

Zadatak 161 (Felix, tehnička škola)

Kroz zavojnicu bez jezgre koja ima 1000 zavoja mijenja se jakost struje od 2 do 12 A. Kolika je promjena magnetnog toka ako je induktivitet zavojnice 0.1 H?

Rješenje 161

$$N = 1000, \quad I_1 = 2 \text{ A}, \quad I_2 = 12 \text{ A}, \quad \Delta I = I_2 - I_1 = 12 \text{ A} - 2 \text{ A} = 10 \text{ A}, \quad L = 0.1 \text{ H},$$
$$\Delta \Phi = ?$$

Napon koji se inducira u zavojnici s N zavoja razmjeran je brzini promjene magnetnog toka $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$.

$$U_i = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

Znak minus označava da inducirani napon daje induciranu struju takva smjera da njezino magnetno polje nastoji poništiti promjenu magnetnog toka koja ju je proizvela.

Inducirani napon samoindukcije razmjeran je s brzinom promjene jakosti struje $\frac{\Delta I}{\Delta t}$.

$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

gdje je L induktivnost zavojnice koja ovisi o njezinom obliku, veličini te svojstvu sredstvu koje je ispunjava. Budući da računamo samo iznos veličina, znak minus u izrazima možemo izostaviti. Promjena magnetnog toka je:

$$\left. \begin{array}{l} U_i = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ U_i = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{komparacije} \end{array} \right] \Rightarrow N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{N} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \Delta \Phi = L \cdot \frac{\Delta I}{N} = 0.1 \text{ H} \cdot \frac{10 \text{ A}}{1000} = 0.001 \text{ Wb} = 10^{-3} \text{ Wb} = 1 \text{ mWb}.$$

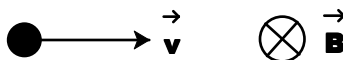
Vježba 161

Kroz zavojnicu bez jezgre koja ima 1000 zavoja mijenja se jakost struje od 2 do 12 A. Kolika je promjena magnetskog toka ako je induktivitet zavojnice 0.1 H?

Rezultat: 1 mWb.

Zadatak 162 (Toon, tehnička škola)

Proton prolazi dijelom prostora u kojem na njega djeluje homogeno magnetno polje.



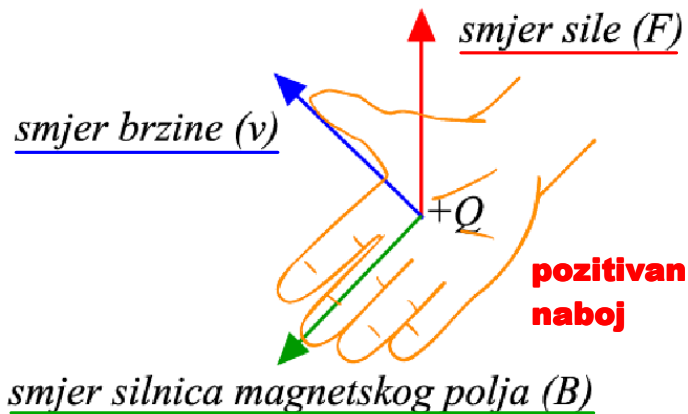
Znak \otimes označava homogeno magnetno polje koje ulazi okomito u papir.

Koja strjelica prikazuje smjer sile na proton u trenutku prikazanom na crtežu?

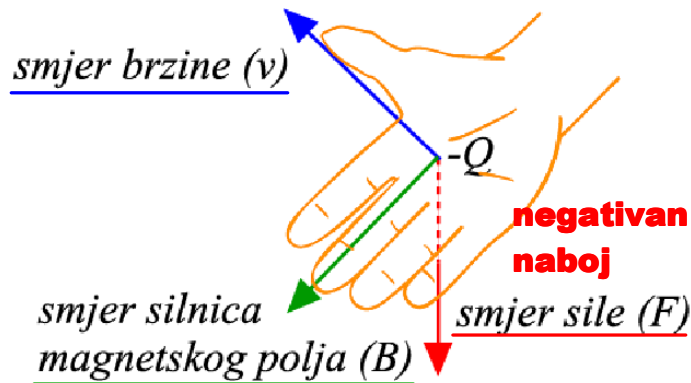
- A. \uparrow B. \rightarrow C. \downarrow D. \leftarrow

Rješenje 162

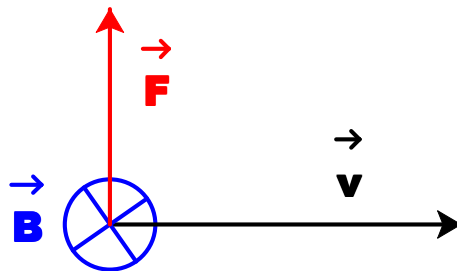
Smjer otklona nabijene čestice u magnetnom polju možemo odrediti pravilom desnog dlana. Postavimo li desni dlan tako da prsti pokazuju u smjeru magnetnog polja, a palac u smjeru gibanja pozitivno nabijene čestice, onda će sila imati takav smjer da se čestica nastoji udaljiti od dlana.



Smjer otklona nabijene čestice u magnetnom polju možemo odrediti pravilom desnog dlana. Postavimo li desni dlan tako da prsti pokazuju u smjeru magnetnog polja, a palac u smjeru gibanja **negativno nabijene čestice**, onda će sila imati takav smjer da se čestica nastoji **približiti dlanu**.



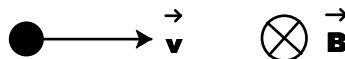
Po pravilu desnog dlana smjer sile je prema gore.



Odgovor je pod A.

Vježba 162

Elektron prolazi dijelom prostora u kojem na njega djeluje homogeno magnetno polje.



Znak \otimes označava homogeno magnetno polje koje ulazi okomito u papir.

Koja strjelica prikazuje smjer sile na elektron u trenutku prikazanom na crtežu?

- A. \uparrow B. \rightarrow C. \downarrow D. \leftarrow

Rezultat: C.

Zadatak 163 (Ante, tehnička škola)

Proton kinetičke energije 0.5 MeV uleti okomito na silnice homogenog magnetnog polja indukcije 0.1 T. Kolika je Lorentzova sila na proton? (masa protona $m = 1.6726 \cdot 10^{-27}$ kg, naboj protona $Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C).

Rješenje 163

$$E_k = 0.5 \text{ MeV} = 0.5 \cdot 10^6 \text{ eV} = 0.5 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 8 \cdot 10^{-14} \text{ J}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad B = 0.1 \text{ T}, \\ m = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad F = ?$$

Elektronvolt (eV) je jedinica za energiju. Energiju 1 eV dobije čestica nabijena istim električnim nabojem kao što ga ima elektron ($1.6 \cdot 10^{-19}$ C) kad prođe električnim poljem razlike potencijala 1 V:

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Lorentzova sila

Ako se u magnetnom polju giba čestica naboja Q brzinom v, onda polje djeluje na nju silom

$$F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha,$$

gdje je α kut između smjera magnetnog polja i smjera gibanja čestice.

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}.$$

Iz formule za kinetičku energiju protona izračunamo njegovu brzinu pa onda Lorentzova sila iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} \\ F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} \cdot \frac{2}{m} \\ F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} v^2 = \frac{2 \cdot E_k}{m} \\ F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} v^2 = \frac{2 \cdot E_k}{m} \cdot \sqrt{} \\ F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow \\ \Rightarrow \left. \begin{array}{l} v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}} \\ F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow F = B \cdot Q \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}} \cdot \sin \alpha = \\ = 0.1 \text{ T} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-14} \text{ J}}{1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}} \cdot \sin 90^\circ = 1.57 \cdot 10^{-13} \text{ N}.$$

Vježba 163

Proton kinetičke energije 0.5 MeV uleti okomito na silnice homogenog magnetnog polja indukcije 0.2 T. Kolika je Lorentzova sila na proton? (masa protona $m = 1.6726 \cdot 10^{-27}$ kg, naboj protona $Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C).

Rezultat: $3.13 \cdot 10^{-13} \text{ N}$.

Zadatak 164 (Ante, tehnička škola)

Elektron ubrzan naponom 150 V uleti u homogeno magnetno polje indukcije 0.2 T okomito na silnice. Kolikom silom magnetno polje djeluje na elektron? (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, naboj elektrona $Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C)

Rješenje 164

$$U = 150 \text{ V}, \quad B = 0.2 \text{ T}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \\ F = ?$$

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu.

Zakon očuvanja energije:

- Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi.
- Ukupna energija zatvorenog (izoliranog) sustava konstantna je bez obzira na to koji se procesi zbivaju u tom sustavu.
- Kad se u nekom procesu pojavi gubitak nekog oblika energije, mora se pojaviti i jednak prirast nekog drugog oblika energije.

Rad što se utroši pri prijenosu naboja Q iz točke potencijala φ_1 u točku potencijala φ_2 jednak je promjeni potencijalne energije naboja, tj.

$$W = Q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2).$$

Razlika potencijala $\varphi_1 - \varphi_2$ naziva se napon i obilježava slovom U pa vrijedi:

$$W = Q \cdot U.$$

Lorentzova sila

Ako se u magnetnom polju giba čestica naboja Q brzinom v , onda polje djeluje na nju silom

$$F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha,$$

gdje je α kut između smjera magnetnog polja i smjera gibanja čestice.

Prema zakonu očuvanja energije rad sile električnog polja jednak je promjeni kinetičke energije elektrona. Budući da je brzina elektrona u električnom polju porasla od 0 do v , možemo pisati:

$$\begin{aligned} \Delta E_k = W &\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot 0^2 = W \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = W \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = Q \cdot U \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = Q \cdot U \quad / \cdot \frac{2}{m} \Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot Q \cdot U}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}}. \end{aligned}$$

Tada Lorentzova sila na elektron iznosi:

$$\begin{aligned} \left. \begin{array}{l} v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}} \\ F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha \end{array} \right\} &\Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow F = B \cdot Q \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}} \cdot \sin \alpha = \\ &= 0.2 \text{ T} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 150 \text{ V}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} \cdot \sin 90^\circ = 2.33 \cdot 10^{-13} \text{ N}. \end{aligned}$$

Vježba 164

Elektron ubrzan naponom 600 V uleti u homogeno magnetno polje indukcije 0.1 T okomito na silnice. Kolikom silom magnetno polje djeluje na elektron? (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg naboj elektrona $Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C)

Rezultat: $2.33 \cdot 10^{-13} \text{ N}$.

Zadatak 165 (MC, gimnazija)

Kod koje frekvencije su induktivni i kapacitivni otpori jednaki, ako je induktivitet zavojnice 5 mH, a kapacitet kondenzatora 0.1 μF ?

Rješenje 165

$$L = 5 \text{ mH} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ H}, \quad C = 0.1 \mu\text{F} = 10^{-7} \text{ F}, \quad v = ?$$

Kružna frekvencija ω računa se po formuli

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot v,$$

gdje je v frekvencija.

U krugu izmjenične struje osim omskog, javlja se:

- induktivni otpor:

$$R_L = L \cdot \omega \Rightarrow R_L = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu$$

- kapacitivni otpor:

$$R_C = \frac{1}{C \cdot \omega} \Rightarrow R_C = \frac{1}{C \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu}$$

Budući da je induktivni otpor jednak kapacitivnom otporu, slijedi:

$$\begin{aligned} R_L = R_C &\Rightarrow L \cdot \omega = \frac{1}{C \cdot \omega} \Rightarrow L \cdot \omega = \frac{1}{C \cdot \omega} \cdot \frac{\omega}{L} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{L \cdot C} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{L \cdot C} \cdot \sqrt{\quad} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow \left[\begin{array}{c} \text{kružna frekvencija} \\ \omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu \end{array} \right] \Rightarrow 2 \cdot \pi \cdot \nu = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow 2 \cdot \pi \cdot \nu = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi} \Rightarrow \nu = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \\ &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{5 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot 10^{-7} \text{ F}}} = 7.12 \cdot 10^3 \text{ Hz} = 7.12 \text{ kHz}. \end{aligned}$$

Vježba 165

Kod koje frekvencije su induktivni i kapacitivni otpori jednaki, ako je induktivitet zavojnice 2.5 mH, a kapacitet kondenzatora 0.2 μF?

Rezultat: 7.12 kHz.

Zadatak 166 (Ivan, gimnazija)

Elektron se giba u magnetnom polju gustoće toka 10 T brzinom $3 \cdot 10^7$ m/s okomito na smjer polja. Odredite omjer sile kojom magnetno polje djeluje na elektron i težine elektrona. (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, ubrzanje sile teže $g = 9.81$ m/s²)

Rješenje 166

$$B = 10 \text{ T}, \quad v = 3 \cdot 10^7 \text{ m/s}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg},$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad \frac{F_L}{G} = ?$$

Lorentzova sila

Ako se u magnetnom polju giba čestica naboja Q brzinom v, onda polje djeluje na nju silom

$$F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha,$$

gdje je α kut između smjera magnetnog polja i smjera gibanja čestice.

Silu kojom Zemlja privlači sva tijela nazivamo silom težom. Pod djelovanjem sile teže sva tijela padaju na Zemlju ili pritišću na njezinu površinu. Akceleracija kojom tijela padaju na Zemlju naziva se akceleracijom slobodnog pada. Prema drugom Newtonovom poučku

$$G = m \cdot g,$$

gdje je G sila teža, m masa tijela i g akceleracija slobodnog pada koja je za sva tijela na istome mjestu na Zemlji jednaka. Težina tijela jest sila kojom tijelo zbog Zemljina privlačenja djeluje na horizontalnu podlogu ili ovjes. Za slučaj kad tijelo i podloga, odnosno ovjes, miruju ili se gibaju jednoliko po pravcu s obzirom na Zemlju, težina tijela je veličinom jednaka sili teže.

Budući da magnetsko polje djeluje na elektron u gibanju Lorentzovom silom, za omjer vrijedi:

$$\frac{F_L}{G} = \frac{B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha}{m \cdot g} \Rightarrow \frac{F_L}{G} = \frac{B \cdot e \cdot v \cdot \sin \alpha}{m \cdot g} \Rightarrow \frac{F_L}{G} = \frac{10 \text{ T} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin 90^\circ}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[\sin 90^\circ = 1 \right] \Rightarrow \frac{F_L}{G} = \frac{10 \text{ T} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \Rightarrow \frac{F_L}{G} = 5.4 \cdot 10^{18} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F_L}{G} = \frac{5.4 \cdot 10^{18}}{1} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{u obliku} \\ \text{razmjera} \end{array} \right] \Rightarrow F_L : G = 5.4 \cdot 10^{18} : 1.$$

Vježba 166

Elektron se giba u magnetskom polju gustoće toka 10 T brzinom $3 \cdot 10^7$ m/s okomito na smjer polja. Odredite omjer težine elektrona i sile kojom magnetno polje djeluje na elektron. (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, ubrzanje sile teže $g = 9.81$ m/s²)

Rezultat: $1.86 \cdot 10^{-19}$.

Zadatak 167 (Marija, gimnazija)

Vodič u obliku kruga ploštine 5 cm^2 nalazi se između polova elektromagneta. Magnetno polje ima indukciju $4 \cdot 10^{-2}$ T. Odredi elektromotornu silu (inducirani napon) koja se inducira u krugu ako krug za 0.005 s nestaje iz polja elektromagneta. Ploština kruga okomita je na silnice magnetnog polja.

Rješenje 167

$$N = 1 - \text{broj zavoja}, \quad S = 5 \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2, \quad B = 4 \cdot 10^{-2} \text{ T}, \quad \Delta t = 0.005 \text{ s}, \quad U_i = ?$$

Napon koji se inducira u zavojnici s N zavoja razmjernan je brzini promjene magnetnog toka $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$.

$$U_i = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Znak minus označava da inducirani napon daje induciranu struju takva smjera da njezino magnetno polje nastoji poništiti promjenu magnetnog toka koja ju je proizvela. Znak minus u tom izrazu možemo izostaviti jer nas zanima samo veličina napona, a ne njegov smjer.

$$U_i = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Tok homogenog magnetnog polja kroz površinu ploštine S, okomitu na smjer magnetne indukcije B, jednak je umnošku magnetne indukcije i ploštine te površine:

$$\Phi = B \cdot S.$$

Napon induciran u vodiču u obliku kruga (jedan zavoj) iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} U_i = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ \Delta \Phi = B \cdot S \end{array} \right\} \Rightarrow U_i = N \cdot \frac{B \cdot S}{\Delta t} = 1 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{0.005 \text{ s}} = 0.004 \text{ V} = 4 \text{ mV}.$$

Vježba 167

Vodič u obliku kruga ploštine 10 cm^2 nalazi se između polova elektromagneta. Magnetno polje ima indukciju $8 \cdot 10^{-2}$ T. Odredi elektromotornu silu (inducirani napon) koja se inducira u krugu ako krug za 0.005 s nestaje iz polja elektromagneta. Ploština kruga okomita je na silnice magnetnog polja.

Rezultat: 4 mV.

Zadatak 168 (Marija, gimnazija)

Vodič u obliku kruga ploštine 5 cm^2 nalazi se između polova elektromagneta. Jakost magnetnog polja je 32000 A/m. Odredi elektromotornu silu (inducirani napon) koja se inducira u krugu ako krug za 0.005 s nestaje iz polja elektromagneta. Ploština kruga okomita je na silnice magnetnog polja. (permeabilnost vakuumu $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ T · m / A)

Rješenje 168

$$N = 1 - \text{broj zavoja}, \quad S = 5 \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2, \quad H = 32000 \text{ A/m}, \quad \Delta t = 0.005 \text{ s}, \\ \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}, \quad U_i = ?$$

Napon koji se inducira u zavojnici s N zavoja razmjernan je brzini promjene magnetnog toka $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

$$U_i = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Znak minus označava da inducirani napon daje induciranu struju takva smjera da njezino magnetno polje nastoji poništiti promjenu magnetnog toka koja ju je proizvela. Znak minus u tom izrazu možemo izostaviti jer nas zanima samo veličina napona, a ne njegov smjer.

$$U_i = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Tok homogenog magnetnog polja kroz površinu ploštine S, okomitu na smjer magnetne indukcije B, jednak je umnošku magnetne indukcije i ploštine te površine:

$$\Phi = B \cdot S.$$

Napon koji se inducira u zavojnici (inducirani napon) s N zavoja razmjernan je brzini promjene Osim magnetnom indukcijom B, magnetno polje opisujemo i veličinom koja se naziva jakost magnetnog polja H. Magnetna indukcija B i jakost magnetnog polja H u praznini (vakuumu) vezane su odnosom

$$B = \mu_0 \cdot H,$$

gdje je μ_0 permeabilnost vakuuma

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}} = 12,56 \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}.$$

Napon induciran u vodiču u obliku kruga (jedan zavoj) iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} U_i = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\ \Delta\Phi = B \cdot S \\ B = \mu_0 \cdot H \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} U_i = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\ \Delta\Phi = \mu_0 \cdot H \cdot S \end{array} \right\} \Rightarrow U_i = N \cdot \frac{\mu_0 \cdot H \cdot S}{\Delta t} = \\ = 1 \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}} \cdot 32000 \frac{\text{A}}{\text{m}} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{0.005 \text{ s}} = 0.004 \text{ V} = 4 \text{ mV}.$$

Vježba 168

Vodič u obliku kruga ploštine 5 cm^2 nalazi se između polova elektromagneta. Jakost magnetnog polja je 64000 A/m . Odredi elektromotornu silu (inducirani napon) koja se inducira u krugu ako krug za 0.01 s nestaje iz polja elektromagneta. Ploština kruga okomita je na silnice magnetnog polja. (permeabilnost vakuuma $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$)

Rezultat: 4 mV .

Zadatak 169 (Marija, gimnazija)

U krugu izmjenične struje efektivne vrijednosti 5 A omski otpor i induktivnost 0.2 H spojeni su u seriju. Koliki je omski otpor ako je krug priključen na napon 380 V frekvencije 50 Hz ?

Rješenje 169

$$I = I_{\text{ef}} = 5 \text{ A}, \quad L = 0.2 \text{ H}, \quad U = 380 \text{ V}, \quad \nu = 50 \text{ Hz}, \quad R = ?$$

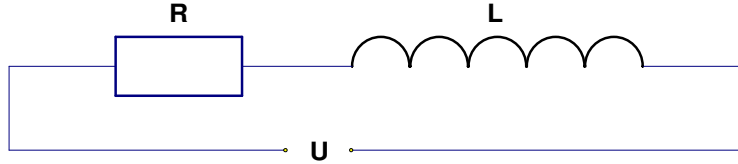
Ako se u krugu izmjenične struje nalazi serijski spoj omskog i induktivnog otpora impedancija Z iznosi

$$Z = \sqrt{R^2 + R_L^2},$$

gdje je R omski (radni) otpor, R_L induktivni otpor koji se računa po formuli

$$R_L = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu,$$

gdje je L induktivnost zavojnice, ν frekvencija.



Ohmov zakon za krug izmjenične struje glasi:

$$Z = \frac{U}{I} = \text{konst.}$$

Omski otpor iznosi:

$$\begin{aligned} Z = \frac{U}{I} &\Rightarrow \left[Z = \sqrt{R^2 + R_L^2} \right] \Rightarrow \sqrt{R^2 + R_L^2} = \frac{U}{I} \Rightarrow \sqrt{R^2 + R_L^2} = \frac{U}{I} \quad / \sqrt{} \Rightarrow \\ &\Rightarrow R^2 + R_L^2 = \left(\frac{U}{I} \right)^2 \Rightarrow R^2 = \left(\frac{U}{I} \right)^2 - R_L^2 \Rightarrow \left[R_L = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu \right] \Rightarrow \\ &\Rightarrow R^2 = \left(\frac{U}{I} \right)^2 - (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu)^2 \Rightarrow R^2 = \left(\frac{U}{I} \right)^2 - (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu)^2 \quad / \sqrt{} \Rightarrow \\ &\Rightarrow R = \sqrt{\left(\frac{U}{I} \right)^2 - (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu)^2} = \sqrt{\left(\frac{380 \text{ V}}{5 \text{ A}} \right)^2 - \left(0.2 \text{ H} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{\text{s}} \right)^2} = 42.76 \Omega. \end{aligned}$$

Vježba 169

U krugu izmjenične struje efektivne vrijednosti 10 A omski otpor i induktivnost 0.2 H spojeni su u seriju. Koliki je omski otpor ako je krug priključen na napon 760 V frekvencije 50 Hz?

Rezultat: 42.76 Ω .

Zadatak 170 (Helena, gimnazija)

U homogeno magnetno polje magnetne indukcije $B = 0.1 \text{ T}$ uleti α – čestica koja ima kinetičku energiju od 500 eV. Nađi silu kojom magnetno polje djeluje na α – česticu, ako je smjer gibanja čestice okomit na smjer magnetnog polja (masa protona $m_p = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, masa neutrona $m_n = 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).

Rješenje 170

$$B = 0.1 \text{ T}, \quad E_k = 500 \text{ eV} = [500 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 8 \cdot 10^{-17} \text{ J}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad Q = 2 \cdot e -$$

naboj alfa čestice, $m_p = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad m_n = 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C},$

α – čestica sastoji se od 2 protona i 2 neutrona pa je masa α – čestice

$$m_\alpha = 2 \cdot m_p + 2 \cdot m_n = 2 \cdot 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 2 \cdot 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 6.6952 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad F = ?$$

Elektronvolt (eV) je jedinica za energiju. Energiju 1 eV dobije čestica nabijena istim električnim nabojem kao što ga ima elektron ($1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) kad prođe električnim poljem razlike potencijala 1 V:

$$eV = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Električni naboj je kvantiziran i izražava se kao višekratnik elementarnog naboja e . Elektron ima električni naboj $-e$, proton $+e$, jezgra helija $+2 \cdot e$. Alfa čestica identična je jezgri helija, sastoji se od dva protona i dva neutrona, a ima pozitivan naboj $+2 \cdot e$, zbog svoja dva protona.

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

Lorentzova sila

Ako se u magnetnom polju giba čestica naboja Q brzinom v , onda polje djeluje na nju silom

$$F_L = B \cdot v \cdot Q \cdot \sin \alpha,$$

gdje je α kut između smjera magnetnog polja i smjera gibanja čestice.

Ako je $\alpha = 90^\circ$, tada se čestica giba po kružnici polumjera r jer je sila F stalno okomita na smjer brzine v .

$$F_L = B \cdot v \cdot Q.$$

Iz formule za kinetičku energiju alfa čestice izračunamo njezinu brzinu pa onda Lorentzova sila iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} E_k = \frac{m_\alpha \cdot v^2}{2} \\ F = B \cdot Q \cdot v \\ Q = 2 \cdot e \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} E_k = \frac{m_\alpha \cdot v^2}{2} \cdot \frac{2}{m_\alpha} \\ F = B \cdot 2 \cdot e \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} v^2 = \frac{2 \cdot E_k}{m_\alpha} \\ F = B \cdot 2 \cdot e \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} v^2 = \frac{2 \cdot E_k}{m_\alpha} \cdot \sqrt{} \\ F = B \cdot 2 \cdot e \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m_\alpha}} \\ F = B \cdot 2 \cdot e \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow F = B \cdot 2 \cdot e \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m_\alpha}} = 0.1 \text{ T} \cdot 2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-17} \text{ J}}{6.6952 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}} =$$

$$= 4.953 \cdot 10^{-15} \text{ N} \approx 5 \cdot 10^{-15} \text{ N}.$$

Vježba 170

U homogeno magnetno polje magnetne indukcije $B = 0.05 \text{ T}$ uleti α – čestica koja ima kinetičku energiju od 2000 eV . Nađi silu kojom magnetno polje djeluje na α – česticu, ako je smjer gibanja čestice okomit na smjer magnetnog polja (masa protona $m_p = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, masa neutrona $m_n = 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$).

Rezultat: $5 \cdot 10^{-15} \text{ N}$.

Zadatak 171 (Helena, gimnazija)

U električnom polju razlike potencijala 1000 V elektron dobije brzinu kojom uleti u homogeno magnetno polje u vakuumu okomito na magnetne silnice. Magnetna indukcija polja iznosi 0.2 T . Koliki je polumjer kružnice po kojoj se giba elektron? (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).

Rješenje 171

$U = 1000 \text{ V}$, $\alpha = 90^\circ$, $B = 0.2 \text{ T}$, $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$,
 $r = ?$

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu. Da bi se tijelo, mase m , gibalo po kružnici, polumjera r , potrebno je da na nj djeluje centripetalna sila:

$$F_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{r},$$

gdje je v obodna ili linearna brzina.

Lorentzova sila

Ako se u magnetnom polju giba čestica naboja Q brzinom v , onda polje djeluje na nju silom

$$F_L = B \cdot v \cdot Q \cdot \sin \alpha,$$

gdje je α kut između smjera magnetnog polja i smjera gibanja čestice.

Ako je $\alpha = 90^\circ$, tada se čestica giba po kružnici polumjera r jer je sila F stalno okomita na smjer brzine v .

$$F_L = B \cdot v \cdot Q.$$

Rad što se utroši pri prijenosu naboja Q iz točke potencijala φ_1 u točku potencijala φ_2 jednak je promjeni potencijalne energije naboja, tj.

$$W = Q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2).$$

Razlika potencijala $\varphi_1 - \varphi_2$ naziva se napon i obilježava slovom U pa vrijedi:

$$W = Q \cdot U.$$

Zakon očuvanja energije:

- Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi.
- Ukupna energija zatvorenog (izoliranog) sustava konstantna je bez obzira na to koji se procesi zbivaju u tom sustavu.
- Kad se u nekom procesu pojavi gubitak nekog oblika energije, mora se pojaviti i jednak prirast nekog drugog oblika energije.

Kako Lorentzova sila koja djeluje na elektron u magnetnom polju, ima ulogu centripetalne sile, polumjer kružnice po kojoj se giba možemo naći iz odnosa

$$F_L = F_{cp} \Rightarrow B \cdot v \cdot e = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow B \cdot v \cdot e = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad | \cdot \frac{r}{B \cdot v \cdot e} \Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{B \cdot e}.$$

Brzinu v elektron postiže u električnom polju. Prema zakonu očuvanja energije rad sile električnog polja jednak je promjeni kinetičke energije elektrona.

$$\begin{aligned} W = E_k \Rightarrow e \cdot U &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Rightarrow e \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad | \cdot \frac{2}{m} \Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot e \cdot U}{m} \Rightarrow \\ &\Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot e \cdot U}{m} \quad | \sqrt{\quad} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}}. \end{aligned}$$

Iz izraza za polumjer r i brzinu v odredimo vrijednost polumjera kružnice.

$$\begin{aligned} \left. \begin{aligned} r &= \frac{m \cdot v}{B \cdot e} \\ v &= \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} r &= \frac{m \cdot v}{B \cdot e} \\ v &= \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow r = \frac{m}{B \cdot e} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} \Rightarrow r = \frac{1}{B} \cdot \sqrt{\frac{m^2 \cdot 2 \cdot e \cdot U}{e^2 \cdot m}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow r = \frac{1}{B} \cdot \sqrt{\frac{m^2 \cdot 2 \cdot e \cdot U}{e^2 \cdot m}} \Rightarrow r = \frac{1}{B} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot U}{e}} = \\ &= \frac{1}{0.2 \text{ T}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 1000 \text{ V}}{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}}} = 5.33 \cdot 10^{-4} \text{ m}. \end{aligned}$$

Vježba 171

U električnom polju razlike potencijala 4 kV elektron dobije brzinu kojom uleti u homogeno magnetno polje u vakuumu okomito na magnetne silnice. Magnetna indukcija polja iznosi 0.4 T. Koliki je polumjer kružnice po kojoj se giba elektron? (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C).

Rezultat: $5.33 \cdot 10^{-4} \text{ m}$.

Zadatak 172 (Cher, gimnazija)

Ravni vodič duljine 1 m giba se stalnom brzinom u ravnini koja je okomita na silnice homogenog magnetnog polja pri čemu se između njegovih krajeva inducira elektromotorni napon od $4 \cdot 10^{-5}$ V. Kolika je magnetna (Lorentzova) sila na slobodni elektron u vodiču? (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C).

Rješenje 172

$$l = 1 \text{ m}, \quad \varphi = 90^\circ, \quad U_i = 4 \cdot 10^{-5} \text{ V}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad F = ?$$

Ako se u magnetnom polju magnetne indukcije B giba vodič duljine l brzinom v , kojega smjer čini kut φ s vektorom magnetne indukcije, onda se iznos induciranog napona može odrediti izrazom

$$U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \varphi.$$

Ako je $\varphi = 90^\circ$, iznos induciranog napona može se odrediti izrazom

$$U_i = B \cdot l \cdot v.$$

Lorentzova sila

Ako se u magnetnom polju giba čestica naboja Q brzinom v , onda polje djeluje na nju silom

$$F_L = B \cdot v \cdot Q \cdot \sin \varphi,$$

gdje je φ kut između smjera magnetnog polja i smjera gibanja čestice.

Ako je $\varphi = 90^\circ$, tada se čestica giba po kružnici polumjera r jer je sila F stalno okomita na smjer brzine v .

$$F_L = B \cdot v \cdot Q.$$

Računamo magnetnu silu na slobodni elektron u vodiču.

$$\left. \begin{array}{l} F = B \cdot v \cdot Q \\ U_i = B \cdot l \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow [Q = e] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} F = B \cdot v \cdot e \\ U_i = B \cdot l \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{F}{U_i} = \frac{B \cdot v \cdot e}{B \cdot l \cdot v} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{F}{U_i} = \frac{B \cdot v \cdot e}{B \cdot l \cdot v} \Rightarrow \frac{F}{U_i} = \frac{e}{l} \Rightarrow \frac{F}{U_i} = \frac{e}{l} / U_i \Rightarrow F = \frac{e}{l} \cdot U_i =$$
$$= \frac{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{1 \text{ m}} \cdot 4 \cdot 10^{-5} \text{ V} = 6.408 \cdot 10^{-24} \text{ N}.$$

Vježba 172

Ravni vodič duljine 2 m giba se stalnom brzinom u ravnini koja je okomita na silnice homogenog magnetnog polja pri čemu se između njegovih krajeva inducira elektromotorni napon od $8 \cdot 10^{-5}$ V. Kolika je magnetna (Lorentzova) sila na slobodni elektron u vodiču? (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C).

Rezultat: $6.408 \cdot 10^{-24}$ N.

Zadatak 173 (Hana, medicinska škola)

Otvoreni LC krug emitira elektromagnetski val valne duljine λ_0 . Ako se kapacitet u tome LC krugu smanji na devetinu početne vrijednosti, krug emitira elektromagnetski val valne duljine λ . Koliki je omjer valnih duljina λ / λ_0 ?

$$A. \frac{1}{9} \quad B. \frac{1}{3} \quad C. 3 \quad D. 9$$

Rješenje 173

$$C_0, \quad \lambda_0, \quad C = \frac{1}{9} \cdot C_0, \quad \lambda, \quad \lambda / \lambda_0 = ?$$

Električni titrajni krug (LC krug) je krug u kojem se nalazi veza kondenzatora i zavojnice. Promjena napona i jakosti struje u titrajnom krugu posljedica je odgovarajućih promjena između električnog i

magnetskog polja. Frekvencija ovog titranja ovisi o kapacitetu C kondenzatora i induktivitetu L zavojnice te iznosi

$$v = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Valna duljina računa se po formuli:

$$\lambda = c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C},$$

gdje je c brzina svjetlosti u praznini.



Računamo omjer valnih duljina.

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_0 = c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_0} \\ \lambda = c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \lambda_0 = c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_0} \\ \lambda = c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot \frac{1}{9} \cdot C_0} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \lambda_0 = c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_0} \\ \lambda = c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt{L \cdot C_0} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt{L \cdot C_0}}{c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_0}} \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt{L \cdot C_0}}{c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_0}} \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{1}{3}$$

Odgovor je pod B.

Vježba 173

Otvoreni LC krug emitira elektromagnetski val valne duljine λ_0 . Ako se kapacitet u tome LC krugu smanji na četvrtinu početne vrijednosti, krug emitira elektromagnetski val valne duljine λ . Koliki je omjer valnih duljina λ / λ_0 ?

- A. $\frac{1}{4}$ B. $\frac{1}{2}$ C. 2 D. 4

Rezultat: B.

Zadatak 174 (Tomer181, tehnička škola)

Valjkasti svitak duljine 15 cm ima 300 zavoja. U unutrašnjosti svitka je magnetsko polje jakosti 2000 A/m. Jezgra svitka ima promjer 15 mm i relativnu permeabilnost 700. Odrediti:

a) jakost struje

b) magnetsku indukciju

c) magnetski tok. (permeabilnost vakuuma $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} = 12.56 \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.)

Rješenje 174

$$l = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}, \quad N = 300, \quad H = 2000 \text{ A/m}, \quad d = 15 \text{ mm} = 0.015 \text{ m}, \quad \mu_r = 700,$$

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} = 12.56 \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}, \quad I = ?, \quad B = ?, \quad \Phi = ?$$

Jakost magnetskog polja unutar relativno dugačke zavojnice dana je izrazom:

$$H = \frac{N \cdot I}{l},$$

gdje su I jakost struje u zavojnici, N broj zavoja, a l duljina zavojnice.

Magnetska indukcija B i jakost magnetskog polja H vezane su odnosom:

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H,$$

gdje je μ_r relativna permeabilnost sredstva.

Tok homogenoga magnetskog polja kroz površinu ploštine S, okomitu na smjer magnetske indukcije

B, jednak je umnošku magnetske indukcije i ploštine te površine:

$$\Phi = B \cdot S.$$

Ploština kruga promjera d:

$$S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}.$$

a) Jakost struje iznosi:

$$H = \frac{N \cdot I}{l} \Rightarrow \frac{N \cdot I}{l} = H \Rightarrow \frac{N \cdot I}{l} = H \cdot l \cdot \frac{l}{N} \Rightarrow I = \frac{H \cdot l}{N} = \frac{2000 \frac{A}{m} \cdot 0.15 m}{300} = 1 A.$$

b) Magnetska indukcija je

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H = 700 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \cdot 2000 \frac{A}{m} = 1.76 T.$$

c) Magnetski tok kroz poprečni presjek zavojnice ima vrijednost:

$$\left. \begin{array}{l} S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \\ \Phi = B \cdot S \end{array} \right\} \Rightarrow \Phi = B \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = 1.76 T \cdot \frac{(0.015 m)^2 \cdot \pi}{4} = 3.11 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}.$$

Vježba 174

Valjkasti svitak duljine 30 cm ima 600 zavoja. U unutrašnjosti svitka je magnetsko polje jakosti 2000 A/m. Jezgra svitka ima promjer 15 mm i relativnu permeabilnost 700. Odrediti:

a) jakost struje

b) magnetsku indukciju

c) magnetski tok. (permeabilnost vakuuma $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} = 12.56 \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.)

Rezultat: $I = 1 A$, $B = 1.76 T$, $\Phi = 3.11 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$.

Zadatak 175 (Tomislav, tehnička škola)

Magnetno polje u središtu zavojnice kojom prolazi struja iznosi 2 mT. Koliko će to polje iznositi ako se u zavojnicu umetne željezna jezgra relativne permeabilnosti 120?

Rješenje 175

$$B_0 = 2 \text{ mT} = 0.002 T, \quad \mu_r = 120, \quad B = ?$$

Magnetno polje (magnetna indukcija) B unutar zavojnice može se izraziti jednadžbama

$$B_0 = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} \text{ ili } B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} \text{ ili } B = \mu_r \cdot B_0,$$

gdje je μ_0 permeabilnost vakuuma, N broj navoja zavojnice, I jakost električne struje koja prolazi zavojnicom, l duljina zavojnice, μ_r relativna permeabilnost sredstva.

$$B = \mu_r \cdot B_0 = 120 \cdot 0.002 T = 0.24 T = 240 \text{ mT}.$$

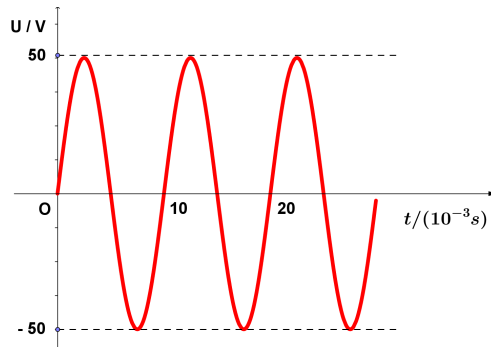
Vježba 175

Magnetno polje u središtu zavojnice kojom prolazi struja iznosi 4 mT. Koliko će to polje iznositi ako se u zavojnicu umetne željezna jezgra relativne permeabilnosti 60?

Rezultat: 240 mT.

Zadatak 176 (Tomislav, tehnička škola)

Kondenzator kapaciteta C serijski je spojen sa zavojnicom induktiviteta 0.5 H na izvor izmjeničnoga napona. Napon izvora ovisi o vremenu kao što je prikazano na crtežu. Koliki treba biti kapacitet C da bi impedancija strujnoga kruga bila minimalna?



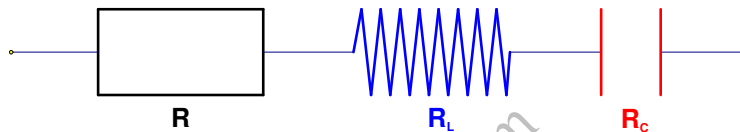
Rješenje 176

$L = 0.5 \text{ H}, \quad C = ?$

Ako se u krugu izmjenične struje nalazi serijski spoj omskog, induktivnog i kapacitivnog otpora impedancija Z iznosi

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2},$$

gdje je R omski (radni) otpor, R_L induktivni otpor, R_C kapacitivni otpor.



Kružna frekvencija ω računa se po formuli

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

gdje je T perioda.

U krugu izmjenične struje osim omskog, javlja se:

- induktivni otpor:

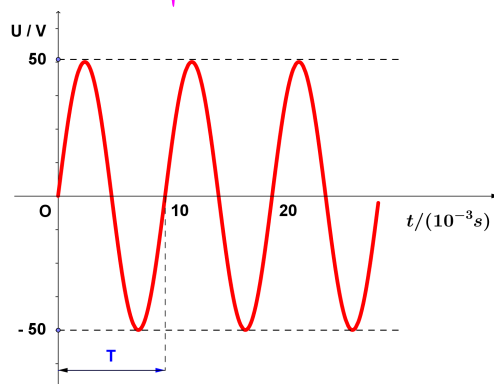
$$R_L = L \cdot \omega \Rightarrow R_L = L \cdot \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

- kapacitivni otpor:

$$R_C = \frac{1}{C \cdot \omega} \Rightarrow R_C = \frac{T}{C \cdot 2 \cdot \pi}$$

Budući da impedancija u strujnom krugu mora biti minimalna, kapacitivni i induktivni otpor bit će jednaki.

$$Z = \sqrt{R^2 + \underbrace{(R_L - R_C)^2}_{=0}}$$



Najprije iz crteža očitamo periodu T.

$$T = 10 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 10^{-2} \text{ s} = 0.01 \text{ s}.$$

1. inačica

$$R_C = R_L \Rightarrow \frac{1}{C \cdot \omega} = L \cdot \omega \Rightarrow \frac{1}{C \cdot \omega} = L \cdot \omega \cdot C \cdot \omega \Rightarrow 1 = C \cdot L \cdot \omega^2 \Rightarrow C \cdot L \cdot \omega^2 = 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C \cdot L \cdot \omega^2 = 1 \cdot \frac{1}{L \cdot \omega^2} \Rightarrow C = \frac{1}{L \cdot \omega^2} \Rightarrow \left[\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} \right] \Rightarrow C = \frac{1}{L \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \right)^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C = \frac{1}{L \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2}} \Rightarrow C = \frac{T^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot L} = \frac{(0.01 \text{ s})^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 0.5 \text{ H}} = 5.066 \cdot 10^{-6} \text{ F} \approx 5.1 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 5.1 \mu\text{F}.$$

2. inačica

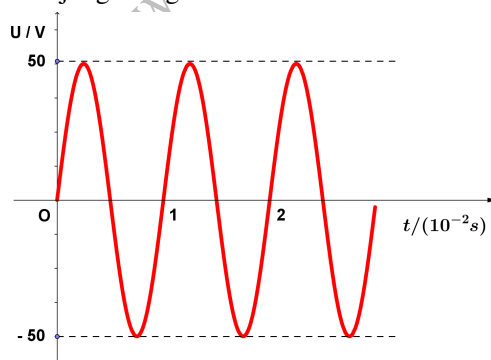
$$R_C = R_L \Rightarrow \frac{T}{C \cdot 2 \cdot \pi} = L \cdot \frac{2 \cdot \pi}{T} \Rightarrow \frac{T}{C \cdot 2 \cdot \pi} = L \cdot \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot 2 \cdot \pi \cdot C \cdot T \Rightarrow T^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C = T^2 \Rightarrow 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C = T^2 \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C} \Rightarrow C = \frac{T^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot L} =$$

$$= \frac{(0.01 \text{ s})^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 0.5 \text{ H}} = 5.066 \cdot 10^{-6} \text{ F} \approx 5.1 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 5.1 \mu\text{F}.$$

Vježba 176

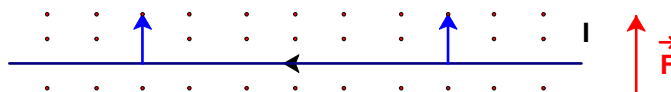
Kondenzator kapaciteta C serijski je spojen sa zavojnicom induktiviteta 0.5 H na izvor izmjeničnoga napona. Napon izvora ovisi o vremenu kao što je prikazano na crtežu. Koliki treba biti kapacitet C da bi impedancija strujnoga kruga bila minimalna?



Rezultat: 5.1 μF .

Zadatak 177 (Ante, srednja škola)

Bakreni vodič površine presjeka 2.5 mm^2 okomito je ovješten na magnetno polje indukcije 1.4 T. Kolika bi morala biti jakost struje da bi vodič lebdio u polju? (gustoća bakra $\rho = 8900 \text{ kg/m}^3$, ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)



Rješenje 177

$$S = 2.5 \text{ mm}^2 = 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2, \quad \alpha = 90^\circ, \quad B = 1.4 \text{ T}, \quad \rho = 8900 \text{ kg/m}^3, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2,$$

$I = ?$

Sila (**Amperova sila**) kojom magnetno polje djeluje na vodič duljine l strujom jakosti I može se odrediti iz izraza

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha,$$

gdje je α kut između smjera magnetnog polja i smjera struje, a B magnetna indukcija. Ako su smjerovi magnetnog polja i struje međusobno okomiti, tada je:

$$F = B \cdot I \cdot l.$$

Silu kojom Zemlja privlači sva tijela nazivamo silom težom. Pod djelovanjem sile teže sva tijela padaju na Zemlju ili pritišću na njezinu površinu. Akceleracija kojom tijela padaju na Zemlju naziva se akceleracijom slobodnog pada. Prema drugom Newtonovom poučku

$$G = m \cdot g,$$

gdje je G sila teža, m masa tijela i g akceleracija slobodnog pada koja je za sva tijela na istome mjestu na Zemlji jednaka.

Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz omjera mase tijela i njegova obujma:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V.$$

Obujam valjka

Uspravni i kosi valjak ploštine osnovke (baze) S i visine v imaju jednake obujmove. Taj obujam iznosi:

$$V = S \cdot v.$$

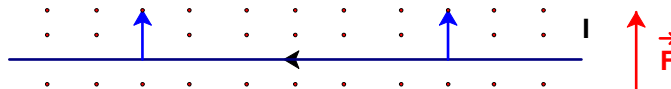
Budući da vodič lebdi u magnetnom polju, Amperova sila po iznosu jednaka je težini vodiča. Sile imaju suprotne smjerove.

$$F = G \Rightarrow B \cdot I \cdot l = m \cdot g \Rightarrow B \cdot I \cdot l = \rho \cdot V \cdot g \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{žica = valjak} \\ V = S \cdot l \end{array} \right] \Rightarrow B \cdot I \cdot l = \rho \cdot S \cdot l \cdot g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B \cdot I \cdot l = \rho \cdot S \cdot l \cdot g \quad / \cdot \frac{1}{B \cdot l} \Rightarrow I = \frac{\rho \cdot S \cdot g}{B} = \frac{8900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.4 \text{ T}} = 0.156 \text{ A}.$$

Vježba 177

Bakreni vodič površine presjeka 5 mm^2 okomito je ovješena na magnetno polje indukcije 2.8 T . Kolika bi morala biti jakost struje da bi vodič lebдио u polju? (gustoća bakra $\rho = 8900 \text{ kg/m}^3$, ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)



Rezultat: 0.156 A.

Zadatak 178 (Mateja, gimnazija)

Između polova magneta lebdi u horizontalnom položaju vodič mase 10 g i duljine 20 cm . Kolika je jakost struje kroz vodič, ako je indukcija magnetnog polja 0.26 T ? (ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

Rješenje 178

$m = 10 \text{ g} = 0.01 \text{ kg}$, $l = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$, $B = 0.26 \text{ T}$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, $I = ?$
Sila (**Amperova sila**) kojom magnetno polje djeluje na vodič duljine l strujom jakosti I može se odrediti iz izraza

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha,$$

gdje je α kut između smjera magnetnog polja i smjera struje, a B magnetna indukcija. Ako su smjerovi magnetnog polja i struje međusobno okomiti, tada je:

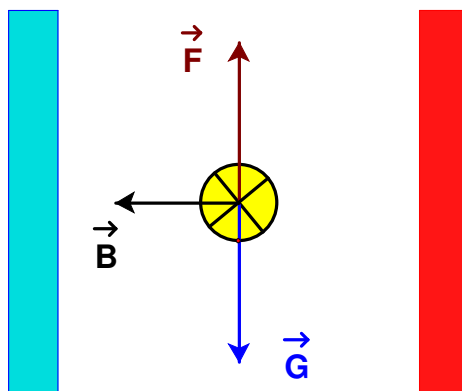
$$F = B \cdot I \cdot l.$$

Silu kojom Zemlja privlači sva tijela nazivamo silom težom. Pod djelovanjem sile teže sva tijela padaju na Zemlju ili pritišću na njezinu površinu. Akceleracija kojom tijela padaju na Zemlju naziva

se akceleracijom slobodnog pada. Prema drugom Newtonovom poučku

$$G = m \cdot g,$$

gdje je G sila teža, m masa tijela i g akceleracija slobodnog pada koja je za sva tijela na istome mjestu na Zemlji jednaka.



Budući da ravan vodič miruje u magnetnom polju, težina G vodiča po iznosu jednaka je sili F kojom magnetno polje djeluje na nj. Sile imaju suprotne smjerove. Smjer magnetnog polja i smjer struje zatvaraju pravi kut. Uvjet mirovanja je

$$F = G,$$

odakle je

$$B \cdot I \cdot l = m \cdot g \Rightarrow B \cdot I \cdot l = m \cdot g \cdot \frac{1}{B \cdot l} \Rightarrow I = \frac{m \cdot g}{B \cdot l} = \frac{0.01 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.26 \text{ T} \cdot 0.2 \text{ m}} = 1.89 \text{ A}.$$

Vježba 178

Između polova magneta lebdi u horizontalnom položaju vodič mase 20 g i duljine 40 cm. Kolika je jakost struje kroz vodič, ako je indukcija magnetnog polja 0.26 T? (ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

Rezultat: 1.89 A.

Zadatak 179 (Mateja, gimnazija)

O dvije tanke niti ovješene je vodič mase 10 g i duljine 20 cm. Vodič stoji horizontalno u vertikalnom magnetnom polju indukcije 0.25 T. Za koliki kut od vertikale će se otkloniti niti o koje je ovješene vodič kada kroz njega proteče struja jakosti 2 A? Za akceleraciju sile teže uzmite 10 m/s^2 .

Rješenje 179

$$m = 10 \text{ g} = 0.01 \text{ kg}, \quad l = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}, \quad B = 0.25 \text{ T}, \quad I = 2 \text{ A}, \quad g = 10 \text{ m/s}^2,$$

$$\alpha = ?$$

Sila (**Amperova sila**) kojom magnetno polje djeluje na vodič duljine l strujom jakosti I može se odrediti iz izraza

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha,$$

gdje je α kut između smjera magnetnog polja i smjera struje, a B magnetna indukcija. Ako su smjerovi magnetnog polja i struje međusobno okomiti, tada je:

$$F = B \cdot I \cdot l.$$

Silu kojom Zemlja privlači sva tijela nazivamo silom težom. Pod djelovanjem sile teže sva tijela padaju na Zemlju ili pritišću na njezinu površinu. Akceleracija kojom tijela padaju na Zemlju naziva se akceleracijom slobodnog pada. Prema drugom Newtonovu poučku

$$G = m \cdot g,$$

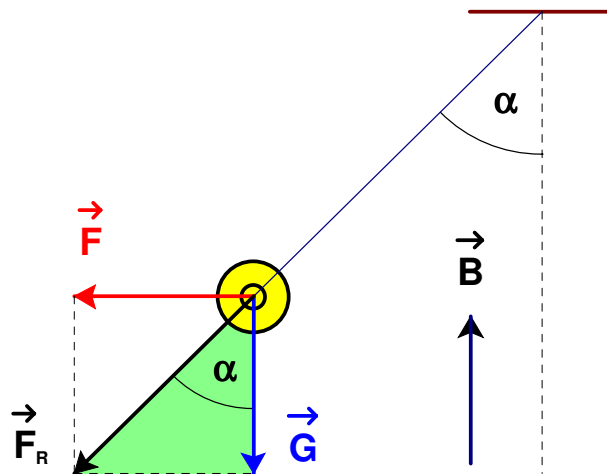
gdje je G sila teža, m masa tijela i g akceleracija slobodnog pada koja je za sva tijela na istome mjestu na Zemlji jednaka.

Trokut je dio ravnine omeđen s tri dužine. Te dužine zovemo stranice trokuta. Pravokutni trokuti

imaju jedan pravi kut (kut od 90°). Stranice koje zatvaraju pravi kut zovu se katete, a najdulja stranica je hipotenuza pravokutnog trokuta.

Tangens šiljastog kuta pravokutnog trokuta jednak je omjeru duljine katete nasuprot tog kuta i duljine katete uz taj kut.

Smjer magnetnog polja i smjer struje zatvaraju pravi kut. Na vodič djeluju dvije sile: sila teža G i magnetna sila F .



Nacrtamo li vektore \vec{G} i \vec{F} i njihov zbroj \vec{F}_R uočit ćemo pravokutan trokut. Iz slike izlazi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{G} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{B \cdot I \cdot l}{m \cdot g} \Rightarrow \alpha = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{B \cdot I \cdot l}{m \cdot g} \right) \Rightarrow \alpha = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{0.25 \text{ T} \cdot 2 \text{ A} \cdot 0.2 \text{ m}}{0.01 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

Vježba 179

O dvije tanke niti ovješeno je vodič mase 20 g i duljine 20 cm. Vodič stoji horizontalno u vertikalnom magnetnom polju indukcije 0.5 T. Za koliki kut od vertikale će se otkloniti niti o koje je ovješeno vodič kada kroz njega proteče struja jakosti 2 A? Za akceleraciju sile teže uzmite 10 m/s^2 .

Rezultat: 45° .

Zadatak 180 (Marija, srednja škola)

U homogenom magnetnom polju magnetne indukcije $B = 0.1 \text{ T}$ nalazi se ravan bakreni vodič promjera 1.2 mm pod kutom 45° prema silnicama. Kolika mora biti struja kroz vodič da bi magnetna sila bila jednaka sili teži? (gustoća bakra $\rho = 8900 \text{ kg/m}^3$, ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

Rješenje 180

$B = 0.1 \text{ T}$, $d = 1.2 \text{ mm} = 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $\alpha = 45^\circ$, $\rho = 8900 \text{ kg/m}^3$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$,
 $I = ?$

Ploština kruga promjera d :

$$S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

Obujam valjka

Uspravni i kosi valjak promjera osnovke (baze) d i visine v imaju jednake obujmove. Taj obujam iznosi:

$$V = S \cdot v \Rightarrow V = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot v$$

Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz omjera (količnika) mase tijela i njegova obujma:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V.$$

Sila (**Amperova sila**) kojom magnetno polje djeluje na vodič duljine l strujom jakosti I može se odrediti iz izraza

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha,$$

gdje je α kut između smjera magnetnog polja i smjera struje, a B magnetna indukcija.

Silu kojom Zemlja privlači sva tijela nazivamo silom težom. Pod djelovanjem sile teže sva tijela padaju na Zemlju ili pritišću na njezinu površinu. Akceleracija kojom tijela padaju na Zemlju naziva se akceleracijom slobodnog pada. Prema drugom Newtonovu poučku

$$G = m \cdot g,$$

gdje je G sila teža, m masa tijela i g akceleracija slobodnog pada koja je za sva tijela na istome mjestu na Zemlji jednaka.

Budući da magnetna sila mora po iznosu biti jednaka sili teži, slijedi:

$$\begin{aligned} F = G &\Rightarrow B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha = m \cdot g \Rightarrow B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha = \rho \cdot V \cdot g \Rightarrow \\ &\Rightarrow B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha = \rho \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot l \cdot g \Rightarrow B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha = \rho \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot l \cdot g \cdot \frac{1}{B \cdot l \cdot \sin \alpha} \Rightarrow \\ &\Rightarrow I = \frac{\rho \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot g}{B \cdot \sin \alpha} \Rightarrow I = \frac{\rho \cdot d^2 \cdot \pi \cdot g}{4 \cdot B \cdot \sin \alpha} = \\ &= \frac{8900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (1.2 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{4 \cdot 0.1 \text{ T} \cdot \sin 45^\circ} = 1.4 \text{ A}. \end{aligned}$$

Vježba 180

U homogenom magnetnom polju magnetne indukcije $B = 0.1 \text{ T}$ nalazi se ravan bakreni vodič polumjera 0.6 mm pod kutom 45° prema silnicama. Kolika mora biti struja kroz vodič da bi magnetna sila bila jednaka sili teži? (gustoća bakra $\rho = 8900 \text{ kg / m}^3$, ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m / s}^2$)

Rezultat: 1.4 A.