

ELEKTRIČNI TOK

TEORIJA

1. Definicija enote električnega toka

Električni tok je gibanje električno nabitih delcev v trdnih snoveh (kovine, polprevodniki), tekočinah ali plinih. V kovinah se gibljejo prosti elektroni na zunanji obli atoma, v tekočinah ioni, v plinih pa ioni in elektroni.

$$I = \frac{\Delta e}{\Delta t} \quad (1)$$

Če je električni tok konstanten (se ne spreminja s časom), poenostavimo enačbo (1) in dobimo enačbo (2):

$$I = \frac{e}{t} \quad (2)$$

Enota je 1 A (en amper):

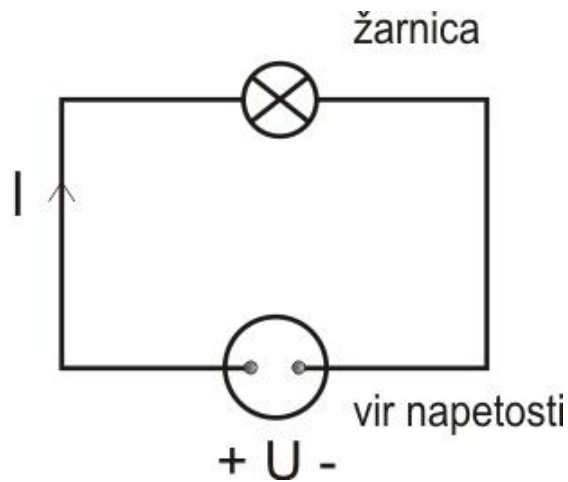
$$1A = \frac{C}{s} = \frac{As}{s}$$

Amper je osnovna enota podobno kot meter, kilogram ali sekunda.

2. Preprost električni krog

Delci se gibljejo pod vplivom električnega polja, ki ga povzroča napetost. Pozitivno nabiti delci se gibljejo v smeri polja, negativno nabiti delci pa v obratno smer.

Pogoj, da bo tek el električni tok je vir električne napetosti, prevodnik (npr. žico), s katero povežemo pola vira napetosti in upornik (ali npr. žarnico) s katerim omejimo tok. To je preprost električni krog.



Preprost električni krog

Po definiciji je smer toka enaka smeri gibanja pozitivno nabitih delcev, torej od pozitivnega pola napetosti proti negativnemu polu (elektroni v žici se dejansko gibajo v obratni smeri).

REŠENE NALOGE

RUDOLF KLADNIK: SVET ELEKTRONOV IN ATOMOV

STRAN 62 NALOGA 1 DO 8.

1. Skozi prečni presek prevodnika steče vsako minuto električni naboj $1,8 \text{ mC}$. Kolikšen je električni tok?

Podatki:

$$e = 1,8 \text{ mC} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ C} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ As}$$

$$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$I = ?$$

Rešitev:

Uporabimo formulo (2) iz poglavja Teorija:

$$I = \frac{e}{t}$$

Vstavimo podatke in dobimo

$$I = \frac{1,8 \cdot 10^{-3} \text{ As}}{60 \text{ s}} = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ A}$$

Rezultat:

Električni tok je $30 \mu A$.

2. Skozi kovinsko žico teče tok 1 A. Koliko elektronov steče skozi prečni presek žice vsako sekundo?

(Naboj elektrona je $1,6 \cdot 10^{-19} As$.)

Podatki:

$$I = 1A$$

$$t = 1s$$

$$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19}As$$

$$N = ?$$

Rešitev:

Električni naboj je mnogokratnik osnovnega naboja:

$$e = Ne_0 \quad (1)$$

Zapišimo enačbo (2) iz poglavja Teorija:

$$I = \frac{e}{t}$$

V formulo vstavimo enačbo 1:

$$I = \frac{Ne_0}{t}$$

Izrazimo število N

$$N = \frac{It}{e_0}$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$N = \frac{1A \cdot 1s}{1,6 \cdot 10^{-19}As} = 6,2 \cdot 10^{18}$$

Rezultat:

Skozi prečni presek steče $6,2 \cdot 10^{18}$ elektronov. Ker so elektroni negativno nabiti, je njihova smer nasprotna smeri toka.

3. Tarčo zadeva curek protonov, vsako sekundo vpade vanjo okrog 10^{16} protonov. Kolikšen je električni tok tega curka.

(Naboj protona je $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$.)

Podatki:

$$t = 1 \text{ s}$$

$$N = 10^{16}$$

$$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

$$I = ?$$

Rešitev:

Električni naboj je mnogokratnik osnovnega naboja:

$$e = Ne_0 \quad (1)$$

Zapišimo enačbo (2) iz poglavja teorija:

$$I = \frac{e}{t}$$

V formulo vstavimo enačbo 1:

$$I = \frac{Ne_0}{t}$$

Vstavimo podatke in izračunamo:

$$I = \frac{10^{16} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}}{1 \text{ s}} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

Rezultat:

Električni tok curka protonov je 1,6 mA.

4. Tekoči trak, širok 50 cm, je naložen s plastjo kock, ki se dotikajo druga druge. Vsaka kocka ima stranico z dolžino 5 cm in je naelektrena z negativnim nabojem $1 \mu\text{C}$. Kolikšen je električni tok, če se trak giblje s stalno hitrostjo 2 m/s?. V katero smer teče?

Podatki:

$$a = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$e = 1,0 \mu\text{C} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ As}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$I = ?$$

Rešitev:

Zapišimo enačbo (2) iz poglavja Teorija:

$$I = \frac{e}{t} \quad (1)$$

Najprej izračunamo v kolikšnem času preteče naboj e (to je čas prehoda ene kocke mimo mirujočega opazovalca):

$$d = vt \quad \text{Izrazimo čas } t$$
$$t = \frac{d}{v} \quad (2)$$

Enačbo (2) vstavimo v enačbo (1) in dobimo:

$$I = \frac{ev}{d} \quad \text{Vstavimo podatke in dobimo:}$$
$$I = \frac{1,0 \cdot 10^{-6} \text{ As} \cdot 2 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ A}$$

Rezultat:

Električni tok je 0,04 mA. Ker je naboj negativen, je po dogovori smer toka nasprotna smeri gibanja traku.

5. Skozi prečni prerez vodnega slapa steče vsako sekundo 150 kg vode. Predpostavljamo, da je voda razbita na vodne kaplice z maso 1 g. Kolikšen je električni tok slapa, če je vsaka kaplica naelektrena tako, da ji manjkata dva elektrona? Osnovni naboj je $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$.

Podatki:

$$m = 150 \text{ kg}$$

$$t = 1 \text{ s}$$

$$m_1 = 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$$

$$e_1 = 2e_0$$

$$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

$$I = ?$$

Rešitev:

Električni tok je (glej Teorijo):

$$I = \frac{e}{t} \quad (1)$$

Skupni naboj, ki steče v sekundi je enak številu kapljic N na sekundo pomnožemo z nabojem kaplice:

$$e = N \cdot e_1$$

$$e = \frac{m}{m_1} \cdot 2e_0 \quad (2)$$

Število kaplic je masa deljeno z masa ene kaplice $N = \frac{m}{m_1}$ in naboj ene kaplice $e_1 = 2 e_0$. Vstavimo v enačbo

Enačbo (2) vstavimo v enačbo (1) in dobimo:

$$I = \frac{2me_0}{m_1 t}$$

Vstavimo podatke in dobimo:

$$I = \frac{2 \cdot 150 \text{ kg} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}}{10^{-3} \text{ kg} \cdot 1 \text{ s}} = 4,8 \cdot 10^{-14} \text{ A}$$

Rezultat:

Električni tok slapa je 0,048 pA.

6. Po aluminijasti žici s prerezom 1 mm^2 teče električni tok 1 A. Približno s kolikšno povprečno hitrostjo se premikajo elektroni? V cm^3 aluminija ja okrog $1,8 \cdot 10^{23}$ prostih elektronov.

(Naboj elektrona je $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$.)

Podatki:

$$S = 1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$I = 1 \text{ A}$$

$$V = 1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

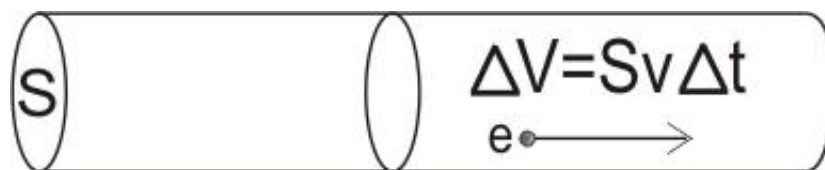
$$N = 1,8 \cdot 10^{23}$$

$$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

$$v = ?$$

Rešitev

Pomagamo si s skico:



Hitrost toka v žici

Volumenska gostota elektronov pomeni, koliko je elektronov v podanem volumnu:

$$n = \frac{N}{V} \quad (1)$$

Gostota naboja pomeni, kolikšen je električni naboj v danem volumnu:

$$n_e = n \cdot e_0$$

Vstavimo enačbo (1) in dobimo:

$$n_e = \frac{N}{V} \cdot e_0 \quad (2)$$

Naboji se premikajo. V času Δt se povprečno premaknejo za $\Delta s = v\Delta t$ in pri tem opišejo volumen:

$$\Delta V = S\Delta s$$

Vstavimo $\Delta s = v\Delta t$ in dobimo:

$$\Delta V = Sv\Delta t \quad (3)$$

Velikost naboja e , ki se v žici s presekom S premakne v času Δt dobimo, če množimo gostoto naboja (2) s spremembo volumna (3).

$$e = n_e \Delta V = \frac{N}{V} e_0 S v \Delta t$$

$$e = I \cdot \Delta t$$

$$I \Delta t = n_e \Delta V = \frac{N}{V} e_0 S v \Delta t$$

Levo in desno stran enačbe krajšamo z Δt :

$$I = \frac{N e_0 S v}{V}$$

Izrazimo hitrost v :

$$v = \frac{I \cdot V}{N e_0 S}$$

Vstavimo podatke in dobimo:

$$v = \frac{1 \text{ A} \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{1,8 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Rezultat:

Povprečna hitrost elektronov je 0,035 mm/s.

7. Koliko prostih elektronov je v 1cm^3 bakra? Baker je enovalenten, njegova relativna elektronska masa je 63,5, gostota pa $8,7\text{ g/cm}^3$.

(Avogadrovo število $N_A = 6,023 \cdot 10^{26}\text{ kmol}^{-1}$.)

Podatki:

$$V = 1\text{cm}^3 = 10^{-6}\text{m}^3$$

$$A = 63,5$$

$$\rho = 8,7\text{g/cm}^3 = 8700\text{kg/m}^3$$

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{26}\text{ kmol}^{-1}$$

$$N = ?$$

Rešitev:

Baker je enovalenten, torej ima vsak atom na zunanji obli en prost elektron. Število prostih elektronov je torej enako številu atomov v danem volumnu V.

Število atomov N je enaku produktu števila kilomolov in Avogadrovega števila:

$$N = nN_A \quad (1)$$

Število kilomolov n je kvocient med maso m in kilomolsko maso M.

$$n = \frac{m}{M} \quad (2)$$

Kilomolska masa M je toliko kilogramov snovi, kolikor znaša njegova relativna atomska masa, torej v našem primeru:

$$M = 63,5\text{kg} \quad (3)$$

Maso m izračunamo iz gostote in volumna:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Izrazimo maso m :

$$m = \rho V \quad (4)$$

Izraz (2) vnesemo v enačbo (1):

$$N = \frac{mN_A}{M}$$

Uporabimo enačbo (4):

$$N = \frac{\rho V N_A}{M}$$

Vnesem podatke in dobim:

$$N = \frac{8700 \text{ kg } 10^{-6} \text{ m}^3 6,023 \cdot 10^{26}}{\text{m}^3 63,5 \text{ kg}} = 8,2 \cdot 10^{22}$$

Rezultat:

Število prostih elektronov je $8,2 \cdot 10^{22}$.

8. Kroglica z nabojem $1 \mu\text{C}$ je pritrjena na neprevodni vrvi in kroži s stalno frekvenco 20 Hz . Kolikšen je povprečen električni tok?

Podatki:

$$e = 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ As}$$

$$\nu = 20 \text{ Hz} = 20 \text{ s}^{-1}$$

$$I = ?$$

Rešitev:

Naboj gre mimo mirujočega opazovalca v časo, ki je enak obhodnemu času kroženja t_0 . Zato zapišemo enačbo za tok v obliki:

$$I = \frac{e}{t_0} \quad (1)$$

Obhodni čas t_0 je recipročna vrednost frekvence:

$$t_0 = \frac{1}{\nu} \quad (2)$$

Izraz (2) vstavimo v enačbo (1) in dobimo:

$$I = e\nu$$

Vstavimo podatke in dobimo:

$$I = 10^{-6} \text{As} 20 \text{s}^{-1} = 20 \cdot 10^{-6} \text{A}$$

Rezultat:

Povprečni električni tok je $20 \mu\text{A}$.

SATCITANAN