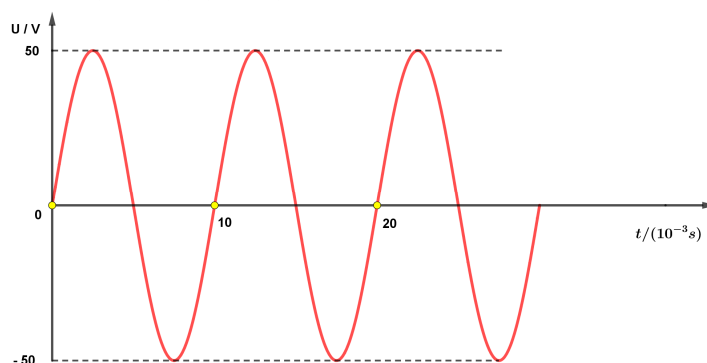


Zadatak 281 (Nata, gimnazija)

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 281

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

Kružna frekvencija ω računa se po formuli

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

gdje je T perioda (vrijeme jednog titraja).

Ukupni otpor u krugu izmjenične struje zovemo impedancija.

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

R je radni ili omski otpor, $R_L = L \cdot \omega$ je induktivni otpor, $R_C = \frac{1}{C \cdot \omega}$ je kapacitivni otpor.

Impedancija

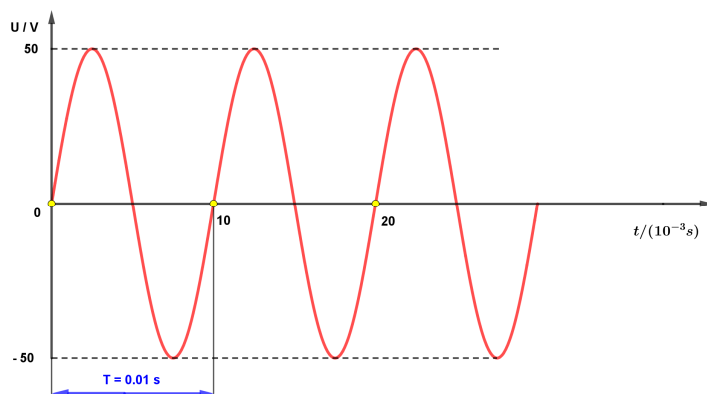
$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$$

bit će najmanja, ako je

$$R_L - R_C = 0 \Rightarrow R_L = R_C.$$

Na crtežu vidi se da je perioda T :

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



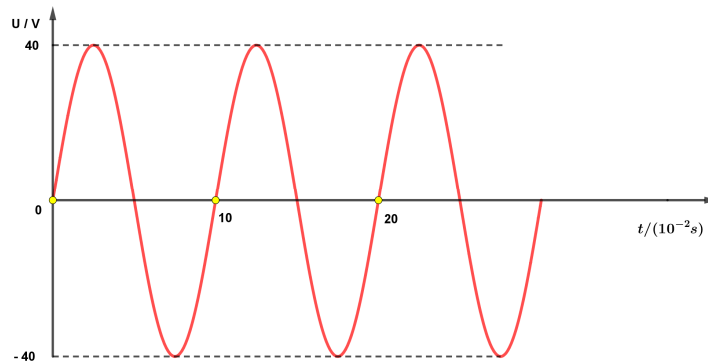
Tada kapacitet C iznosi:

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

$$= \frac{1}{0.5 \text{ H} \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{0.01 \text{ s}}\right)^2} = 5.07 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 5.07 \mu\text{F}.$$

Vježba 281

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: $5.07 \cdot 10^{-4} \text{ F}$.

Zadatak 282 (Maturant, tehnička škola)

Na gradsku mrežu napona 220 V i frekvencije 50 Hz priključen je grijač otpora 880 Ω. Napišite kako se struja kroz grijač mijenja u vremenu.

Rješenje 282

$$U_{ef} = 220 \text{ V}, \quad \nu = 50 \text{ Hz}, \quad R = 880 \Omega, \quad i = ?$$

Kružna frekvencija ω računa se po formuli

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

gdje je ν frekvencija (broj titraja u jedinici vremena, 1 sekundi).

Efektivna vrijednost izmjenične struje je

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow I_0 = I_{ef} \cdot \sqrt{2},$$

gdje je I_0 najveća vrijednost struje.

Ohmov zakon je temeljni zakon elektrotehnike.

Ako je otpor vodiča uz stalnu temperaturu stalan, kažemo da za vodič vrijedi Ohmov zakon

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

gdje je I jakost struje kroz strujni krug u amperima (A), U napon izvora u voltima (V), R ukupan otpor strujnog kruga u omima (Ω).

Sinusoidalna izmjenična struja jest ona kojoj se jakost s vremenom mijenja prema zakonu

$$i = I_0 \cdot \sin(\omega \cdot t).$$

$$\left. \begin{array}{l} I_{ef} = \frac{U_{ef}}{R} \\ I_0 = I_{ef} \cdot \sqrt{2} \end{array} \right\} \Rightarrow I_0 = \frac{U_{ef}}{R} \cdot \sqrt{2} = \frac{220 \text{ V}}{880 \Omega} \cdot \sqrt{2} = 0.35 \text{ A}.$$

Kružna frekvencija iznosi:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu = 2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s} = 314 \frac{\text{rad}}{s}.$$

Struja se mijenja po formuli:

$$i = I_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) = 0.35 \text{ A} \cdot \sin\left(314 \frac{1}{s} \cdot t\right).$$

Vježba 282

Na gradsku mrežu napona 220 V i frekvencije 50 Hz priključen je grijač otpora 440 Ω . Napišite kako se struja kroz grijač mijenja u vremenu.

Rezultat: $0.71 \text{ A} \cdot \sin\left(314 \frac{1}{s} \cdot t\right).$

Zadatak 283 (Maturant, tehnička škola)

Efektivna vrijednost napona gradske mreže je 220 V, a frekvencija 50 Hz. Koliko je puta tijekom 0.06 s trenutna vrijednost napona + 150 V?

Rješenje 283

$$U_{ef} = 220 \text{ V}, \quad \nu = 50 \text{ Hz}, \quad t = 0.06 \text{ s}, \quad U = + 150 \text{ V}, \quad n = ?$$

Efektivna vrijednost izmjeničnog napona je

$$U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_0 = U_{ef} \cdot \sqrt{2},$$

gdje je U_0 najveća vrijednost napona.

Frekvencija ν je fizikalna veličina koja iskazuje broj ponavljanja neke periodične pojave u jedinici vremena. Jednaka je obrnutoj (recipročnoj) vrijednosti trajanja jednog od ponavljajućih događaja, periode T:

$$\nu = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{\nu}.$$

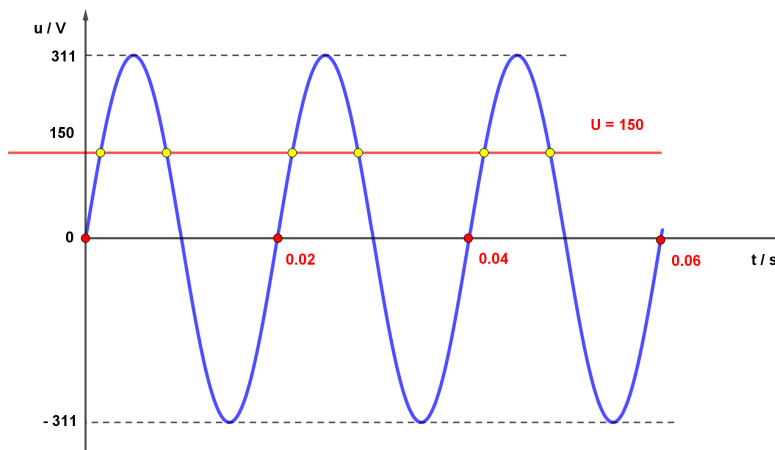
Odredimo periodu T struje.

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{50 \frac{1}{s}} = 0.02 \text{ s}.$$

Odredimo maksimalni napon U_0 .

$$U_0 = U_{ef} \cdot \sqrt{2} = 220 \text{ V} \cdot \sqrt{2} = 311 \text{ V}.$$

Skiciramo u – t graf.



Konstruiramo pravac $U = 150$. On siječe sinusoidu 6 puta u intervalu 0.06 s. Dakle, $n = 6$.

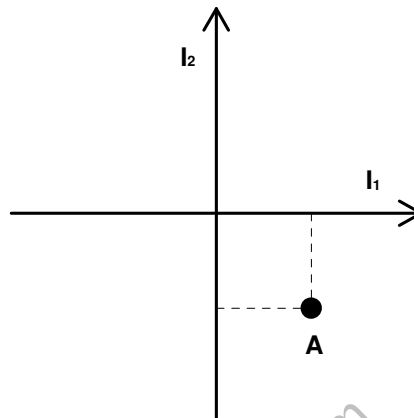
Vježba 283

Efektivna vrijednost napona gradske mreže je 220 V, a frekvencija 50 Hz. Koliko je puta tijekom 0.04 s trenutna vrijednost napona + 120 V?

Rezultat: 4 puta.

Zadatak 284 (Danijel, tehnička škola)

Kroz dva duga ravna vodiča koji se sijeku pod pravim kutom prolaze struje $I_1 = I_2 = 10$ A. Točka A udaljena je 2 cm od svakog vodiča kao što je prikazano na slici. Koliki je iznos magnetskog polja B u točki A? Vodiči i točka A nalaze se u istoj ravnini.



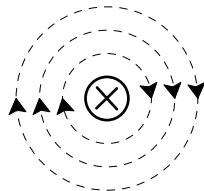
- A. 0 T B. $5 \cdot 10^{-5}$ T C. $1 \cdot 10^{-4}$ T D. $2 \cdot 10^{-4}$ T

Rješenje 284

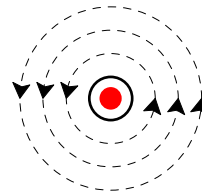
$$I_1 = I_2 = I = 10 \text{ A}, \quad r = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}, \quad \mathbf{B} = ?$$

Magnetsko polje ravnog vodiča kojim teče struja prikazujemo magnetskim silnicama koje imaju oblik koncentričnih kružnica sa središtem u osi vodiča, a leže u ravnini okomitoj na vodič. Smjer polja određen je smjerom tangenta na silnicu u svakoj točki polja. Smjer magnetskog polja određujemo pravilom desne ruke:

Obuhvatimo li žicu kojom prolazi struja dlanom desne ruke tako da palac pokazuje smjer struje, tada će savijeni prsti pokazivati smjer magnetskog polja.



Struja ima smjer od nas
i ulazi u ravninu crtnje.



Struja ima smjer prema nama
i izlazi iz ravnine crtnje

Za ravan je vodič kojim teče struja I magnetska indukcija u sredstvu relativne permeabilnosti μ_r dana izrazom

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r},$$

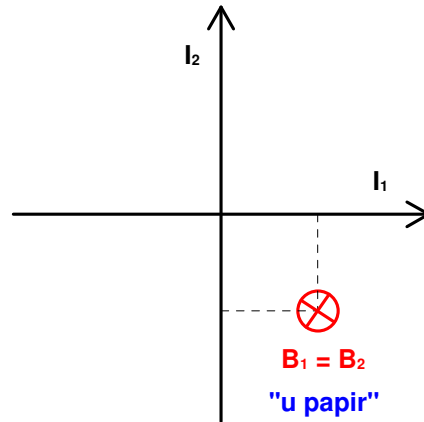
gdje je r udaljenost točke u kojoj mjerimo jakost polja do vodiča, μ_0 permeabilnost vakuumu koja iznosi

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

U vakuumu (ili zraku) vrijedi:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Smjer magnetskog polja u točki A od oba vodiča je u ravninu crtnje.



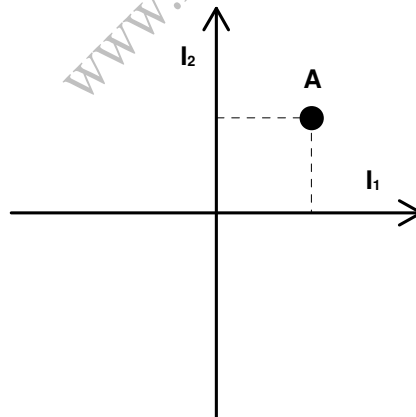
$$B = B_1 + B_2 \Rightarrow [B_1 = B_2] \Rightarrow B = 2 \cdot B_1 \Rightarrow B = 2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} =$$

$$= 2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \cdot \frac{10 A}{2 \cdot \pi \cdot 0.02 m} = 2 \cdot 10^{-4} T.$$

Odgovor je pod D.

Vježba 284

Kroz dva duga ravna vodiča koji se sijeku pod pravim kutom prolaze struje $I_1 = I_2 = 10 A$. Točka A udaljena je 2 cm od svakog vodiča kao što je prikazano na slici. Koliki je iznos magnetskog polja B u točki A? Vodiči i točka A nalaze se u istoj ravnini.

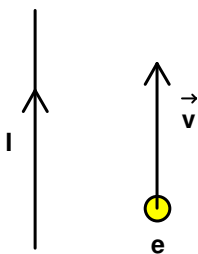


- A. 0 T B. $5 \cdot 10^{-5} T$ C. $1 \cdot 10^{-4} T$ D. $2 \cdot 10^{-4} T$

Rezultat: A.

Zadatak 285 (Vesna, medicinska škola)

Elektron se giba brzinom $5 \cdot 10^6 m/s$ paralelno s ravnim vodičem kroz koji prolazi električna struja jakosti 2 A. Smjer struje i smjer brzine elektrona prikazani su na slici. Koliko silom vodič djeluje na elektron, ako su oni udaljeni 3 cm? (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} C$)



Rješenje 285

$$v = 5 \cdot 10^6 \text{ m/s}, \quad I = 2 \text{ A}, \quad r = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad F = ?$$

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. Ako su smjerovi magnetnog polja i gibanja čestice međusobno okomiti, tada je:

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

Za ravan je vodič kojim teče struja I magnetska indukcija u sredstvu relativne permeabilnosti μ_r dana izrazom

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r},$$

gdje je r udaljenost točke u kojoj mjerimo jakost polja do vodiča, μ_0 permeabilnost vakuuma koja iznosi

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

U vakuumu (ili zraku) vrijedi:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}.$$

$$\left. \begin{array}{l} B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \\ F = B \cdot Q \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow F = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot e \cdot v =$$

$$= 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}} \cdot \frac{2 \text{ A}}{2 \cdot \pi \cdot 0.03 \text{ m}} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 5 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1.07 \cdot 10^{-17} \text{ N}.$$

Vježba 285

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 286 (Maturant, obrtnička škola)

Na prsten od neferomagnetskog materijala unutarnjeg polumjera 10 cm, a vanjskog 14 cm namotano je 2400 zavoja kojima teče struja jakosti 3 A. Kolika je magnetska indukcija u tom prstenu?

A. 1.2 T B. 0.12 T C. 0.012 T D. 12 T

Rješenje 286

$$r = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad R = 14 \text{ cm} = 0.14 \text{ m}, \quad N = 2400, \quad I = 3 \text{ A}, \quad B = ?$$

Aritmetička sredina A brojeva a i b definirana je izrazom

$$A = \frac{a+b}{2}.$$

Opseg kružnice polumjera r iznosi:

$$O = 2 \cdot r \cdot \pi.$$

Neka je zavojnica vrlo dugačka i ima N navoja na duljini l . Magnetsko polje B unutar zavojnice u vakuumu može se izraziti jednačinom:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l},$$

gdje je N broj navoja zavojnice, l duljina zavojnice, I jakost električne struje koja prolazi zavojnicom, μ_0 permeabilnost praznine (vakuuma).

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

Duljina zavojnice (srednji opseg zavojnice) iznosi:

$$l = \frac{2 \cdot r \cdot \pi + 2 \cdot R \cdot \pi}{2} \Rightarrow l = 2 \cdot \frac{r+R}{2} \cdot \pi \Rightarrow l = (r+R) \cdot \pi.$$

Magnetska indukcija je:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} \Rightarrow B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{(r+R) \cdot \pi} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \cdot \frac{2400 \cdot 3 A}{(0.1 m + 0.14 m) \cdot \pi} = 0.012 T.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 286

Na prsten od neferomagnetskog materijala unutarnjeg polumjera 10 cm, a vanjskog 14 cm namotano je 1200 zavoja kojima teče struja jakosti 6 A. Kolika je magnetska indukcija u tom prstenu?

- A. 0.012 T B. 0.15 T C. 0.2 T D. 1.2 T

Rezultat: A.

Zadatak 287 (Tonka, strukovna škola)

Alfa – čestica mase $6.68 \cdot 10^{-27}$ kg i naboja $+2 \cdot e$ ima energiju 2 keV i ulijeće u magnetsko polje indukcije 0.2 T okomito na smjer silnica polja. Koliki je polumjer staze koju opisuju alfa – čestica u tome polju? (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C)

Rješenje 287

$$m = 6.68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad q = 2 \cdot e = 2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 3.204 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad E_k = 2 \text{ keV} = 2 \cdot 10^3 \text{ eV} = 2 \cdot 10^3 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3.204 \cdot 10^{-16} \text{ J}, \quad B = 0.2 \text{ T}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad r = ?$$

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju

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

Da bi se tijelo mase m gibalo po kružnici polumjera r , potrebno je da na nj djeluje centripetalna sila koja ima smjer prema središtu kružnice

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

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. Ako su smjerovi magnetnog polja i gibanja čestice međusobno okomiti, tada je:

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

Elektronvolt (eV) je jedinica za energiju. Energiju 1 eV dobije čestica nabijena istim električnim nabojem kao što ga ima elektron ($1.602 \cdot 10^{-19}$ C) kad prođe električnim poljem razlike potencijala 1 V:

$$eV = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Alfa – čestica gibat će se po kružnoj stazi jer Lorentzova sila F stalno djeluje prema središtu kružnice.

Zbog toga što je sila okomita na brzinu, ona će joj mijenjati samo smjer, a ne i vrijednost. Alfa – čestica će se jednoliko gibati po kružnici. To je, dakle, centripetalna sila, koja uzrokuje kruženje čestice.

$$F = F_{CP} \Rightarrow B \cdot q \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow B \cdot q \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} / \cdot \frac{r}{B \cdot q \cdot v} \Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{B \cdot q}$$

Računamo polumjer staze r.

$$\left. \begin{array}{l} v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}} \\ r = \frac{m \cdot v}{B \cdot q} \end{array} \right\} \Rightarrow r = \frac{m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}}}{B \cdot q} \Rightarrow r = \frac{\sqrt{m^2 \cdot \frac{2 \cdot E_k}{m}}}{B \cdot q} \Rightarrow r = \frac{\sqrt{m^2 \cdot \frac{2 \cdot E_k}{m}}}{B \cdot q} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r = \frac{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}}{B \cdot q} = \frac{\sqrt{2 \cdot 6.68 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 3.204 \cdot 10^{-16} \text{ J}}}{0.2 \text{ T} \cdot 3.204 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 0.032 \text{ m} = 3.2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Vježba 287

Alfa – čestica mase $6.68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ i naboja $+2 \cdot e$ ima energiju 8 keV i ulijeće u magnetsko polje indukcije 0.4 T okomito na smjer silnica polja. Koliki je polumjer staze koju opisuju alfa – čestica u tome polju? (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rezultat: $3.2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

Zadatak 288 (NiNa, maturantica)

Elektron i proton ulijeću jedan za drugim u homogeno magnetsko polje okomito na smjer polja indukcije 30 mT. Početne brzine elektrona i protona iznose 10^5 m/s . Elektron i proton izlaze iz polja nakon što svaki od njih opiše pola kružnice. Koliki je razmak između točaka u kojima su elektron i proton napustili polje? (masa elektrona $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, masa protona $m_p = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, naboj elektrona (protona) $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rješenje 288

$$\alpha = 90^\circ, \quad B = 30 \text{ mT} = 0.03 \text{ T}, \quad v = 10^5 \text{ m/s}, \quad m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg},$$

$$m_p = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad d = ?$$

Da bi se tijelo mase m gibalo po kružnici polumjera r, potrebno je da na nj djeluje centripetalna sila koja ima smjer prema središtu kružnice

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

Lorentzova sila

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

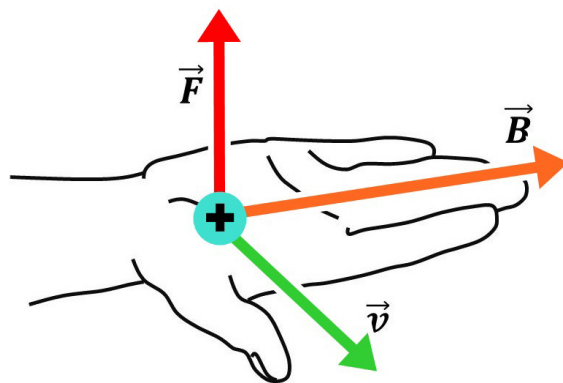
$$F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha,$$

gdje je α kut između smjera magnetnog polja i smjera gibanja čestice. Ako su smjerovi magnetnog polja i gibanja čestice međusobno okomiti, tada je:

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

Nabijena čestica gibat će se po kružnoj stazi jer Lorentzova sila F stalno djeluje prema središtu kružnice. Zbog toga što je sila okomita na brzinu, ona će joj mijenjati samo smjer, a ne i vrijednost. Nabijena čestica će se jednoliko gibati po kružnici. To je, dakle, centripetalna sila, koja uzrokuje kruženje čestice.

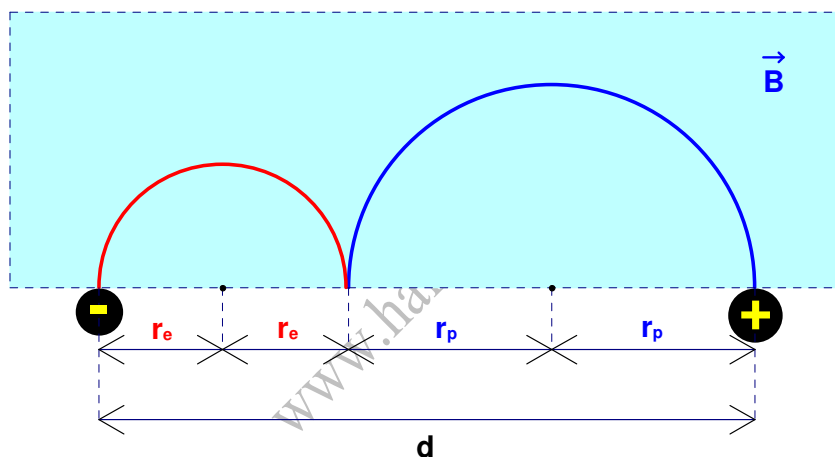
$$F = F_{CP} \Rightarrow B \cdot q \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow B \cdot q \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} / \cdot \frac{r}{B \cdot q \cdot v} \Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{B \cdot q}$$



Pravilo desne ruke za smjer djelovanja Lorentzove sile:

- ispruženi prsti pokazuju smjer magnetskih silnica
- palac pokazuje smjer brzine
- smjer vektora sile kojom magnetsko polje djeluje na **pozitivno** (**negativno**) nabijenu česticu okomito **izlazi iz dlana** (**ulazi u dlan**).

Staze elektrona i protona koji se brzinom v gibaju okomito na smjer magnetskog polja indukcije B .



$$d = 2 \cdot r_e + 2 \cdot r_p \Rightarrow d = 2 \cdot (r_e + r_p) \Rightarrow d = 2 \cdot \left(\frac{m_e \cdot v}{B \cdot q} + \frac{m_p \cdot v}{B \cdot q} \right) \Rightarrow d = \frac{2 \cdot v}{B \cdot q} \cdot (m_e + m_p) =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^5 \frac{m}{s}}{0.03 T \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} C} \cdot (9.11 \cdot 10^{-31} kg + 1.6726 \cdot 10^{-27} kg) = 0.0696 m = 6.96 cm.$$

Vježba 288

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 289 (Tomislav, tehnička škola)

Kolika struja teče primarnim krugom idealnog transformatora koji smanjuje izmjenični napon sa 220 V na 110 V, ako se u sekundarnom krugu nalazi radni otpornik od 110 Ω ?

- A. 2 A B. 3 A C. 4 A D. 0.5 A E. 1 A

Rješenje 289

$$U_1 = 220 V, \quad U_2 = 110 V, \quad R = 110 \Omega, \quad I_1 = ?$$

Ohmov zakon je temeljni zakon elektrotehnike.

Ako je otpor vodiča uz stalnu temperaturu stalan, kažemo da za vodič vrijedi Ohmov zakon

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

gdje je I jakost struje kroz strujni krug u amperima (A), U napon izvora u voltima (V), R ukupan otpor strujnog kruga u omima (Ω).

Za transformatore bez gubitaka vrijedi

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2},$$

gdje su U_1 , I_1 , N_1 i U_2 , I_2 , N_2 napon, jakost struje i broj zavoja u primarnoj odnosno sekundarnoj zavojnici.

$$\left. \begin{array}{l} \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \\ I_2 = \frac{U_2}{R_2} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \\ I_2 = \frac{U_2}{R_2} \end{array} \right\} \Rightarrow U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot \frac{U_2}{R_2} \Rightarrow U_1 \cdot I_1 = \frac{U_2^2}{R_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_1 \cdot I_1 = \frac{U_2^2}{R_2} \cdot \frac{1}{U_1} \Rightarrow I_1 = \frac{U_2^2}{R_2 \cdot U_1} = \frac{(110 \text{ V})^2}{110 \Omega \cdot 220 \text{ V}} = 0.5 \text{ A}.$$

Odgovor je pod D.

Vježba 289

Kolika struja teče primarnim krugom idealnog transformatora koji smanjuje izmjenični napon sa 220 V na 110 V, ako se u sekundarnom krugu nalazi radni otpornik od 55 Ω ?

- A. 2 A B. 3 A C. 4 A D. 0.5 A E. 1 A

Rezultat: E.

Zadatak 290 (Ivan, tehnička škola)

Na valjak od neferomagnetskog materijala, polumjera 2.5 cm namotano je 400 zavoja žice. Magnetsko polje usporedno je osi zavojnice i promijeni se zakretanjem valjka za 90° oko osi okomite na uzdužnu os zavojnice sa 0.12 T na 0 T u vremenu 0.6 s. Odredi inducirani napon.

- A. 0.241 V B. 1.314 V C. 0.117 V D. 0.157 V

Rješenje 290

$r = 2.5 \text{ cm} = 0.025 \text{ m}$, $N = 400$, $\alpha = 90^\circ$, $B_2 = 0.12 \text{ T}$, $B_1 = 0 \text{ T}$, $\Delta t = 0.6 \text{ s}$,
 $U_i = ?$

Napon koji se inducira u zavojnici s N zavoja razmjeran je brzini promjene magnetskog toka:

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

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

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

Površina kruga polumjera r računa se po formuli

$$S = r^2 \cdot \pi.$$

Tok homogenoga magnetskog polja kroz ravnu površinu S kad silnice prolaze **okomito** ($\alpha = 90^\circ$) na površinu S jednak je

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

Tok polja je

$$\Phi = B \cdot S,$$

gdje se površina S kojom prolazi tok ne mijenja. Prema tome je

$$\Delta\Phi = \Delta(B \cdot S) \Rightarrow \Delta\Phi = \Delta B \cdot S \Rightarrow \Delta\Phi = (B_2 - B_1) \cdot r^2 \cdot \pi.$$

Sada je:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\Phi &= (B_2 - B_1) \cdot r^2 \cdot \pi \\ U_i &= N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_i = N \cdot \frac{(B_2 - B_1) \cdot r^2 \cdot \pi}{\Delta t} =$$

$$= 400 \cdot \frac{(0.12 \text{ T} - 0 \text{ T}) \cdot (0.025 \text{ m})^2 \cdot \pi}{0.6 \text{ s}} = 0.157 \text{ V}.$$

Odgovor je pod D.

Vježba 290

Na valjak od neferomagnetskog materijala, polumjera 25 mm namotano je 400 zavoja žice. Magnetsko polje usporedno je osi zavojnice i promijeni se zakretanjem valjka za 90° oko osi okomite na uzdužnu os zavojnice sa 0.13 T na 0.01 T u vremenu 0.6 s. Odredi inducirani napon.

- A. 0.241 V B. 1.314 V C. 0.117 V D. 0.157 V

Rezultat: D.

Zadatak 291 (Maturant, strukovna škola)

Proton uleti u homogeno magnetno polje brzinom usmjerenom kao i polje. Kako će se gibati proton?

- A. pravocrtno, stalnom brzinom B. pravocrtno, brzinom koja se povećava
C. kružno, stalnom brzinom D. kružno, brzinom koja se povećava

Rješenje 291

$$\alpha = 0, \quad F = ?$$

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.

Prvi Newtonov poučak

Ako na tijelo ne djeluje nikakva sila ili je rezultanta svih sila jednaka nuli, tijelo miruje ili se giba jednoliko po pravcu. Zato kažemo da je tijelo tromo.

Budući da su smjerovi brzine i polja usporedni, kut između njih jednak je nuli.

$$F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha \Rightarrow [\sin 0 = 0] \Rightarrow F = B \cdot Q \cdot v \cdot 0 \Rightarrow F = 0 \text{ N}.$$

Dakle, sila koja djeluje na vodič jednaka je nuli. Prema prvom Newtonovu poučku proton se giba jednoliko pravocrtno.

Odgovor je pod A.

Vježba 291

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 292 (Dado, tehnička škola)

Izmjenična struja i koja prolazi otpornikom otpora 5Ω zadana je jednadžbom

$$i = 40 \cdot \sin\left(377 \cdot t + \frac{\pi}{6}\right). \text{ Sve veličine su dane u SI sustavu jedinica.}$$

a) Napišite izraz za pad napona na otporniku.

b) Kolika je frekvencija f struje?

Rješenje 292

$$R = 5 \Omega, \quad i = 40 \cdot \sin\left(377 \cdot t + \frac{\pi}{6}\right), \quad u = ?, \quad f = ?$$

Ohmov zakon je temeljni zakon elektrotehnike.

Ako je otpor vodiča uz stalnu temperaturu stalan, kažemo da za vodič vrijedi Ohmov zakon

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow U = I \cdot R - \text{pad napona},$$

gdje je I jakost struje kroz strujni krug u amperima (A), U napon izvora u voltima (V), R ukupan otpor strujnog kruga u omima (Ω).

Izmjenični napon, odnosno struja s vremenom se mijenjaju prema zakonima

$$u = U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad i = I_0 \cdot \sin(\omega \cdot t),$$

gdje je U_0 najveća vrijednost napona, I_0 najveća vrijednost struje, t vrijeme, $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ kružna frekvencija, f frekvencija.

Ovisno o vrsti izvora i trošila u izmjeničnom strujnom krugu izmjenične električne veličine napona u i struja imaju i početni fazni pomak, odnosno početnu fazu φ .

$$u = U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi), \quad i = I_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi).$$

$$\left. \begin{array}{l} i = I_0 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi) \\ i = 40 \cdot \sin\left(377 \cdot t + \frac{\pi}{6}\right) \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} i = I_0 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi) \\ i = 40 \cdot \sin\left(377 \cdot t + \frac{\pi}{6}\right) \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} I_0 = 40 \\ 2 \cdot \pi \cdot f = 377 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{U_0}{R} = 40 \\ 2 \cdot \pi \cdot f = 377 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{U_0}{R} = 40 \cdot R \\ f = \frac{377}{2 \cdot \pi} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} U_0 = 40 \cdot R \\ f = 60 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} U_0 = 40 \cdot 5 \\ f = 60 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} U_0 = 200 \text{ V} \\ f = 60 \text{ Hz} \end{array} \right\}.$$

Izraz za pad napona glasi

$$u = 200 \cdot \sin\left(377 \cdot t + \frac{\pi}{6}\right).$$

Frekvencija struje je

$$f = 60 \text{ Hz}.$$

Vježba 292

Izmjenična struja i koja prolazi otpornikom otpora 6Ω zadana je jednadžbom

$$i = 50 \cdot \sin\left(377 \cdot t + \frac{\pi}{6}\right). \text{ Sve veličine su dane u SI sustavu jedinica.}$$

a) Napišite izraz za pad napona na otporniku.

b) Kolika je frekvencija f struje?

Rezultat: $u = 300 \cdot \sin\left(377 \cdot t + \frac{\pi}{6}\right), \quad f = 60 \text{ Hz}.$

Zadatak 293 (Ivan, tehnička škola)

Kada se ravni vodič giba okomito na silnice homogenog magnetskog polja brzinom 10 m/s na njegovim se krajevima inducira napon od 20 V . Koliki se napon inducira na tom vodiču kada se on u istome magnetskom polju giba duž silnica brzinom 15 m/s ?

- A. 0 V B. 25 V C. 30 V D. 35 V

Rješenje 293

$$\alpha_1 = 90^\circ, \quad v_1 = 10 \text{ m/s}, \quad U_1 = 20 \text{ V}, \quad \alpha_2 = 0^\circ, \quad v_2 = 15 \text{ m/s}, \quad U_2 = ?$$

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

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

Budući da se vodič giba duž silnica homogenog magnetskog polja, kut između smjera magnetskog polja i smjera brzine jednak je nuli.

$$U_2 = B \cdot l \cdot v_2 \cdot \sin \alpha_2 \Rightarrow [\alpha_2 = 0^\circ] \Rightarrow U_2 = B \cdot l \cdot v_2 \cdot \sin 0^\circ \Rightarrow [\sin 0^\circ = 0] \Rightarrow \\ \Rightarrow U_2 = B \cdot l \cdot v_2 \cdot 0 \Rightarrow U_2 = 0 \text{ V}.$$

Inducirani napon jednak je nuli.

Odgovor je pod A.

Vježba 293

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 294 (Rex, gimnazija)

Vodič duljine 2 m presavijemo napola i krajeve spojimo zajedno. Zatim ga rastegnemo u kvadrat, tako da ravnina kvadrata bude okomita na vodoravnu komponentu Zemljina magnetskog polja indukcije $2 \cdot 10^{-5}$ T. Kolika će se količina naboja inducirati u vodiču dok ga rastežemo, ako je njegov otpor 1Ω ?

Rješenje 294

$$N = 1, \quad l = 2 \text{ m}, \quad B = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}, \quad R = 1 \Omega, \quad \Delta Q = ?$$

Napon koji se inducira u zavojnici s N zavoja razmjeran je brzini promjene magnetskog toka:

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

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

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

Ohmov zakon je temeljni zakon elektrotehnike.

Ako je otpor vodiča uz stalnu temperaturu stalan, kažemo da za vodič vrijedi Ohmov zakon

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow U = I \cdot R - \text{pad napona},$$

gdje je I jakost struje kroz strujni krug u amperima (A), U napon izvora u voltima (V), R ukupan otpor strujnog kruga u omima (Ω).

Jakost električne struje I količnik je električnog naboja ΔQ i vremenskog intervala Δt u kojemu taj naboj prođe određenim presjekom vodiča.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta Q = I \cdot \Delta t.$$

Ploština kvadrata duljine stranice a računa se po formuli

$$S = a^2.$$

Tok homogenoga magnetskog polja kroz ravnu površinu S kad silnice prolaze **okomito** ($\alpha = 90^\circ$) na površinu S jednak je

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

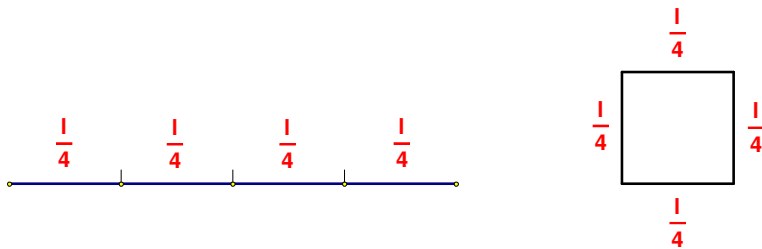
Ako se površina S mijenja tok polja dan je formulom

$$\Delta \Phi = \Delta (B \cdot S) \Rightarrow \Delta \Phi = B \cdot \Delta S.$$

$$\Delta Q = I \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta Q = \frac{U_i}{R} \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta Q = \frac{N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}}{R} \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta Q = \frac{N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}}{\frac{1}{1}} \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta Q = \frac{N \cdot \frac{\Delta \Phi}{1}}{\frac{1}{1}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta Q = \frac{N \cdot \Delta \Phi}{R} \Rightarrow \Delta Q = \frac{N \cdot B \cdot \Delta S}{R} \Rightarrow \Delta Q = \frac{N \cdot B \cdot \left(\frac{l}{4}\right)^2}{R} \Rightarrow \Delta Q = \frac{N \cdot B \cdot \frac{l^2}{16}}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta Q = \frac{N \cdot B \cdot \frac{l^2}{16}}{\frac{1}{1}} \Rightarrow \Delta Q = \frac{N \cdot B \cdot l^2}{16 \cdot R} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot (2 \text{ m})^2}{16 \cdot 1 \Omega} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C.}$$



Vježba 294

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 295 (Nina, gimnazija)

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

Rješenje 295

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

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. Ako su smjerovi magnetnog polja i gibanja čestice međusobno okomiti, tada je:

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

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

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

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

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

$$\left. \begin{array}{l} F_L = B \cdot Q \cdot v \\ U_i = B \cdot l \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} F_L = B \cdot e \cdot v \\ U_i = B \cdot l \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{F_L}{U_i} = \frac{B \cdot e \cdot v}{B \cdot l \cdot v} \Rightarrow \frac{F_L}{U_i} = \frac{B \cdot e \cdot v}{B \cdot l \cdot v} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F_L}{U_i} = \frac{e}{l} \Rightarrow \frac{F_L}{U_i} = \frac{e}{l} \cdot U_i \Rightarrow F_L = \frac{e}{l} \cdot U_i = \frac{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{1 \text{ m}} \cdot 4 \cdot 10^{-5} \text{ V} = 6.41 \cdot 10^{-24} \text{ N.}$$

Vježba 295

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

Rezultat: $6.41 \cdot 10^{-24}$ N.

Zadatak 296 (Nina, gimnazija)

Kada se jakost struje kroz zavojnicu, koja ima 1000 namotaja, jednoliko poveća od 3 A do 9 A magnetski tok kroz nju se promijeni od $2 \cdot 10^{-3}$ Wb do $20 \cdot 10^{-3}$ Wb tijekom 3 s. Koliki je inducirani napon i koliki je induktivitet zavojnice?

Rješenje 296

$$N = 1000, \quad I_1 = 3 \text{ A}, \quad I_2 = 9 \text{ A}, \quad \Phi_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}, \quad \Phi_2 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}, \\ \Delta t = 3 \text{ s}, \quad U_i = ?, \quad L = ?$$

Napon koji se inducira u zavojnici s N zavoja razmjeran je brzini promjene magnetskog toka:

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

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

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

Inducirani napon samoindukcije razmjeran je s brzinom promjene jakosti struje:

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

gdje je L induktivitet zavojnice koja ovisi o njezinu obliku, veličini te svojstvu sredstva koje je ispunjava. Znak minus u tom izrazu možemo izostaviti jer nas zanima samo veličina napona, a ne njegov smjer.

Računamo U_i .

$$U_i = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow U_i = N \cdot \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = 1000 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ Wb} - 2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}}{3 \text{ s}} = 6 \text{ V}.$$

Računamo L.

$$U_i = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = U_i \Rightarrow L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = U_i \cdot \frac{\Delta t}{\Delta I} \Rightarrow L = \frac{U_i \cdot \Delta t}{\Delta I} \Rightarrow L = \frac{U_i \cdot \Delta t}{I_2 - I_1} \\ = \frac{6 \text{ V} \cdot 3 \text{ s}}{9 \text{ A} - 3 \text{ A}} = 3 \text{ H}.$$

Vježba 296

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 297 (Nina, gimnazija)

Metalna šipka duljine 2 m pada paralelno tlu s vrha zgrade visoke 30 m. Koliki se napon inducira između krajeva šipke, ako je vodoravna komponenta Zemljina magnetskog polja $2 \cdot 10^{-5}$ T? (ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

Rješenje 297

$$l = 2 \text{ m}, \quad h = 30 \text{ m}, \quad B = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2, \quad U_i = ?$$

Ako se u magnetskom polju magnetske indukcije B giba vodič duljine l brzinom v, kojega smjer čini kut α s vektorom magnetske indukcije, onda se iznos induciraniog napona može odrediti izrazom

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

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

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

Slobodni pad je jednoliko ubrzano pravocrtno gibanje sa početnom brzinom $v_0 = 0$ m/s i konstantnom akceleracijom $a = g = 9.81$ m/s². Za slobodni pad vrijedi izraz:

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h},$$

gdje je h visina pada, v brzina.

Budući da su smjer brzine i magnetskog polja međusobno okomiti, slijedi:

$$\left. \begin{array}{l} v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \\ U_i = B \cdot l \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow U_i = B \cdot l \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot 2 \text{ m} \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 30 \text{ m}} = 9.7 \cdot 10^{-4} \text{ V}.$$

Vježba 297

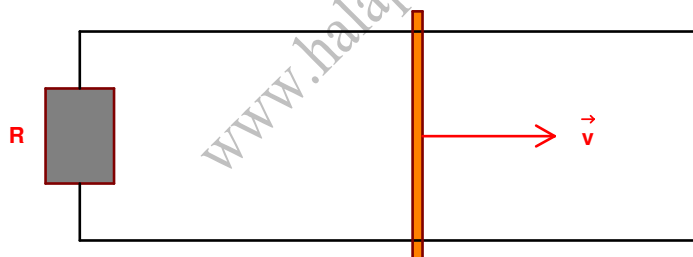
Metalna šipka duljine 1 m pada paralelno tlu s vrha zgrade visoke 30 m. Koliki se napon inducira između krajeva šipke, ako je vodoravna komponenta Zemljina magnetskog polja $4 \cdot 10^{-5}$ T? (ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81$ m/s²)

Rezultat: $9.7 \cdot 10^{-4}$ V.

Zadatak 298 (Hertz, veleučilište)

Ravni vodič dugačak 60 cm, otpora 0.1Ω , giba se brzinom 3 m/s u homogenom magnetskom polju od 1.5 T. Vodič, brzina i magnetska indukcija međusobno su okomiti.

- Koliki je inducirani napon između krajeva vodiča?
- Ako vodič spojimo u strujni krug preko otpora 5Ω (slika), kolika je jakost struje u krugu? Zanimarite otpor vodova.



- Kolika je sila potrebna za izvođenje gibanja, tj. održavanja struje u krugu?
- Kolika se snaga troši u strujnom krugu?
- Koliki rad obavi vanjska sila za 2 s?

Rješenje 298

$$l = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}, \quad R_1 = 0.1 \Omega, \quad v = 3 \text{ m/s}, \quad B = 1.5 \text{ T}, \quad R_2 = 5 \Omega, \quad t = 2 \text{ s},$$

$$U_i = ?, \quad I = ?, \quad F = ?, \quad P = ?, \quad W = ?$$

Ako se u magnetskom polju magnetske indukcije B giba vodič duljine l brzinom v , kojega smjer čini kut α sa vektorom magnetske indukcije, onda se iznos induciranog napona može odrediti izrazom

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

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

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

Ohmov zakon je temeljni zakon elektrotehnike.

Ako je otpor vodiča uz stalnu temperaturu stalan, kažemo da za vodič vrijedi Ohmov zakon

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

gdje je I jakost struje kroz strujni krug u amperima (A), U napon izvora u voltima (V), R ukupan otpor

strujnog kruga u omima (Ω).

Ukupni je otpor od n serijski spojenih vodiča

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n.$$

Ukupni je otpor od 2 serijski spojena vodiča

$$R = R_1 + R_2.$$

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 je $\alpha = 90^\circ$, sila se može odrediti izrazom

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

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga P jednaka je omjeru rada W i vremena t za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P \cdot t.$$

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

$$W = \Delta E.$$

Snaga kojom se u trošilu električna energija pretvara u druge oblike energije je

$$P = U \cdot I, \quad P = I^2 \cdot R, \quad P = \frac{U^2}{R}.$$

Električna energija kojom izvor opskrbljuje strujni krug i koja se pretvara u druge oblike energije u nekom trošilu za vrijeme t jednaka je

$$W = U \cdot I \cdot t, \quad P = I^2 \cdot R \cdot t, \quad P = \frac{U^2}{R} \cdot t,$$

gdje je U napon između krajeva promatranog trošila, R otpor tog trošila, a I jakost struje.

a) Inducirani napon između krajeva vodiča je

$$U_i = B \cdot l \cdot v = 1.5 \text{ T} \cdot 0.6 \text{ m} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2.7 \text{ V}.$$

b) Dva otpornika R_1 i R_2 serijski su spojeni pa je ukupni otpor

$$R = R_1 + R_2.$$

Jakost struje iznosi:

$$I = \frac{U_i}{R} \Rightarrow I = \frac{U_i}{R_1 + R_2} = \frac{2.7 \text{ V}}{0.1 \Omega + 5 \Omega} = 0.53 \text{ A}.$$

c) Sila kojom magnetsko polje djeluje na vodič je

$$F = B \cdot I \cdot l = 1.5 \text{ T} \cdot 0.53 \text{ A} \cdot 0.6 \text{ m} = 0.48 \text{ N}.$$

d) Računamo utrošenu snagu u strujnom krugu. Pokažimo sve mogućnosti!

$P = F \cdot v$	$P = U_i \cdot I$	$P = I^2 \cdot R$	$P = \frac{U_i^2}{R}$
$F = 0.48 \text{ N}, v = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$U_i = 2.7 \text{ V}, I = 0.53 \text{ A}$	$I = 0.53 \text{ A}, R = 5.1 \Omega$	$U_i = 2.7 \text{ V}, R = 5.1 \Omega$
$P = F \cdot v = 0.48 \text{ N} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1.44 \text{ W}$	$P = U_i \cdot I = 2.7 \text{ V} \cdot 0.53 \text{ A} = 1.43 \text{ W}$	$P = I^2 \cdot R = (0.53 \text{ A})^2 \cdot 5.1 \Omega = 1.43 \text{ W}$	$P = \frac{U_i^2}{R} = \frac{(2.7 \text{ V})^2}{5.1 \Omega} = 1.43 \text{ W}$

e) Rad vanjske sile za vrijeme t je

$W = P \cdot t$	$W = U_i \cdot I \cdot t$	$W = I^2 \cdot R \cdot t$	$W = \frac{U_i^2}{R} \cdot t$
$P = 1.43 \text{ W} , t = 2 \text{ s}$	$U_i = 2.7 \text{ V} , I = 0.53 \text{ A}$ $t = 2 \text{ s}$	$I = 0.53 \text{ A} , R = 5.1 \Omega$ $t = 2 \text{ s}$	$U_i = 2.7 \text{ V} , R = 5.1 \Omega$ $t = 2 \text{ s}$
$W = P \cdot t$ $W = 1.43 \text{ W} \cdot 2 \text{ s} =$ $= 2.86 \text{ J}$	$W = U_i \cdot I \cdot t$ $W = 2.7 \text{ V} \cdot 0.53 \text{ A} \cdot 2 \text{ s} =$ $= 2.86 \text{ J}$	$W = I^2 \cdot R \cdot t$ $W = (0.53 \text{ A})^2 \cdot 5.1 \Omega \cdot 2 \text{ s} =$ $= 2.87 \text{ J}$	$W = \frac{U_i^2}{R} \cdot t$ $W = \frac{(2.7 \text{ V})^2}{5.1 \Omega} \cdot 2 \text{ s} =$ $= 2.86 \text{ J}$

Vježba 298

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 299 (Hertz, veleučilište)

Zavojnica ima 1000 zavoja i promjer 5 cm. Smještena je u homogeno magnetsko polje tako da je os zavojnice paralelna silnicama. Krajevi zavojnice spojeni su kondenzatorom kapaciteta 10 μF . Kolika je količina naboja kondenzatora ako se magnetska indukcija jednoliko mijenja brzinom

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 10^{-2} \frac{\text{T}}{\text{s}}?$$

Rješenje 299

$$N = 1000, \quad d = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}, \quad C = 10 \mu\text{F} = 10^{-5} \text{ F}, \quad \frac{\Delta B}{\Delta t} = 10^{-2} \frac{\text{T}}{\text{s}}, \quad Q = ?$$

Napon koji se inducira u zavojnici s N zavoja razmjeran je brzini promjene magnetskog toka:

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

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

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

Ploština kruga promjera d računa se po formuli

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

Tok homogenoga magnetskog polja kroz ravnu površinu S kad silnice prolaze **okomito** ($\alpha = 90^\circ$) na površinu S jednak je

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

Ako se magnetsko polje B mijenja tok polja dan je formulom

$$\Delta \Phi = \Delta (B \cdot S) \Rightarrow \Delta \Phi = \Delta B \cdot S.$$

Naboj kondenzatora je:

$$Q = C \cdot U,$$

gdje je C kapacitet kondenzatora, U napon između ploča.

$$\left. \begin{array}{l} U_i = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ Q = C \cdot U_i \end{array} \right\} \Rightarrow Q = C \cdot N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow Q = C \cdot N \cdot \frac{\Delta (B \cdot S)}{\Delta t} \Rightarrow Q = C \cdot N \cdot \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = C \cdot N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow Q = C \cdot N \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} =$$

$$= 10^{-5} \text{ F} \cdot 1000 \cdot \frac{(0.05 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} \cdot 10^{-2} \frac{\text{T}}{\text{s}} = 1.96 \cdot 10^{-7} \text{ C}.$$

Vježba 299

Zavojnica ima 500 zavoja i promjer 5 cm. Smještena je u homogenu magnetsko polje tako da je os zavojnice paralelna silnicama. Krajevi zavojnice spojeni su kondenzatorom kapaciteta 20 μF . Kolika je količina naboja kondenzatora ako se magnetska indukcija jednoliko mijenja brzinom $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 10^{-2} \frac{\text{T}}{\text{s}}$?

Rezultat: $1.96 \cdot 10^{-7} \text{ C}$.

Zadatak 300 (Lorena, maturantica)

Titrajni krug čine kondenzator kapaciteta 50 pF i zavojnica induktiviteta 0.12 mH. Odredite valnu duljinu na koju je ugođen. ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

A. 168.4 m B. 178.4 m C. 188.4 m D. 198.4 m E. 208.4 m

Rješenje 300

$$C = 50 \text{ pF} = 5 \cdot 10^{-11} \text{ F}, \quad L = 0.12 \text{ mH} = 1.2 \cdot 10^{-4} \text{ H}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad \lambda = ?$$

Titrajni krug čine zavojnica induktiviteta L i kondenzator kapacitivnosti C spojeni paralelno. Vlastita frekvencija titrajnog kruga iznosi:

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

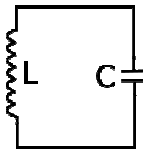
Prema valnoj ili undulatornoj teoriji svjetlo se širi u valovima za koje vrijedi jednadžba

$$\lambda \cdot f = c.$$

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

$$\Rightarrow \lambda = c \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{1.2 \cdot 10^{-4} \text{ H} \cdot 5 \cdot 10^{-11} \text{ F}} = 188.4 \text{ m}.$$

Odgovor je pod C.



Vježba 300

Titrajni krug čine kondenzator kapaciteta 100 pF i zavojnica induktiviteta 0.1 mH. Odredite valnu duljinu na koju je ugođen. ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

A. 168.4 m B. 178.4 m C. 188.4 m D. 198.4 m E. 208.4 m

Rezultat: C.