

Meno a priezvisko:

Škola:

Škola pre mimoriadne nadané deti a Gymnázium

Predmet:

Fyzika

Školský rok/blok:

Skupina:

Trieda:

Dátum:

Teória

Elektrický prúd

Elektrický prúd; Podmienky vzniku elektrického prúdu; Elektrický obvod; Elektrický zdroj; Práca v obvode ustáleného prúdu; Elektrický odpor; Ohmov zákon pre uzavretý obvod

1.1 Elektrický prúd ako dej a ako fyzikálna veličina

Ak nabijeme kondenzátor a ten budeme potom vybíjať cez záťaž, prebieha vo vodiči krátkodobý usporiadaný pohyb voľných častíc s nábojom (v kovoch prevažne elektrónov), ktorý je dôsledkom pôsobenia elektrického poľa. Dochádza tak k vyrovnávaniu nadbytku elektrónov na zápornej doske kondenzátora a ich nedostatku na kladnej doske. Keď náboje zaniknú (vyrovná sa počet elektrónov na oboch doskách), zanikne aj elektrické pole vo vodiči.

Taktiež pri elektrostatickej indukcii a polarizácii dielektrika je prúd vo vodiči dočasný; aby vo vodiči bol prúd trvalý, musí byť vnútri vodiča nielen utvorené, ale aj udržiavané elektrické pole, takýto stav nastane, ak je vodič pripojený na **elektrický zdroj**.

Pojem elektrický prúd označuje buď fyzikálny dej, alebo fyzikálnu veličinu.

Elektrický prúd ako jav je usporiadaný pohyb voľných častíc s elektrickým nábojom (dôležité sú všetky prívlastky).

Usporiadaný znamená, že väčšina elektrónov sa pohybuje jedným smerom. Ak nie je vodič pripojený k svorkám zdroja (a nie je teda dôvod, aby ním elektrický prúd prechádzal), elektróny sa aj tak pohybujú – ale chaoticky. Situácia je podobná pohybu častíc vzduchu: v miestnosti sa častice pohybujú chaoticky všetkými smermi a narážajú aj do nášho tela, čo nevnímame. Tento pohyb častíc vzduchu začneme vnímať v okamihu, keď sa ustáli a prevládne pohyb jedným smerom (vravíme, že fúka vietor).

Voľné častice sú tie, ktoré nie sú viazané silou k iným časticam (napríklad k jadrom atómov). Aby materiálom prechádzal elektrický prúd, je nutné zabezpečiť prítomnosť týchto voľných častíc (napríklad ionizáciou).

Keby neboli žiadne častice nabité (nemali by elektrický náboj), nemohli by sme uvažovať o vzniku elektrického prúdu.

Voľné elektróny sa vo vodiči pohybujú od záporného pólu ku kladnému, teda v protismere k elektrickej intenzite. Elektrický prúd nemusí byť tvorený len pohybom elektrónov – môže sa jednať aj o častice nabité kladne, ktoré sa pohybujú v smere elektrickej intenzity. Elektrický prúd môže byť tvorený aj kladnými a zápornými časticami zároveň – a to napríklad v polovodičoch. Smer elektrického prúdu je určený dohodou: **Smer elektrického prúdu je daný smerom usporiadaného pohybu kladne nabitých častíc.**

Prúd v jednoduchom elektrickom obvode vychádza z kladného pólu zdroja a pohybuje sa k zápornému pólu. Jednoduchý obvod je napríklad tvorený batériou, žiarovkou a vypínačom. Zložitejšie obvody nazývame elektrické siete.

Usporiadaný pohyb elektricky nabitých častíc stáleho smeru sa nazýva **jednosmerný prúd**. Podľa dohody sa za **smer prúdu** pokladá smer usporiadaného pohybu voľných častíc s kladným nábojom (od **(+)** k **(-)**). Keď je prúd utvorený usporiadaným pohybom voľných častíc so záporným nábojom, jeho smer je podľa tejto dohody opačný ako smer usporiadaného pohybu častíc.

Dohodnutý smer prúdu (technický smer prúdu) je smer pohybu prúdu od kladného pólu (+) k zápornému pólu (-). Bol stanovený v dobe, v ktorej nebola známa podstata vedenia elektrického prúdu vo vodičoch. V súčasnosti vieme, že smer prúdu záleží na tom, ktoré náboje (kladné alebo záporné) sprostredkujú vedenie elektrického prúdu. V kovových vodičoch zabezpečujú transport elektrického prúdu elektróny, ktoré majú záporný náboj (-), a preto je skutočný smer prúdu od záporného pólu (-) ku kladnému (+), teda opačný k dohodnutému. Dohodnutý smer prúdu je skutočným smerom prúdu pre kladné náboje.

Elektrický prúd I je základná fyzikálna veličina tabuľky SI. Udáva množstvo náboja, ktoré pretečie prierezom vodiča za jednotku času. Ak pretečie náboj vodičom rovnomerne, je elektrický prúd určený ako podiel celkového náboja Q , ktorý pretečie prierezom vodiča a času t :

$$I = \frac{Q}{t} \quad [IA] = \frac{[1C]}{[1s]}$$

Fyzikálna jednotka prúdu je $[I] = A(\text{ampér}) = C \cdot s^{-1}$.

Elektrický prúd je teda určený ako podiel celkového náboja Q , ktorý pretečie prierezom vodiča za jednotku času, a tohoto času t . Poznámka: Ampér je základnou jednotkou sústavy SI.

Q je celkový náboj, ktorý pretečie daným prierezom, teda $Q = Q_+ + |Q_-|$. Pokiaľ je pohyb náboja nerovnomerný, potom prúd definujeme vzťahom $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, kde ΔQ je celkový náboj, ktorý pretečie prierezom vodiča za čas Δt . Elektrický prúd meriame ampérmetrom, ktorý v obvode zapájame do série.

Pomocou definičného vzťahu elektrického prúdu je možné vyjadriť jednotku elektrického náboja ako $[Q] = A \cdot s$ (ampérsekunda). Táto jednotka (resp. jednotka ampérhodina) sa používa aj v technickej praxi ako jednotka kapacity zdroja napätia.

Dobíjacie batérie do prehrávačov, mobilných telefónov, tabletov, ..., sú charakterizované práve svojou kapacitou udávanou v ampérhodinách a ich násobkoch.

Elektrický prúd môže byť:

1. Vodivostný (kondukčný) – prenos náboja vo vodiči, medzi ktorého koncami je vytvorené napätie (rozdiel potenciálov). Je spôsobený voľnými elektrónmi v kovoch, iónmi v elektrolytoch, elektrónmi a dierami v polovodičoch, Ide o „normálny“ elektrický prúd, s ktorým máme bežnú skúsenosť.
2. Konvekčný – prúd nie je spôsobený pohybom častíc s nábojom v dôsledku existencie potenciálového rozdielu. Napríklad ak prebehne s nabitým telesom dvermi, pretečie otvorom dverí prúdový impulz; prenos náboja nabitým nabitým pásom vo van de Graaffovom elektrostatickom generátore;
3. Posuvný – prúdy tečú v dielektriku pri jeho polarizácii.

Definícia ampéru:

Dvomi nekonečne dlhými priamymi rovnobežnými vodičmi zanedbateľného kruhového prierezu umiestnenými vo vákuu prechádza stály prúd **jeden ampér** ak pretečie prierezom týchto vodičov $1C$ za čas $1s$. Ampér je základná fyzikálna jednotka sústavy SI.

Jeden ampér je stály prúd, ktorý pri prechode dvoma priamymi rovnobežnými nekonečne dlhými vodičmi zanedbateľného prierezu, umiestnenými vo vákuu vo vzájomnej vzdialenosti $1m$, vyvolá medzi týmito vodičmi silu s veľkosťou $2 \cdot 10^{-7} N$ na $1m$ dĺžky vodiča.

Elektrický prúd meriame **ampérmetrom**, ktorý sa zapája k spotrebiču sériovo do elektrického obvodu (napätie meriame voltmetrom, ktorý sa zapája paralelne). V okolí každého vodiča s prúdom pozorujeme magnetické pole.

Ak prechádza náboj vodičom nerovnomerne, určujeme hodnotu okamžitého prúdu podľa vzťahov:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \text{ resp. pre okamžitú hodnotu prúdu } i(t) = \frac{dQ}{dt}$$

kde ΔQ je celkový náboj častíc, ktoré prejdú prierezom vodiča v jednom smere za čas Δt .

Jednosmerný prúd, ktorého hodnota nezávisí od času, sa nazýva ustálený elektrický prúd.

1.2 Podmienky vzniku elektrického prúdu

Podmienky pre vznik jednosmerného konštantného prúdu sú:

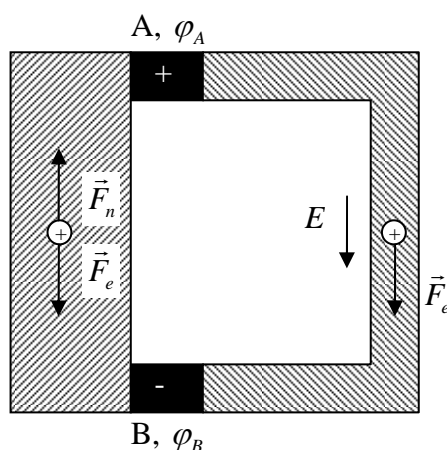
- uzatvorený elektrický obvod
- zdroj elektrického napätia v obvode zabezpečuje nepremenné elektrické pole vo vodiči, to znamená na jeho svorkách je nemenné napätie U

Podmienkou vzniku elektrického prúdu v látke je prítomnosť voľných častíc s elektrickým nábojom a utvorenie elektrického poľa v tejto látke.

1.3 Elektrický obvod, elektrický zdroj

Aby vo vodiči, resp. v uzatvorenom obvode vznikol a udržal sa elektrický prúd, musia na voľné nabité častice pôsobiť sily.

Ak dve nabité telesá A a B s potenciálmi $\varphi_A > \varphi_B$ spojíme vodičom, vo vodiči vznikne elektrické pole s intenzitou $E \neq 0$ a vodičom prechádza elektrický prúd. Kladne nabité častice budú prechádzať z telesa A na teleso B , záporné z B do A , či ma potenciály vodičov budú vyrovnávať. Aby prúd vo vodiči bol trvalý a ustálený, musia byť potenciály φ_A a φ_B stále. To znamená, že náboj, ktorý prešiel z A do B , resp. z B do A , sa musí vrátiť druhým vodičom späť na A resp. B . Ale v tomto vodiči by sa náboj musel pohybovať proti pôsobeniu elektrostatických síl.



Túto funkciu (potenciály musia byť stále) plní **elektrický zdroj** – je to zariadenie, ktoré mení rôzne druhy energie na prácu potrebnú na prenos elektrického náboja proti pôsobeniu elektrostatických síl a tým medzi dvomi časťami udržiava rozdiel potenciálov. Tieto časti sa nazývajú póly. Pól s vyšším potenciálom je kladný, pól s nižším potenciálom je záporný. Ak sa potenciály φ_A a φ_B nemenia, vo vodičoch aj v ich okolí vznikne elektrické pole, ktorého intenzita nezávisí od času – stacionárne elektrické pole. Stacionárne pole má analogické vlastnosti ako elektrostatické pole. Rovnako sa v ňom definuje intenzita aj potenciál, rovnako sa počíta práca pri prenášaní náboja.

V zdroji pôsobia na nabité častice sily \vec{F}_n opačného smeru ako sily \vec{F}_e stacionárneho poľa - neelektrostatické sily. Neelektrostatické sily vykonávajú pri prenesení náboja Q vo vnútri zdroja prácu W_z . Podiel práce W_z a náboja Q sa nazýva elektromotorické napätie zdroja:

$$U_e = \frac{W_z}{Q}$$

Jednotkou elektromotorického napätia zdroja je jeden volt [V].

Keď elektrický obvod nie je pripojený na zdroj, zdrojom prúd nepreteká a U_e sa rovná rozdielu elektrických potenciálov medzi svorkami zdroja.

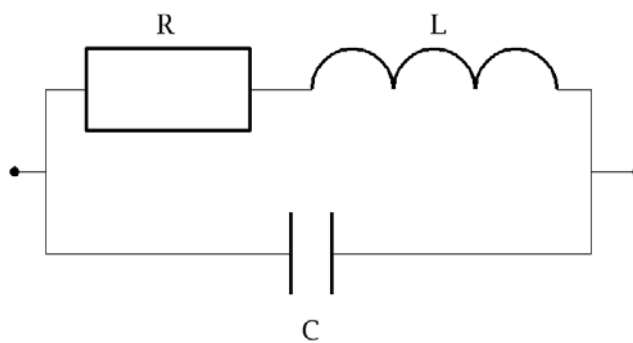
Druhy elektrických zdrojov:

- elektrochemický zdroj (akumulátor) - neelektrostatické sily vznikajú chemickou reakciou elektród s elektrolytom
- fotoelektrický zdroj (fotočlánok) - napätie vzniká vzájomným pôsobením svetla s elektrónmi v kovoch alebo polovodičoch
- termoelektrický zdroj (termočlánok) - využíva sa tu poznatok, že napätie, ktoré vzniká na spoji dvoch rozličných kovov, závisí od teploty spoja (napätie je tým väčšie, čím väčší je rozdiel teplôt)
- elektrodynamický zdroj (akumulátor, dynamo) - neelektrostatické sily vznikajú pohybom vodiča v magnetickom poli
- van Graaffov generátor (mechanický zdroj) - náboje sa oddeľujú trením pásu a prenášajú sa jeho pohybom

Elektrické napätie meriame **voltmetrom**, ktorý sa zapája paralelne do obvodu (elektrický prúd meriame ampérmetrom, ktorý sa zapája do série).

Systém elektrických zariadení vodivo spojených tak, že nimi môže prechádzať elektrický prúd, sa nazýva uzavretý **elektrický obvod**. Uzavretý elektrický obvod sa skladá z vonkajšej časti, ktorá pozostáva z rezistorov, vodičov, spotrebičov a pod. a vnútornej (vodivý priestor medzi pólmi vnútri zdroja).

Ak sa v elektrickom obvode prúd nerozvetvuje, obvod sa nazýva jednoduchý. Ak sa prúd rozvetvuje, obvod sa nazýva elektrická sieť. Elektrické zariadenia, ktoré tvoria obvod, sa nazývajú elektrické súčiastky alebo prvky obvodu (napríklad zdroj, kondenzátor, dióda, cievka, rezistor). Ukončenie súčiastky alebo vodiča, ktoré umožňuje ich vodivé spojenie sa nazýva svorka.



Elektrické obvody znázorňujeme graficky tak, že každú súčiastku obvodu znázorníme dohodnutou značkou. Takéto znázornenie obvodu sa nazýva schéma elektrického obvodu.

Príklad č. 1 (elektrický prúd)

Vodičom s odporom 100Ω prešiel pri ustálenom prúde za čas $5s$ náboj $10C$. Aké napätie bolo na koncoch vodiča?

Riešenie:

$$Q = 10C; t = 5s; R = 100\Omega; U = ???V$$

Vodičom tečie neustály prúd $I = \frac{Q}{t} = \frac{10C}{5s} = 2A$. Z Ohmovho zákona $R = \frac{U}{I} \implies$

$$U = R \cdot I = 100\Omega \cdot 2A = 200V$$

Na koncoch vodiča je napätie $200V$.