

Zadatak 221 (Amra, gimnazija)

Bakrena žica, savijena u krug polumjera 7 cm, predstavlja sobnu antenu za prijam UHF valova. Okomito na kružnu površinu dolaze silnice magnetskog polja TV signala, a promjena magnetske indukcije je 0.2 T / s. Odredite elektromotornu silu (inducirani napon) koja se inducira na krajevima antene pri prijemu ovog signala.

Rješenje 221

$$N = 1 \text{ zavoj}, \quad r = 7 \text{ cm} = 0.07 \text{ m}, \quad \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.2 \frac{\text{T}}{\text{s}}, \quad U_i = ?$$

Tok homogenoga magnetskog polja kroz ravnu površinu S kad silnice prolaze okomito na površinu S jednak je

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

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 polja je

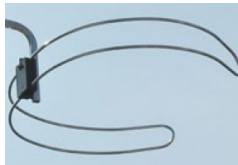
$$\Phi = B \cdot S,$$

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

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

odnosno

$$U_i = N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} N = 1 \\ S = r^2 \cdot \pi \end{array} \right] \Rightarrow U_i = r^2 \cdot \pi \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = (0.07 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 0.2 \frac{\text{T}}{\text{s}} = 0.003 \text{ V} = 3 \text{ mV}.$$



Vježba 221

Bakrena žica, savijena u krug polumjera 70 mm, predstavlja sobnu antenu za prijam UHF valova. Okomito na kružnu površinu dolaze silnice magnetskog polja TV signala, a promjena magnetske indukcije je 0.2 T / s. Odredite elektromotornu silu (inducirani napon) koja se inducira na krajevima antene pri prijemu ovog signala?

Rezultat: 3 mV.

Zadatak 222 (Branko, gimnazija)

Kružni okvir, površine 100 cm², nalazi se u homogenom magnetskom polju magnetske indukcije 1 T. Ravnina okvira okomita je na silnice magnetskog polja. Kolika je srednja vrijednost elektromotorne sile (induciranog napona), ako se jakost magnetskog polja jednoliko smanji na nulu za 0.01 s?

Rješenje 222

$N = 1$ zavoj, $S = 100 \text{ cm}^2 = 0.01 \text{ m}^2$, $B_1 = 1 \text{ T}$, $B_2 = 0 \text{ T}$, $\Delta t = 0.01 \text{ s}$, $U_i = ?$
Tok homogenoga magnetskog polja kroz ravnu površinu S kad silnice prolaze okomito na površinu S

jednak je

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

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.

Tok polja je

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

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

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

odnosno

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

Promjenom toka (zbog promjene B) inducira se u kružnom okviru napon (elektromotorna sila)

$$\begin{aligned} U_i = -N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} &\Rightarrow U_i = -N \cdot S \cdot \frac{B_2 - B_1}{\Delta t} \Rightarrow [N = 1] \Rightarrow U_i = -S \cdot \frac{B_2 - B_1}{\Delta t} = \\ &= -0.01 \text{ m}^2 \cdot \frac{0 \text{ T} - 1 \text{ T}}{0.01 \text{ s}} = 1 \text{ V}. \end{aligned}$$

Vježba 222

Kružni okvir, površine 1 dm^2 , nalazi se u homogenom magnetskom polju magnetske indukcije 1 T . Ravnina okvira okomita je na silnice magnetskog polja. Kolika je srednja vrijednost elektromotorne sile (inducirani napon), ako se jakost magnetskog polja jednoliko smanji na nulu za 0.01 s ?

Rezultat: 1 V.

Zadatak 223 (Rony, gimnazija)

Kružni okvir, polumjera 40 cm , napravljen je od bakrene žice promjera 1 mm . Žica se nalazi u homogenome magnetskom polju čija se indukcija jednoliko smanjuje brzinom 20 mT/s , a silnice magnetskog polja okomite su na okvir.

- Kolika je elektromotorna sila (inducirani napon) u okviru?
- Kolika je jakost struje koja prolazi žicom?
- Kolika je elektromotorna sila (inducirani napon) ako se brzina promjene magnetske indukcije poveća dva puta?
- Što će se dogoditi ako se magnetska indukcija prestane mijenjati? (električna otpornost bakra $\rho = 17 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$)

Rješenje 223

$$r_1 = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}, \quad 2 \cdot r_2 = 1 \text{ mm} \Rightarrow r_2 = 0.5 \text{ mm} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m},$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 20 \frac{\text{mT}}{\text{s}} = 0.02 \frac{\text{T}}{\text{s}}, \quad \rho = 17 \text{ n}\Omega \cdot \text{m} = 1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}, \quad U_1 = ?, \quad I = ?, \quad U_2 = ?, \quad U_3 = ?$$

Tok homogenoga magnetskog polja kroz ravnu površinu S kad silnice prolaze okomito na površinu S jednak je

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

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.

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

Krug je skup svih točaka ravnine kojima je udaljenost od zadane točke S manja ili jednaka zadanom broju $r > 0$ (polumjeru kruga).

Opseg kruga polumjera r iznosi:

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

Ploština kruga polumjera r iznosi:

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

Električni otpor R vodiča ovisi o duljini l vodiča, njegovu presjeku S i električnoj otpornosti ρ :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}.$$

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).

a)

Tok polja je

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

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

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

odnosno

$$U_1 = N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} N=1 \\ S=r_1^2 \cdot \pi \end{array} \right] \Rightarrow U_1 = r_1^2 \cdot \pi \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = (0.4 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 0.02 \frac{\text{T}}{\text{s}} = 0.01 \text{ V} = 10 \text{ mV}.$$

b)

Kružni okvir je bakrena žica čija je duljina l jednaka opsegu okvira polumjera r_1 .

$$\left. \begin{array}{l} l = O \\ O = 2 \cdot r_1 \cdot \pi \end{array} \right\} \Rightarrow l = 2 \cdot r_1 \cdot \pi.$$

Površina S poprečnog presjeka žice jednaka je površini kruga polumjera r_2 .

$$S = r_2^2 \cdot \pi.$$

Struja koja prolazi žicom duljine l i otpora R iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} R = \rho \cdot \frac{l}{S} \\ I = \frac{U_1}{R} \end{array} \right\} \Rightarrow I = \frac{U_1}{\rho \cdot \frac{l}{S}} \Rightarrow I = \frac{U_1 \cdot S}{\rho \cdot l} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} S = r_2^2 \cdot \pi \\ l = 2 \cdot r_1 \cdot \pi \end{array} \right] \Rightarrow I = \frac{U_1 \cdot r_2^2 \cdot \pi}{\rho \cdot 2 \cdot r_1 \cdot \pi} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I = \frac{U_1 \cdot r_2^2 \cdot \pi}{\rho \cdot 2 \cdot r_1 \cdot \pi} \Rightarrow I = \frac{U_1 \cdot r_2^2}{2 \cdot \rho \cdot r_1} = \frac{0.01 \text{ V} \cdot (5 \cdot 10^{-4} \text{ m})^2}{2 \cdot 1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \cdot 0.4 \text{ m}} = 0.18 \text{ A}.$$

c)

Ako se brzina promjene magnetske indukcije poveća dva puta

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.04 \frac{T}{s},$$

inducirani napon (elektromotorna sila) povećat će se dva puta.

$$U_2 = r_1^2 \cdot \pi \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = (0.4 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 0.04 \frac{T}{s} = 0.02 \text{ V} = 20 \text{ mV} \Rightarrow U_2 = 2 \cdot U_1.$$

d)

Kada se magnetska indukcija ne mijenja vrijedi:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 0 \\ U_3 = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \end{array} \right\} \Rightarrow U_3 = 0 \text{ V}.$$

Vježba 223

Kružni okvir, polumjera 4 dm, napravljen je od bakrene žice promjera 0.1 cm. Žica se nalazi u homogenome magnetskom polju čija se indukcija jednoliko smanjuje brzinom 20 mT / s, a silnice magnetskog polja okomite su na okvir.

a) Kolika je elektromotorna sila (inducirani napon) u okviru?

b) Kolika je jakost struje koja prolazi žicom?

(električna otpornost bakra $\rho = 17 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$)

Rezultat: 10 mV, 0.18 A.

Zadatak 224 (Nataša, gimnazija)

Odredi brzinu i energiju elektrona koji u magnetskom polju 0.6 T opisuje stazu okomitu na polje, polumjera 0.5 mm. (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

Rješenje 224

$$B = 0.6 \text{ T}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad r = 0.5 \text{ mm} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \\ m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad v = ?, \quad E_k = ?$$

Da bi se tijelo gibalo po kružnici, 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:

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

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju:

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

Budući da Lorentzova sila, koja djeluje na elektron u magnetskom polju, ima ulogu centripetalne sile, njegovu brzinu možemo naći iz odnosa:

$$F_{cp} = F \Rightarrow m \cdot \frac{v^2}{r} = B \cdot Q \cdot v \Rightarrow m \cdot \frac{v^2}{r} = B \cdot e \cdot v \Rightarrow m \cdot \frac{v^2}{r} = B \cdot e \cdot v \cdot \left/ \cdot \frac{r}{m \cdot v} \right. \Rightarrow \\ \Rightarrow v = \frac{B \cdot e \cdot r}{m} = \frac{0.6 \text{ T} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 5.28 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Energija elektrona iznosi:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \left(5.27 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 = 1.27 \cdot 10^{-15} \text{ J}.$$

Vježba 224

Odredi brzinu i energiju elektrona koji u magnetskom polju 600 mT opisuje stazu okomitu na polje, polumjera 0.5 mm. (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

Rezultat: $5.28 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}, 1.27 \cdot 10^{-15} \text{ J}.$

Zadatak 225 (Ante, srednja škola)

Plosnata zavojnica od 1000 zavoja obuhvaća površinu od 20 cm^2 . Premještena je u vremenu od 0.02 s iz položaja u kome je njezina ravnina okomita na Zemljino magnetsko polje u položaj u kome je ta ravnina usporedna s poljem. Koliko iznosi prosječni napon induciran u zavojnici, ako je magnetska indukcija Zemljina polja $6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$?

- A. 6 mV B. 6 V C. 0.6 V D. 60 V

Rješenje 225

$$N = 1000, \quad S = 20 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2, \quad \Delta t = 0.02 \text{ s}, \quad B = 6 \cdot 10^{-5} \text{ T}, \quad U_i = ?$$

Tok homogenoga magnetskog polja kroz ravnu površinu S kad silnice prolaze okomito na površinu S jednak je

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

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.

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

Napon induciran u zavojnici pojavljuje se kada se mijenja magnetski tok. Budući da je magnetski tok Φ umnožak dvaju faktora B i S, on se mijenja ili promjenom magnetske indukcije B, ili promjenom površine S, ili promjenom jednog i drugog.

U zadatku je magnetska indukcija B konstantna, a mijenja se površina S.

$$\begin{aligned} U_i &= N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow U_i = N \cdot \frac{\Delta(B \cdot S)}{\Delta t} \Rightarrow U_i = N \cdot B \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} = \\ &= 1000 \cdot 6 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}{0.02 \text{ s}} = 0.006 \text{ V} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 6 \text{ mV}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod A.

Vježba 225

Plosnata zavojnica od 2000 zavoja obuhvaća površinu od 20 cm^2 . Premještena je u vremenu od 0.04 s iz položaja u kome je njezina ravnina okomita na Zemljino magnetsko polje u položaj u kome je ta ravnina usporedna s poljem. Koliko iznosi prosječni napon induciran u zavojnici, ako je magnetska indukcija Zemljina polja $6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$?

- A. 6 mV B. 6 V C. 0.6 V D. 60 V

Rezultat: A.

Zadatak 226 (Azra, medicinska škola)

Vodič, savijen u krug promjera 11 cm, predstavlja sobnu antenu za prijam UHF valova. Okomito na kružnu površinu dolaze silnice magnetskog polja TV signala, a promjena magnetske indukcije je 0.13 T / s. Odredite elektromotornu silu (inducirani napon) koja se inducira na krajevima antene pri prijemu ovog signala.

Rješenje 226

$$N = 1 \text{ zavoj}, \quad 2 \cdot r = 11 \text{ cm} \Rightarrow r = 5.5 \text{ cm} = 0.055 \text{ m}, \quad \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.13 \frac{T}{s}, \quad U_i = ?$$

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 na površinu S jednak je

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

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.

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

Napon induciran u zavojnici pojavljuje se kada se mijenja magnetski tok. Budući da je magnetski tok Φ umnožak dvaju faktora B i S, on se mijenja ili promjenom magnetske indukcije B, ili promjenom površine S, ili promjenom jednog i drugog.

U zadatku je površina S konstantna, a mijenja se magnetska indukcija B.

$$\begin{aligned} U_i &= N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow U_i = N \cdot \frac{\Delta(B \cdot S)}{\Delta t} \Rightarrow U_i = N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = \\ \Rightarrow U_i &= N \cdot r^2 \cdot \pi \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = 1 \cdot (0.055 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 0.13 \frac{T}{s} = 1.24 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 1.24 \text{ mV}. \end{aligned}$$



Vježba 226

Vodič, savijen u krug promjera 110 mm, predstavlja sobnu antenu za prijam UHF valova. Okomito na kružnu površinu dolaze silnice magnetskog polja TV signala, a promjena magnetske indukcije je 0.13 T / s. Odredite elektromotornu silu (inducirani napon) koja se inducira na krajevima antene pri prijemu ovog signala.

Rezultat: 1.24 mV.

Zadatak 227 (Amra, gimnazija)

Zavojnica ima 120 zavoja na duljini 25 cm. Kolika je magnetska indukcija u njoj ako njome teče struja 15 A? (apsolutna permeabilnost vakuuma $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ (T} \cdot \text{m) / A}$)

Rješenje 227

$$N = 120, \quad l = 25 \text{ cm} = 0.25 \text{ m}, \quad I = 15 \text{ A}, \quad \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ (T} \cdot \text{m) / A}, \quad B = ?$$

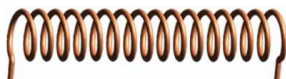
Magnetska indukcija B unutar valjkaste zavojnice duljine l sa N zavoja, u vakuumu, kojom teče struja

I dana je formulom

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

gdje je μ_0 apsolutna permeabilnost vakuuma, N broj zavoja, I jakost struje, l duljina zavojnice.

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \cdot \frac{120 \cdot 15 A}{0.25 m} = 9.05 \cdot 10^{-3} T.$$



Vježba 227

Zavojnica ima 240 zavoja na duljini 50 cm. Kolika je magnetska indukcija u njoj ako njome teče struja 15 A? (apsolutna permeabilnost vakuuma $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} (T \cdot m) / A$)

Rezultat: $9.05 \cdot 10^{-3} T.$

Zadatak 228 (Amra, gimnazija)

Čestica mase $6.64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ i naboja $3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ubrzana je razlikom potencijala 2.45 MV. Tako ubrzana ulijeće u magnetsko polje indukcije 1.6 T. Pod pretpostavkom da je vektor brzine čestice okomit na vektor magnetske indukcije odredite magnetsku silu.

Rješenje 228

$$m = 6.64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad Q = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad U = 2.45 \text{ MV} = 2.45 \cdot 10^6 \text{ V}, \quad B = 1.6 \text{ T},$$

$$\alpha = 90^\circ, \quad F = ?$$

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:

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

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju:

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

Rad pri prijenosu naboja Q u homogenom električnom polju razlike potencijala U možemo naći iz izraza

$$W = Q \cdot U.$$

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.

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

$$\left. \begin{array}{l} W = E_k \\ E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ W = Q \cdot U \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ W = Q \cdot U \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = Q \cdot U \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = Q \cdot U \cdot \frac{2}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot Q \cdot U}{m} \Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot Q \cdot U}{m} \sqrt{\quad} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}}$$

Iz izraza za magnetsku silu dobije se:

$$\left. \begin{array}{l} v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}} \\ F = B \cdot Q \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow F = B \cdot Q \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}} =$$

$$= 1.6 \text{ T} \cdot 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 2.45 \cdot 10^6 \text{ V}}{6.64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}} = 7.87 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

Vježba 228

Čestica mase $13.28 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ i naboja $3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ubrzana je razlikom potencijala 4.90 MV . Tako ubrzana ulijeće u magnetsko polje indukcije 1.6 T . Pod pretpostavkom da je vektor brzine čestice okomit na vektor magnetske indukcije odredite magnetsku silu.

Rezultat: $7.87 \cdot 10^{-12} \text{ N}$.

Zadatak 229 (Dario, tehnička škola)

Vodič u obliku kruga je u ravnini okomitoj na vektor magnetnog polja indukcije 0.75 T . Kao posljedica djelovanja vanjske sile ploština kruga smanjuje se brzinom $7.26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{s}$. Odredite iznos inducirano napona.

Rješenje 229

$$N = 1 \text{ zavoj}, \quad B = 0.75 \text{ T}, \quad \frac{\Delta S}{\Delta t} = 7.26 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}, \quad U_i = ?$$

Tok homogenoga magnetskog polja kroz ravnu površinu S kad silnice prolaze okomito na površinu S jednak je

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

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.

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

Tok polja je

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

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

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

odnosno

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

$$= 1 \cdot 0.75 \text{ T} \cdot 7.26 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 5.45 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 5.45 \text{ mV}.$$

Vježba 229

Vodič u obliku kruga je u ravnini okomitoj na vektor magnetnog polja indukcije 750 mT. Kao posljedica djelovanja vanjske sile ploština kruga smanjuje se brzinom $7.26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{s}$. Odredite iznos inducirano napona.

Rezultat: 5.45 mV.

Zadatak 230 (Martin, srednja škola)

Staza elektronskog snopa u homogenom magnetnom polju $B = 7 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ u vakuumu kružni je luk polumjera 3 cm. Kolika je energija jednog elektrona u tom snopu? (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

Rješenje 230

$B = 7 \cdot 10^{-3} \text{ T}$, $r = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$, $Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$,
 $E_k = ?$

Da bi se tijelo gibalo po kružnici, 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:

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

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju:

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

Budući da Lorentzova sila, koja djeluje na elektron u magnetskom polju, ima ulogu centripetalne sile, njegovu brzinu možemo naći iz odnosa

$$\begin{aligned} F_L = F_{cp} &\Rightarrow Q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow e \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow m \cdot \frac{v^2}{r} = e \cdot v \cdot B \Rightarrow \\ &\Rightarrow m \cdot \frac{v^2}{r} = e \cdot v \cdot B \cdot \frac{r}{m \cdot v} \Rightarrow v = \frac{e \cdot B \cdot r}{m} \end{aligned}$$

pa kinetička energija jednog elektrona u snopu iznosi:

$$\begin{aligned} \left. \begin{aligned} v &= \frac{e \cdot B \cdot r}{m} \\ E_k &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{e \cdot B \cdot r}{m} \right)^2 \Rightarrow E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \frac{(e \cdot B \cdot r)^2}{m^2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \frac{(e \cdot B \cdot r)^2}{m^2} \Rightarrow E_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{(e \cdot B \cdot r)^2}{m} = \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 7 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 0.03 \text{ m})^2}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 6.21 \cdot 10^{-16} \text{ J}. \end{aligned}$$

Vježba 230

Staza elektronskog snopa u homogenom magnetnom polju $B = 7 \text{ mT}$ u vakuumu kružni je luk polumjera 30 mm . Kolika je energija jednog elektrona u tom snopu? (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

Rezultat: $6.21 \cdot 10^{-16} \text{ J}$.

Zadatak 231 (Martin, srednja škola)

U točki A homogenog magnetnog polja ubačena su istodobno dva elektrona okomito na silnice polja. Ako je brzina drugog elektrona dva puta veća od brzine prvog, koji će se elektron prije vratiti u početnu točku A? (m – masa elektrona, e – naboj elektrona, B – magnetna indukcija)

Rješenje 231

$$v_2 = 2 \cdot v_1, \quad m, \quad Q = e, \quad B, \quad T_1 = ?, \quad T_2 = ?$$

Obodna (ili ophodna ili tangencijalna ili linearna) brzina pri jednolikom kruženju je

$$v = \frac{\text{opseg kružne staze}}{\text{perioda kruženja}} = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{v}.$$

Da bi se tijelo gibalo po kružnici, 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:

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

Budući da Lorentzova sila, koja djeluje na elektron u magnetskom polju, ima ulogu centripetalne sile, slijedi:

$$\begin{aligned} F_L = F_{cp} &\Rightarrow Q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow e \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow e \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r} / \frac{r}{e \cdot v \cdot B} \Rightarrow \\ &\Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}. \end{aligned}$$

1. inačica

Znajući polumjer kružnice po kojoj se giba elektron za periodu (vrijeme jednog obilaska) vrijedi:

$$\left. \begin{aligned} r &= \frac{m \cdot v}{e \cdot B} \\ T &= \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{v} \end{aligned} \right\} \Rightarrow T = \frac{2 \cdot \frac{m \cdot v}{e \cdot B} \cdot \pi}{v} \Rightarrow T = \frac{2 \cdot \frac{m \cdot v}{e \cdot B} \cdot \pi}{v} \Rightarrow T = \frac{2 \cdot m \cdot \pi}{e \cdot B}.$$

Vrijeme T ne ovisi o početnoj brzini, elektroni će se vratiti istodobno u početnu točku.

2. inačica

Znajući polumjere kružnica po kojima se gibaju elektroni za periode (vrijeme jednog obilaska) vrijedi:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= \frac{2 \cdot r_1 \cdot \pi}{v_1} \\ T_2 &= \frac{2 \cdot r_2 \cdot \pi}{v_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{\frac{2 \cdot r_1 \cdot \pi}{v_1}}{\frac{2 \cdot r_2 \cdot \pi}{v_2}} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{2 \cdot r_1 \cdot \pi}{v_1} \cdot \frac{v_2}{2 \cdot r_2 \cdot \pi} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{r_1 \cdot v_2}{r_2 \cdot v_1} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} r_1 = \frac{m \cdot v_1}{e \cdot B} \\ r_2 = \frac{m \cdot v_2}{e \cdot B} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{\frac{m \cdot v_1}{e \cdot B} \cdot v_2}{\frac{m \cdot v_2}{e \cdot B} \cdot v_1} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{m \cdot v_1 \cdot v_2}{e \cdot B} \cdot \frac{e \cdot B}{m \cdot v_2 \cdot v_1} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = 1.$$

Elektroni će se vratiti istodobno u početnu točku.

Vježba 231

U točki A homogenog magnetnog polja ubačena su istodobno dva elektrona okomito na silnice polja. Ako je brzina drugog elektrona tri puta veća od brzine prvog, koji će se elektron prije vratiti u početnu točku A? (m – masa elektrona, e – naboj elektrona, B – magnetska indukcija)

Rezultat: Elektroni će se vratiti istodobno u početnu točku.

Zadatak 232 (Zlatko, srednja škola)

Magnetni tok koji primarna zavojnica proizvede u jezgri transformatora iznosi 1 mWb. Ako prilikom prekida jakost struje padne na nulu za 0.02 s, koliko zavoja mora imati sekundarna zavojnica da se u njoj inducira napon od 20 kV?

Rješenje 232

$$\Delta\Phi = 1 \text{ mWb} = 10^{-3} \text{ Wb}, \quad \Delta t = 0.02 \text{ s}, \quad U_i = 20 \text{ kV} = 2 \cdot 10^4 \text{ V}, \quad N = ?$$

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 inducirani 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.

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

$$\begin{aligned} U_i &= N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = U_i \Rightarrow N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = U_i \cdot \frac{\Delta t}{\Delta\Phi} \Rightarrow N = \frac{U_i \cdot \Delta t}{\Delta\Phi} = \\ &= \frac{2 \cdot 10^4 \text{ V} \cdot 0.02 \text{ s}}{10^{-3} \text{ Wb}} = 400000 = 4 \cdot 10^5. \end{aligned}$$

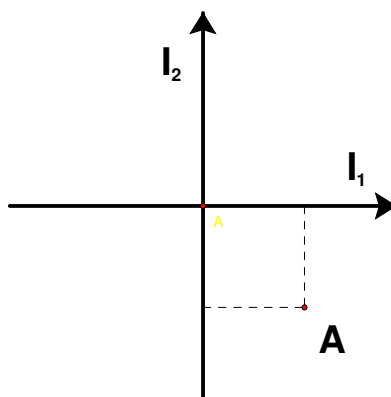
Vježba 232

Magnetni tok koji primarna zavojnica proizvede u jezgri transformatora iznosi 2 mWb. Ako prilikom prekida jakost struje padne na nulu za 0.04 s, koliko zavoja mora imati sekundarna zavojnica da se u njoj inducira napon od 20 kV?

Rezultat: $4 \cdot 10^5$.

Zadatak 233 (Miroslav, gimnazija)

Kroz dva duga ravna vodiča koji se sijeku pod pravim kutom prolaze struje $I_1 = I_2 = 10 \text{ A}$. Točka A udaljena je 2 cm od svakog vodiča kao što je prikazano na slici. Koliki je iznos magnetskoga polja B u točki A? Vodiči i točka A nalaze se u istoj ravnini. (permeabilnost praznine $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$)



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

Rješenje 233

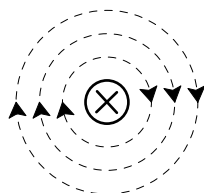
$$I_1 = I_2 = I = 10 \text{ A}, \quad a = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}, \quad B = ?$$

Magnetsko polje na udaljenosti r od vodiča kojim teče struja I dano je formulom

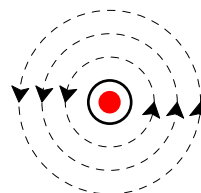
$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

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.



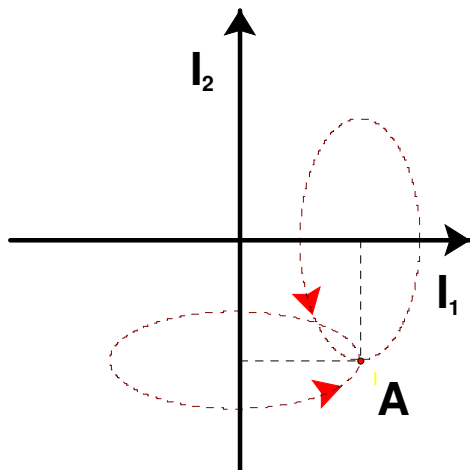
Struja ima smjer prema nama
i izlazi iz ravnine crtnje

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

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

gdje je r udaljenost točke u kojoj mjerimo jakost polja do vodiča, μ_0 permeabilnost vakuumu. U vakuumu (ili zraku) vrijedi:

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



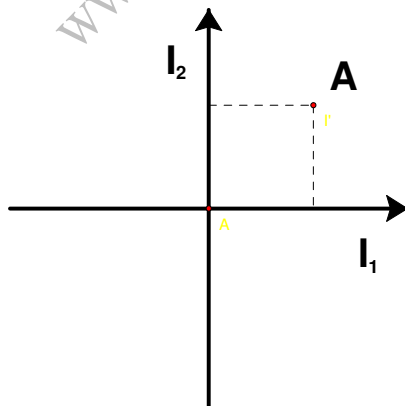
U točki A indukcije su istog smjera i rezultanta je indukcija:

$$\begin{aligned}
 B &= B_1 + B_2 \Rightarrow B = \mu_0 \cdot \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot a} + \mu_0 \cdot \frac{I_2}{2 \cdot \pi \cdot a} \Rightarrow B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a} + \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a} \Rightarrow \\
 &\Rightarrow B = 2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a} \Rightarrow B = 2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a} \Rightarrow B = \mu_0 \cdot \frac{I}{\pi \cdot a} = \\
 &= 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \cdot \frac{10 A}{\pi \cdot 0.02 m} = 2 \cdot 10^{-4} T.
 \end{aligned}$$

Odgovor je pod D.

Vježba 233

Kroz dva duga ravna vodiča koji se sijeku pod pravim kutom prolaze struje $I_1 = I_2 = 10 \text{ A}$. 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. $5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ C. $1 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ D. $2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$

Rezultat: A.

Zadatak 234 (Jakov, gimnazija)

Jednoslojna zavojnica promjera 5 cm stavljena je u homogeno magnetsko polje paralelno svojoj osi. Magnetska indukcija mijenja se ravnomjerno brzinom $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 10^{-2} \frac{T}{s}$. Zavojnica ima 1000 zavoja. Na krajevima zavojnice priključen je kondenzator kapaciteta 10 μF . Njegov naboj iznosi:

A. $0.83 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ B. $1.96 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ C. $4.02 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ D. $5.18 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

Rješenje 234

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

Kapacitet C dvaju vodiča (kondenzatora) je

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow Q = C \cdot U,$$

gdje je Q naboj na jednom od vodiča (naboj kondenzatora), $U = \phi_1 - \phi_2$ je razlika potencijala (napon) među vodičima.

Tok homogenoga magnetskog polja kroz ravnu površinu S kad silnice prolaze okomito na površinu S jednak je

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

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 promjera d računa se po formuli

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

Tok polja je

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

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

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

odnosno

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

Naboj kondenzatora iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} U_i = N \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S \\ Q = C \cdot U_i \end{array} \right\} \Rightarrow Q = C \cdot N \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S \Rightarrow \left[S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = C \cdot N \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = 10^{-5} \text{ F} \cdot 1000 \cdot 10^{-2} \frac{T}{s} \cdot \frac{(0.05 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} = 1.96 \cdot 10^{-7} \text{ C}.$$

Odgovor je pod B.

Vježba 234

Jednoslojna zavojnica promjera 50 mm stavljena je u homogenu magnetsko polje paralelno svojoj osi. Magnetska indukcija mijenja se ravnomjerno brzinom $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 10^{-2} \frac{T}{s}$. Zavojnica ima 1000 zavoja. Na krajevima zavojnice priključen je kondenzator kapaciteta 10 μF . Njegov naboj iznosi:

- A. $0.83 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ B. $1.96 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ C. $4.02 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ D. $5.18 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

Rezultat: B.

Zadatak 235 (Ivan, tehnička škola)

Elektron se giba jednoliko po pravcu brzinom od 0.5 m / s, kroz međusobno okomito električno i magnetsko polje. Kolika je jakost električnog polja ako je indukcija B = 1 T?

- A. $0.5 \frac{V}{m}$ B. $1 \frac{V}{m}$ C. $2.5 \frac{V}{m}$ D. $5 \frac{V}{m}$

Rješenje 235

$$v = 0.5 \text{ m / s}, \quad B = 1 \text{ T}, \quad E = ?$$

Ako se u polju jakosti E nalazi naboj Q silu kojom polje djeluje na naboj možemo izračunati iz izraza

$$F = Q \cdot E.$$

Lorentzova sila

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

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

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

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

Budući da se čestice (elektroni) gibaju jednoliko po pravcu (prolaze neotklonjene), električna sila F po iznosu jednaka je Lorentzovoj sili.

$$\begin{aligned} F &= F_L \Rightarrow Q \cdot E = B \cdot Q \cdot v \Rightarrow Q \cdot E = B \cdot Q \cdot v \quad / : Q \Rightarrow E = B \cdot v = \\ &= 1 \text{ T} \cdot 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.5 \frac{\text{V}}{\text{m}}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod A.

Vježba 235

Elektron se giba jednoliko po pravcu brzinom od 1 m / s, kroz međusobno okomito električno i magnetsko polje. Kolika je jakost električnog polja ako je indukcija B = 0.5 T?

- A. $0.5 \frac{V}{m}$ B. $1 \frac{V}{m}$ C. $2.5 \frac{V}{m}$ D. $5 \frac{V}{m}$

Rezultat: A.

Zadatak 236 (Bond, tehnička škola)

Na krajevima vodiča dugačkog 0.20 m stvori se razlika potencijala od 12 V kada se on giba stalnom brzinom od 3.0 m / s okomito kroz homogenu magnetno polje iznosa B. Koliki je iznos polja B?

- A. 2 T B. 20 T C. 1 T D. 3 T

Rješenje 236

$$l = 0.20 \text{ m}, \quad U_i = 12 \text{ V}, \quad v = 3.9 \text{ m / s}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad B = ?$$

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

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

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

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

$$U_i = B \cdot l \cdot v \Rightarrow B \cdot l \cdot v = U_i \Rightarrow B \cdot l \cdot v = U_i / \frac{1}{l \cdot v} \Rightarrow B = \frac{U_i}{l \cdot v} = \frac{12 \text{ V}}{0.20 \text{ m} \cdot 3.0 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 20 \text{ T}.$$

Odgovor je pod B.

Vježba 236

Na krajevima vodiča dugačkog 0.20 m stvori se razlika potencijala od 24 V kada se on giba stalnom brzinom od 6.0 m / s okomito kroz homogenu magnetsko polje iznosa B. Koliki je iznos polja B?

- A. 2 T B. 20 T C. 1 T D. 3 T

Rezultat: B.

Zadatak 237 (Bond, tehnička škola)

Kroz horizontalno položen štap duljine 0.2 m prolazi električna struja. Štap se nalazi u horizontalnom magnetnom polju od 0.08 T koje sa smjerom struje zatvara kut od 30° . Sila kojom polje djeluje na štap iznosi 0.24 N. Kolika je jakost struje koja prolazi štapom?

- A. 10 A B. 20 A C. 30 A D. 8 A

Rješenje 237

$$l = 0.2 \text{ m}, \quad B = 0.08 \text{ T}, \quad \alpha = 30^\circ, \quad F = 0.24 \text{ N}, \quad I = ?$$

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.

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha \Rightarrow B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha = F \Rightarrow B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha = F / \frac{1}{B \cdot l \cdot \sin \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I = \frac{F}{B \cdot l \cdot \sin \alpha} = \frac{0.24 \text{ N}}{0.08 \text{ T} \cdot 0.2 \text{ m} \cdot \sin 30^\circ} = 30 \text{ A}.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 237

Kroz horizontalno položen štap duljine 0.4 m prolazi električna struja. Štap se nalazi u horizontalnom magnetnom polju od 0.08 T koje sa smjerom struje zatvara kut od 30° . Sila kojom polje djeluje na štap iznosi 0.48 N. Kolika je jakost struje koja prolazi štapom?

- A. 10 A B. 20 A C. 6 A D. 30 A

Rezultat: D.

Zadatak 238 (Bond, tehnička škola)

Štap otpora 0.01 Ω giba se u magnetnom polju 0.5 T okomito na silnice. Kolika je brzina ako štapom dugim 2 m teče struja 0.1 A?

Rješenje 238

$$R = 0.01 \Omega, \quad B = 0.5 \text{ T}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad l = 2 \text{ m}, \quad I = 0.1 \text{ A}, \quad v = ?$$

Ohmov zakon je temeljni zakon elektrotehnike.

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

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

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).

Prolaskom struje kroz bilo koji otpornik ili vodič, na otporniku ili vodiču nastaje pad napona jednak umnošku jakosti struje i otpora među mjernim točkama.

Ako se u magnetnom polju magnetne indukcije B giba vodič duljine l brzinom v, kojega smjer čini kut α s vektorom magnetne 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

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

$$\left. \begin{array}{l} U = B \cdot l \cdot v \\ U = I \cdot R \end{array} \right\} \Rightarrow B \cdot l \cdot v = I \cdot R \Rightarrow B \cdot l \cdot v = I \cdot R \cdot \frac{1}{B \cdot l} \Rightarrow v = \frac{I \cdot R}{B \cdot l} =$$

$$\Rightarrow v = \frac{0.1 \text{ A} \cdot 0.01 \Omega}{0.5 \text{ T} \cdot 2 \text{ m}} = 0.001 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{mm}}{\text{s}}.$$

Vježba 238

Štap otpora 0.01Ω giba se u magnetnom polju 0.5 T okomito na silnice. Kolika je brzina ako štapom dugim 4 m teče struja 0.2 A ?

Rezultat: $1 \text{ mm} / \text{s}$.

Zadatak 239 (Patafix, gimnazija)

Odredi kapacitet kondenzatora koji ima jednak otpor kao i zavojnica induktiviteta 1.5 H i omskog otpora 10Ω za izmjeničnu struju frekvencije 50 Hz .

Rješenje 239

$$L = 1.5 \text{ H}, \quad R = 10 \Omega, \quad v = 50 \text{ Hz}, \quad C = ?$$



Zavojnica u krugu izmjenične struje, zbog samoindukcije, ponaša se kao otpor:

$$R_L = L \cdot \omega \Rightarrow R_L = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot v,$$

gdje je L induktivnost zavojnice, ω kružna frekvencija, v frekvencija.



Izmjenična struja stvara u kondenzatoru promjenljivo električno polje koje omogućuje da električni krug s kondenzatorom vodi struju kao da je u njega uključen otpor:

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

gdje je C kapacitet kondenzatora, ω kružna frekvencija, v frekvencija.

Omski i induktivni otpor zavojnice smatramo serijski spojenim. Zato je:

$$Z = \sqrt{R^2 + R_L^2} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot v)^2}.$$

Budući da kondenzator ima jednaki otpor kao i zavojnica, slijedi:

$$R_C = Z \Rightarrow \frac{1}{C \cdot 2 \cdot \pi \cdot v} = \sqrt{R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot v)^2} \Rightarrow \frac{1}{C \cdot 2 \cdot \pi \cdot v} = \frac{\sqrt{R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot v)^2}}{1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c} \right] \Rightarrow C \cdot 2 \cdot \pi \cdot v = \frac{1}{\sqrt{R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot v)^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu = \frac{1}{\sqrt{R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu)^2}} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} \Rightarrow C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot \sqrt{R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu)^2}} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot \sqrt{(10 \Omega)^2 + \left(1.5 H \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s}\right)^2}} = 6.753 \cdot 10^{-6} F = 6.753 \mu F.$$

Vježba 239

Odredi kapacitet kondenzatora koji ima jednak otpor kao i zavojnica induktiviteta 1.5 H i omskog otpora 0.01 kΩ za izmjeničnu struju frekvencije 50 Hz.

Rezultat: 6.753 μF.

Zadatak 240 (Ana, gimnazija)

Supravodičima mogu prolaziti iznimno velike struje jer im je električni otpor gotovo jednak nuli. Kada od supravodiča načinite zavojnicu koja na 50 cm ima 500 navoja i njima prolazi struja jakosti 10⁴ A, tada je magnetsko polje unutar zavojnice:

- A. 1.25 T B. 2.5 T C. 6.28 T D. 12.6 T

(permeabilnost praznine $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ (T} \cdot \text{m) / A}$)

Rješenje 240

$$l = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}, \quad N = 500, \quad I = 10^4 \text{ A}, \quad \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ (T} \cdot \text{m) / A}, \quad B = ?$$

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

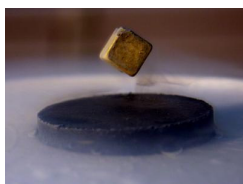
$$B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l},$$

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

Magnetska indukcija unutar zavojnice iznosi:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}} \cdot \frac{500 \cdot 10^4 \text{ A}}{0.5 \text{ m}} = 12.6 \text{ T}.$$

Odgovor je pod D.



Vježba 240

Supravodičima mogu prolaziti iznimno velike struje jer im je električni otpor gotovo jednak nuli. Kada od supravodiča načinite zavojnicu koja na 5 dm ima 500 navoja i njima prolazi struja jakosti 10 kA, tada je magnetsko polje unutar zavojnice:

- A. 1.25 T B. 2.5 T C. 6.28 T D. 12.6 T

(permeabilnost praznine $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ (T} \cdot \text{m) / A}$)

Rezultat: D.