - V_2 = \vec{E} \cdot \vec{\Delta l} \\ \Delta I &= \vec{i} \cdot \vec{\Delta S} \end{aligned}$$

dostaneme diferenciální tvar Ohmova zákona:

$$\vec{i} = \gamma \vec{E}$$

Teplotní závislost měrného odporu (odporu).

Teplotní závislost odporu (měrného odporu) vodičů splňujících Ohmův zákon lze popsat empiricky zjištěným vztahem:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta T), \Delta T = (T - T_0)$$

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta T), \Delta T = (T - T_0)$$

Konstanta α , je teplotní součinitel odporu, teplota T_0 je referenční teplota, například 273 K, ρ_0 , je počáteční hodnota měrného odporu při T_0 . V případě měrného odporu mědi je při teplotě T_0 , $\rho_0 = 1,69 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$.

