

**Zadatak 301 (Lorena, maturantica)**

Primarnom zavojnicom transformatora teče struja 5 A. Omjer zavoja sekundarne i primarne zavojnice je  $\frac{1}{10}$ . Kolika je jakost transformirane struje?

- A. 40 A      B. 50 A      C. 60 A      D. 70 A      E. 80 A

**Rješenje 301**

$$I_1 = 5 \text{ A}, \quad \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{10}, \quad I_2 = ?$$

Izmjenična struja proizvedena u generatoru može se na principu elektromagnetske indukcije transformirati na visoki ili niski napon. Za transformator bez gubitka vrijedi

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}.$$

Zavoji u primaru i sekundaru odnose se kao struje u sekundaru i primaru.

$$\begin{aligned} \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} &\Rightarrow \left[ \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c} \right] \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \left[ \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{10} \right] \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{10} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \left[ \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c} \right] \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10 \cdot I_1 \Rightarrow I_2 = 10 \cdot I_1 = 10 \cdot 5 \text{ A} = 50 \text{ A}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod B.

**Vježba 301**

Primarnom zavojnicom transformatora teče struja 7 A. Omjer zavoja sekundarne i primarne zavojnice je  $\frac{1}{10}$ . Kolika je jakost transformirane struje?

- A. 40 A      B. 50 A      C. 60 A      D. 70 A      E. 80 A

**Rezultat:** D.

**Zadatak 302 (Lorena, maturantica)**

Transformator za električno zvonce smanjuje izmjenični napon s 220 V na 4 V. Koliko zavoja ima primarna zavojnica ako sekundarna zavojnica ima 12 zavoja?

- A. 420      B. 540      C. 660      D. 720      E. 760

**Rješenje 302**

$$U_1 = 220 \text{ V}, \quad U_2 = 4 \text{ V}, \quad N_2 = 12, \quad N_1 = ?$$

Izmjenična struja proizvedena u generatoru može se na principu elektromagnetske indukcije transformirati na visoki ili niski napon. Za transformator bez gubitka vrijedi: naponi u zavojnicama odnose se kao brojevi zavoja zavojnice:

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

gdje je  $U_1$  napon primara (prve zavojnice transformatora),  $U_2$  napon sekundara (druge zavojnice transformatora),  $N_1$  broj zavoja primara,  $N_2$  broj zavoja sekundara.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} \cdot N_2 \Rightarrow N_1 = \frac{U_1}{U_2} \cdot N_2 = \frac{220 \text{ V}}{4 \text{ V}} \cdot 12 = 660.$$

Odgovor je pod C.

### Vježba 302

Transformator za električno zvonice smanjuje izmjenični napon s 220 V na 8 V. Koliko zavoja ima primarna zavojnica ako sekundarna zavojnica ima 24 zavoja?

- A. 420    B. 540    C. 660    D. 720    E. 760

**Rezultat:** C.

### Zadatak 303 (Lorena, maturantica)

Zavojnica promjera 20 cm sa 50 zavoja nalazi se u promjenljivom magnetskom polju. Kolika je trenutna brzina promjene magnetske indukcije u času kad je inducirani napon koji nastaje u zavojnici jednak 100 V?

- A.  $53.6 \frac{T}{s}$     B.  $63.6 \frac{T}{s}$     C.  $73.6 \frac{T}{s}$     D.  $83.6 \frac{T}{s}$     E.  $93.6 \frac{T}{s}$

### Rješenje 303

$$2 \cdot r = 20 \text{ cm} \Rightarrow r = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad N = 50, \quad U_i = 100 \text{ V}, \quad \frac{\Delta B}{\Delta t} = ?$$

Napon koji se inducira u zavojnici s N zavoja razmjernan 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

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

odnosno

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

Odatle je trenutna brzina promjene gustoće magnetskog toka jednaka

$$\begin{aligned} U_i = N \cdot \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t} &\Rightarrow N \cdot \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t} = U_i \Rightarrow N \cdot \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t} = U_i \cdot \frac{1}{N \cdot S} \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{U_i}{N \cdot S} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \left[ S = r^2 \cdot \pi \right] \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{U_i}{N \cdot r^2 \cdot \pi} = \frac{100 \text{ V}}{50 \cdot (0.1 \text{ m})^2 \cdot \pi} = 63.7 \frac{T}{s}. \end{aligned}$$



Nije se pazilo na zaokruživanje pa neka bude 63.6 T / s.  
Odgovor je pod B.

### Vježba 303

Zavojnica promjera 20 cm sa 100 zavoja nalazi se u promjenljivom magnetskom polju. Kolika je trenutna brzina promjene magnetske indukcije u času kad je inducirani napon koji nastaje u zavojnici jednak 200 V?

A.  $53.6 \frac{T}{s}$     B.  $63.6 \frac{T}{s}$     C.  $73.6 \frac{T}{s}$     D.  $83.6 \frac{T}{s}$     E.  $93.6 \frac{T}{s}$

**Rezultat:** B.

### Zadatak 304 (Lorena, maturantica)

Elektron kinetičke energije 100 eV giba se u ravnini okomitoj na smjer homogenog magnetskog polja  $B = 3.16 \cdot 10^{-4}$  T. Koliki je polumjer kružnice koju elektron pri tome opisuje? ( $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  C)

A.  $r = 0.101$  m    B.  $r = 0.103$  m    C.  $r = 0.105$  m    D.  $r = 0.107$  m    E.  $r = 0.109$  m

### Rješenje 304

$$E_k = 100 \text{ eV} = [100 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}] = 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ J}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad B = 3.16 \cdot 10^{-4} \text{ T},$$
$$m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad r = ?$$

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

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

gdje je  $\alpha$  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:

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

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:

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

Iz kinetičke energije izračunamo brzinu  $v$ .

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

Budući da Lorentzova sila djeluje kao centripetalna sila, slijedi:

$$F = F_{cp} \Rightarrow B \cdot Q \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow B \cdot e \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow B \cdot e \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} \cdot \frac{r}{B \cdot e \cdot v} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{B \cdot e} \Rightarrow \left[ v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}} \right] \Rightarrow r = \frac{m}{B \cdot e} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}} \Rightarrow r = \frac{1}{B \cdot e} \cdot \sqrt{m^2 \cdot \frac{2 \cdot E_k}{m}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r = \frac{1}{B \cdot e} \cdot \sqrt{m^2 \cdot \frac{2 \cdot E_k}{m}} \Rightarrow r = \frac{1}{B \cdot e} \cdot \sqrt{2 \cdot m \cdot E_k} =$$

$$= \frac{1}{3.16 \cdot 10^{-4} \text{ T} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \cdot \sqrt{2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ J}} = 0.107 \text{ m}.$$

Odgovor je pod D.

### Vježba 304

Elektron kinetičke energije 400 eV giba se u ravnini okomitoj na smjer homogenog magnetskog polja  $B = 6.32 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ . Koliki je polumjer kružnice koju elektron pri tome opisuje? ( $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

A.  $r = 0.101 \text{ m}$     B.  $r = 0.103 \text{ m}$     C.  $r = 0.105 \text{ m}$     D.  $r = 0.107 \text{ m}$     E.  $r = 0.109 \text{ m}$

**Rezultat:** D.

### Zadatak 305 (Lorena, maturantica)

Elektron kinetičke energije 100 eV giba se u ravnini okomitoj na smjer homogenog magnetskog polja  $B = 3.16 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ . Kolika sila djeluje na elektron? ( $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

A.  $F = 3 \cdot 10^{-15} \text{ N}$     B.  $F = 3 \cdot 10^{-16} \text{ N}$     C.  $F = 3 \cdot 10^{-17} \text{ N}$   
D.  $F = 3 \cdot 10^{-18} \text{ N}$     E.  $F = 3 \cdot 10^{-19} \text{ N}$

### Rješenje 305

$E_k = 100 \text{ eV} = [100 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}] = 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ ,     $\alpha = 90^\circ$ ,     $B = 3.16 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ ,  
 $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,     $Q = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,     $F = ?$

### 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  $\alpha$  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:

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

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

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

Iz kinetičke energije odredimo brzinu  $v$ .

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

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

Sila koja djeluje na elektron iznosi:

$$F = B \cdot Q \cdot v \Rightarrow F = B \cdot e \cdot v \Rightarrow \left[ v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}} \right] \Rightarrow F = B \cdot e \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}} =$$

$$= 3.16 \cdot 10^{-4} \text{ T} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ J}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 3 \cdot 10^{-16} \text{ N}.$$

Odgovor je pod B.

### Vježba 305

Elektron kinetičke energije 400 eV giba se u ravnini okomitoj na smjer homogenog magnetskog polja  $B = 1.58 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ . Kolika sila djeluje na elektron? ( $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

$$A. F = 3 \cdot 10^{-15} \text{ N} \quad B. F = 3 \cdot 10^{-16} \text{ N} \quad C. F = 3 \cdot 10^{-17} \text{ N} \\ D. F = 3 \cdot 10^{-18} \text{ N} \quad E. F = 3 \cdot 10^{-19} \text{ N}$$

**Rezultat:** B.

### Zadatak 306 (Lorena, maturantica)

Čelični prsten poprečnog presjeka  $6 \text{ cm}^2$  ima srednju duljinu 30 cm. Oko njega je namotano 500 zavoja. Relativna permeabilnost čelika je 5300. Vodičem prolazi struja jakosti 0.4 A. Kolika je magnetska indukcija? ( $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$ )

$$A. B = 4.2 \text{ T} \quad B. B = 4.4 \text{ T} \quad C. B = 4.6 \text{ T} \quad D. B = 4.8 \text{ T} \quad E. B = 5.0 \text{ T}$$

### Rješenje 306

$$S = 6 \text{ cm}^2, \quad l = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}, \quad N = 500, \quad \mu_r = 5300, \quad I = 0.4 \text{ A}, \\ \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}, \quad B = ?$$

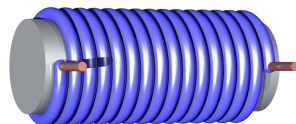
Magnetsko polje unutar dugačke zavojnice (solenoida) je

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

gdje je  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$  permeabilnost vakuuma,  $\mu_r$  relativna permeabilnost neke tvari,  $N$  broj navoja zavojnice,  $I$  jakost električne struje koja prolazi zavojnicom,  $l$  duljina zavojnice.

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{l} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}} \cdot 5300 \cdot \frac{500 \cdot 0.4 \text{ A}}{0.3 \text{ m}} = 4.4 \text{ T}.$$

Odgovor je pod B.



### Vježba 306

Čelični prsten poprečnog presjeka  $6 \text{ cm}^2$  ima srednju duljinu 60 cm. Oko njega je namotano 500 zavoja. Relativna permeabilnost čelika je 5300. Vodičem prolazi struja jakosti 0.8 A. Kolika je magnetska indukcija? ( $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$ )

$$A. B = 4.2 \text{ T} \quad B. B = 4.4 \text{ T} \quad C. B = 4.6 \text{ T} \quad D. B = 4.8 \text{ T} \quad E. B = 5.0 \text{ T}$$

**Rezultat:** B.

### Zadatak 307 (Vedran, maturant)

Kroz zavojnicu priključenu na istosmjerni napon 12 V teče struja 1 A. Ako zavojnicu priključimo na izmjenični napon 12 V, 50 Hz, struja je 0.5 A. Koliki je induktivitet zavojnice?

$$A. 21 \text{ H} \quad B. 66 \text{ mH} \quad C. 33.3 \text{ mH} \quad D. 22 \text{ mH}$$

### Rješenje 307

$$U_i = 12 \text{ V}, \quad I_i = 1 \text{ A}, \quad U = 12 \text{ V}, \quad I = 0.5 \text{ A}, \quad f = 50 \text{ Hz}, \quad L = ?$$

**Ohmov zakon** je temeljni zakon elektrotehnike.

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

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

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

U krugu izmjenične struje osim omskog, javlja se:

- induktivni otpor:

$$R_L = L \cdot \omega \Rightarrow R_L = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f.$$

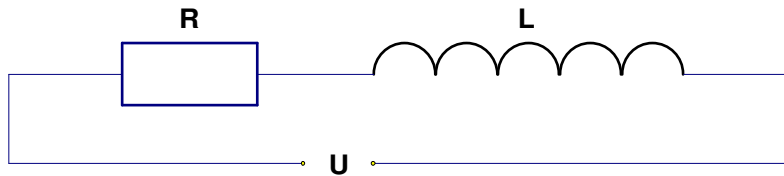
Ako se u krugu izmjenične struje nalazi serijski spoj omskog i induktivnog otpora impedancija Z iznosi

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

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

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

gdje je L induktivitet zavojnice, f frekvencija.



Ohmov zakon za krug izmjenične struje glasi:

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

Radni otpor zavojnice je

$$R = \frac{U_i}{I_i} = \frac{12 \text{ V}}{1 \text{ A}} = 12 \Omega,$$

a impedancija

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{12 \text{ V}}{0.5 \text{ A}} = 24 \Omega.$$

Računamo L.

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f)^2} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f)^2} \quad |^2 \Rightarrow Z^2 = R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f)^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f)^2 = Z^2 \Rightarrow (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f)^2 = Z^2 - R^2 \Rightarrow (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f)^2 = Z^2 - R^2 \quad | \sqrt{\phantom{x}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f = \sqrt{Z^2 - R^2} \Rightarrow L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f = \sqrt{Z^2 - R^2} \quad | \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f} \Rightarrow \\ &\Rightarrow L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{\sqrt{(24 \Omega)^2 - (12 \Omega)^2}}{2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s}} = 0.066 \text{ H} = 66 \text{ mH}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod B.

**Vježba 307**

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 308 (Branimir, tehnička škola)

Prsten polumjera 2 m napravljen od bakrene žice poprečnog presjeka  $4 \text{ mm}^2$  priključen je na izvor elektromotornog napona 2 V i unutarnjeg otpora  $0.1 \Omega$ . Kolika je magnetska indukcija u središtu vodiča? Specifična otpornost bakra je  $17.8 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ .

#### Rješenje 308

$$a = 2 \text{ m}, \quad S = 4 \text{ mm}^2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2, \quad \varepsilon = 2 \text{ V}, \quad r = 0.1 \Omega, \quad \rho = 17.8 \text{ n}\Omega \cdot \text{m} = 17.8 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}, \quad B = ?$$

Opseg kružnice polumjera  $r$  iznosi:

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

Kada je izvor elektromotornog napona  $\varepsilon$  priključen u strujni krug, njegov se napon raspodjeljuje na pad napona na unutarnjem otporu  $R_u$  izvora ( $I \cdot R_u$ ) i pad napona ( $I \cdot R_v$ ) u vanjskom krugu.

$$\varepsilon = I \cdot R_u + I \cdot R_v \Rightarrow \varepsilon = I \cdot (R_u + R_v) \Rightarrow \varepsilon = U + U_u,$$

gdje je  $U$  napon na stezaljkama izvora,  $U_u$  pad napona na unutarnjem otporu izvora. Ohmova zakon za cijeli strujni krug glasi:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_v + R_u}.$$

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

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

Kružna petlja je komad vodiča savijen u prsten ili samo jedan navoj zavojnice.

Magnetska indukcija u središtu kružne petlje ili prstena polumjera  $r$  kojim teče struja  $I$  računa se u vakuumu formulom:

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

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

Najprije izračunamo struju u prstenu.

$$\begin{aligned} I = \frac{\varepsilon}{r + R} &\Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r + \rho \cdot \frac{l}{S}} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{opseg prstena} \\ l = 2 \cdot a \cdot \pi \end{array} \right] \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r + \rho \cdot \frac{2 \cdot a \cdot \pi}{S}} = \\ &= \frac{2 \text{ V}}{0.1 \Omega + 17.8 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m} \cdot \frac{2 \cdot 2 \text{ m} \cdot \pi}{4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2}} = 12.83 \text{ A}. \end{aligned}$$

Magnetska indukcija iznosi:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot a} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}} \cdot \frac{12.83 \text{ A}}{2 \cdot 2 \text{ m}} = 4.03 \cdot 10^{-6} \text{ T} = 4.93 \mu\text{T}.$$

### Vježba 308

Prsten promjera 4 m napravljen od bakrene žice poprečnog presjeka  $4 \text{ mm}^2$  priključen je na izvor elektromotornog napona 2 V i unutarnjeg otpora  $0.1 \Omega$ . Kolika je magnetska indukcija u središtu vodiča? Specifična otpornost bakra je  $17.8 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ .

**Rezultat:**  $4.03 \mu\text{T}$ .

### Zadatak 309 (Mihael, gimnazija)

Koliko je energije pohranjeno u zavojnici induktiviteta 70 mH u trenutku kad jakost struje kroz nju iznosi 2 A?

#### Rješenje 309

$$L = 70 \text{ mH} = 0.07 \text{ H}, \quad I = 2 \text{ A}, \quad E = ?$$

Zavojnica pohranjuje energiju magnetskog polja. Energija ovisi o induktivitetu zavojnice i struji koja kroz nju prolazi.

$$E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2.$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.07 \text{ H} \cdot (2 \text{ A})^2 = 0.14 \text{ J}.$$

### Vježba 309

Koliko je energije pohranjeno u zavojnici induktiviteta 60 mH u trenutku kad jakost struje kroz nju iznosi 2 A?

**Rezultat:** 0.12 J.

### Zadatak 310 (Gordana, srednja škola)

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

### Rješenje 310

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

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

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

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 ( $\Omega$ ).

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

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

$$\Rightarrow v = \frac{I \cdot R}{B \cdot l \cdot \sin \varphi} = \frac{0.1 \text{ A} \cdot 0.01 \Omega}{0.5 \text{ T} \cdot 2 \text{ m} \cdot \sin 90^\circ} = \text{DEG} = 0.001 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{mm}}{\text{s}}.$$

### Vježba 310

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

**Rezultat:** 1 mm / s.

### Zadatak 311 (Pavle, srednja škola)

Zavojnicom omskog otpora  $8 \Omega$  spojenom na napon 120 V, frekvencije 50 Hz, teče struja jakosti 5 A. Odredite induktivnost zavojnice i fazni pomak struje prema naponu.

### Rješenje 311

$$R = 8 \Omega, \quad U = 120 \text{ V}, \quad f = 50 \text{ Hz}, \quad I = 5 \text{ A}, \quad L = ?, \quad \varphi = ?$$

Ohmov zakon za krug izmjenične struje glasi

$$I = \frac{U}{Z} \Rightarrow Z = \frac{U}{I}.$$

Impedancija serijskog spoja jednaka je

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



gdje je  $R$  radni otpor,  $R_L = L \cdot \omega$  induktivni otpor,  $R_C = \frac{1}{C \cdot \omega}$  kapacitivni otpor,  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$  kružna frekvencija.

Razlika faze  $\varphi$  između izmjeničnog napona i izmjenične struje dana je izrazom

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_L - R_C}{R} \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi = \frac{L \cdot \omega - \frac{1}{C \cdot \omega}}{R}$$

Kada je  $R_L > R_C$  onda rezultatni napon ide ispred struje,  $\varphi > 0$ .

Kada je  $R_L < R_C$  onda rezultatni napon zaostaje iza struje,  $\varphi < 0$ .

$$\left. \begin{aligned} Z &= \frac{U}{I} \\ Z^2 &= R^2 + R_L^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left(\frac{U}{I}\right)^2 = R^2 + R_L^2 \Rightarrow \left(\frac{U}{I}\right)^2 = R^2 + (L \cdot \omega)^2 \Rightarrow \left(\frac{U}{I}\right)^2 = R^2 + L^2 \cdot \omega^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R^2 + L^2 \cdot \omega^2 = \left(\frac{U}{I}\right)^2 \Rightarrow L^2 \cdot \omega^2 = \left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2 \Rightarrow L^2 \cdot \omega^2 = \left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2 \cdot \frac{1}{\omega^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L^2 = \frac{1}{\omega^2} \cdot \left(\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2\right) \Rightarrow L^2 = \frac{1}{\omega^2} \cdot \left(\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2\right) \cdot \sqrt{\quad} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \sqrt{\frac{1}{\omega^2} \cdot \left(\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2\right)} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2} \Rightarrow L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f} \cdot \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 50 \frac{1}{s}} \cdot \sqrt{\left(\frac{120 \text{ V}}{5 \text{ A}}\right)^2 - (8 \Omega)^2} = 0.072 \text{ H} = 72 \text{ mH}.$$

Računamo fazni pomak.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_L - R_C}{R} \Rightarrow [R_C = 0] \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi = \frac{R_L}{R} \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi = \frac{L \cdot \omega}{R} \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi = \frac{L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}{R} \right) \Rightarrow \varphi = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{0.072 \text{ H} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s}}{8 \Omega} \right) \Rightarrow \text{DEG} \Rightarrow \varphi = 70.5^\circ$$

Struja kasni (napon ide ispred struje) za fazni kut  $70.5^\circ$ .

### Vježba 311

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 312 (Giga, maturant)

Proton uleti brzinom  $100 \text{ m/s}$  u homogeno magnetsko polje iznosa  $0.2 \text{ mT}$ . Vektor brzine i vektor polja zatvaraju kut od  $60^\circ$ . Koliko punih namotaja spirale napravi proton dok se pomakne  $1 \text{ m}$  u smjeru polja? (masa protona  $m = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ , naboj protona  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

### Rješenje 312

$$v_0 = 100 \text{ m/s}, \quad B = 0.2 \text{ mT} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}, \quad \alpha = 60^\circ, \quad \Delta s = 1 \text{ m},$$

$$m = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad N = ?$$

Jednoliko pravocrtno gibanje duž puta  $s$  jest gibanje pri kojem vrijedi izraz

$$s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v},$$

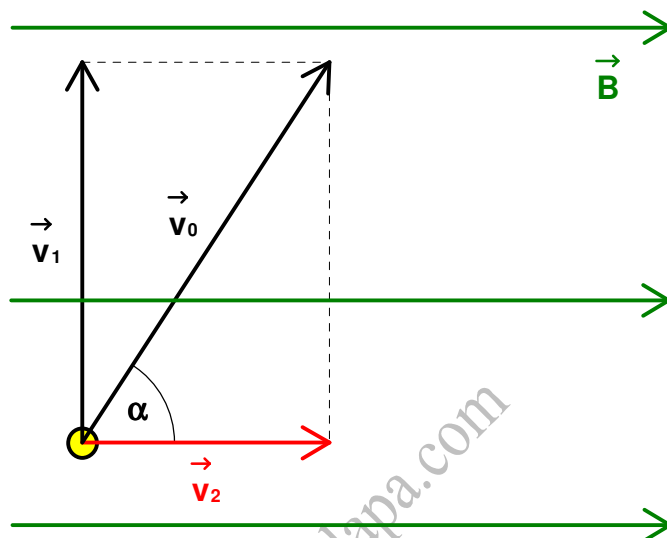
gdje je  $v$  stalna, konstantna brzina kojom se tijelo giba.

Ako čestica mase  $m$ , naboja  $Q$ , ulijeće brzinom  $v$  pod kutom  $\alpha$  u homogeno magnetsko polje  $B$  njezinu brzinu  $v$  rastavljamo na dvije komponente:

- $v_1$  okomitu na smjer polja  $B$
- $v_2$  paralelnu s poljem.

Staza čestice ima oblik spirale s periodom jednog namotaja spirale

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{Q \cdot B}.$$



Sa slike vidi se:

$$v_2 = v_0 \cdot \cos \alpha.$$

Proton se pomakne za  $\Delta s$  u smjeru polja za vrijeme  $\Delta t$ .

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v_2} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v_0 \cdot \cos \alpha}.$$

Broj punih namotaja  $N$  je:

$$\begin{aligned} N = \frac{\Delta t}{T} &\Rightarrow N = \frac{\Delta s}{\frac{2 \cdot \pi \cdot m}{Q \cdot B} \cdot v_0 \cdot \cos \alpha} \Rightarrow N = \frac{\Delta s}{\frac{2 \cdot \pi \cdot m}{e \cdot B} \cdot v_0 \cdot \cos \alpha} \Rightarrow N = \frac{\Delta s \cdot e \cdot B}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot v_0 \cdot \cos \alpha} = \\ &= \frac{1 \text{ m} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}}{2 \cdot \pi \cdot 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 100 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \cos 60^\circ} = \text{DEG} = 60. \end{aligned}$$

### Vježba 312

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 313 (Zvonimir, srednja škola)

Koliku razliku potencijala treba prijeći elektron da bi postigao 1 % brzine svjetlosti? Masa elektrona iznosi  $9.1 \cdot 10^{-31}$  kg, naboj elektrona  $1.6 \cdot 10^{-19}$  C, brzina svjetlosti  $3 \cdot 10^8$  m / s.

- A. 51.2 V      B. 12.8 V      C. 25.6 V      D.  $3 \cdot 10^8$  V

### Rješenje 313

$$v = \frac{1}{100} \cdot c = \frac{1}{100} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = 3 \cdot 10^6 \frac{m}{s}, \quad m = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad U = ?$$

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.

$$W = \Delta E_k.$$

Napon (razlika potencijala) između dvije točke električnog polja jednak je radu što ga treba utrošiti pri prenošenju naboja  $Q$  iz jedne točke u drugu.

$$U = \frac{W}{Q} \Rightarrow W = Q \cdot U.$$

Brzinu  $v$  elektron postiže u električnom polju. Prema zakonu očuvanja energije rad sile električnog polja  $Q \cdot U$  jednak je promjeni kinetičke energije elektrona. Ako je brzina elektrona u električnom polju porasla od 0 do  $v$ , možemo pisati

$$Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Rightarrow e \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Rightarrow e \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \cdot \frac{1}{e} \Rightarrow U = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot e} =$$

$$= \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^6 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 25.6 \text{ V}.$$

Odgovor je pod C.

### Vježba 313

Koliku razliku potencijala treba prijeći elektron da bi postigao 2 % brzine svjetlosti? Masa elektrona iznosi  $9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ , naboj elektrona  $1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , brzina svjetlosti  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

- A. 102.4 V    B. 98.8 V    C. 112.6 V    D. 123.5 V

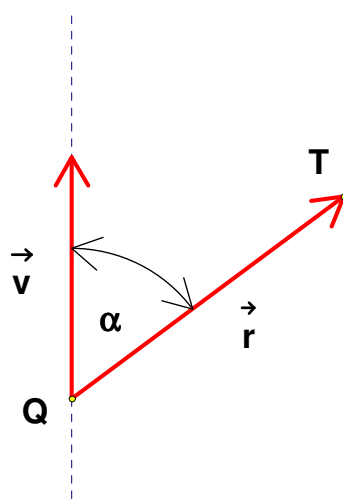
**Rezultat:** A.

### Zadatak 314 (Jura, gimnazija)

Elektron se giba u vakuumu brzinom  $2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  po kružnici polumjera  $5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ . Kolika je jakost magnetskog polja u središtu kružnice? (naboj elektrona  $1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

### Rješenje 314

$$v = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}, \quad r = 5 \cdot 10^{-11} \text{ m}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad H = ?$$



Jakost magnetskog polja H u nekoj točki T udaljenoj za r od naboja Q koji se giba brzinom v iznosi (Biot – Savart – Laplaceov zakon)

$$H = \frac{Q \cdot v}{4 \cdot r^2 \cdot \pi} \cdot \sin \alpha,$$

gdje je  $\alpha$  kut između smjera brzine  $\vec{v}$  i spojnice  $\vec{r}$  naboja s promatranom točkom T.

Tijelo rotira kada se njegove čestice gibaju po kružnicama čija središta leže u istoj točki ili na istom pravcu. Frekvencija ili učestalost f je broj okreta u jedinici vremena (u 1 sekundi).

Kada kruto tijelo rotira oko čvrste osi, sve se njegove čestice gibaju po koncentričnim kružnicama (koncentrične kružnice imaju zajedničko središte). Obodna (linearna) brzina iznosi:

$$v = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{2 \cdot r \cdot \pi},$$

gdje je r polumjer kružnice, f frekvencija.

Jakost magnetskog polja u središtu kružne petlje polumjera r je

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

1.inačica

Uzimajući  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  slijedi:

$$\begin{aligned} H &= \frac{Q \cdot v}{4 \cdot r^2 \cdot \pi} \cdot \sin \alpha \Rightarrow H = \frac{e \cdot v}{4 \cdot r^2 \cdot \pi} \cdot \sin \alpha = \frac{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4 \cdot (5 \cdot 10^{-11} \text{ m})^2 \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = \\ &= \text{RAD} = 1.02 \cdot 10^7 \frac{\text{A}}{\text{m}}. \end{aligned}$$

2.inačica

Jakost magnetskog polja u središtu

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

jer je gibanje elektrona po kružnici, zapravo, elektronska struja u kružnoj petlji, a I je jednaka umnošku naboja elektrona i frekvencije kruženja.

$$I = e \cdot f \Rightarrow \left[ f = \frac{v}{2 \cdot r \cdot \pi} \right] \Rightarrow I = e \cdot \frac{v}{2 \cdot r \cdot \pi}.$$

Sada je

$$\left. \begin{aligned} I &= e \cdot \frac{v}{2 \cdot r \cdot \pi} \\ H &= \frac{I}{2 \cdot r} \end{aligned} \right\} \Rightarrow H = \frac{e \cdot v}{2 \cdot r \cdot \pi} \Rightarrow H = \frac{e \cdot v}{4 \cdot r^2 \cdot \pi} = \frac{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4 \cdot (5 \cdot 10^{-11} \text{ m})^2 \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = \\ &= \text{RAD} = 1.02 \cdot 10^7 \frac{\text{A}}{\text{m}}.$$

### Vježba 314

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 315 (Black friday, maturant)

Kroz žicu prolazi struja jakosti 6 A u pozitivnom smjeru osi x. Odredite iznos i smjer sile na dio žice duljine 1 cm, ako je homogeno magnetsko polje od 0.6 T usmjereno u smjeru + z osi.

- A. 0.036 N, u smjeru + y      B. 0.036 N, u smjeru - y  
C. 0.036 N, u smjeru - z      D. 3.6 N, u smjeru - y

### Rješenje 315

$$I = 6 \text{ A}, \quad l = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}, \quad B = 0.6 \text{ T}, \quad F = ?$$

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

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

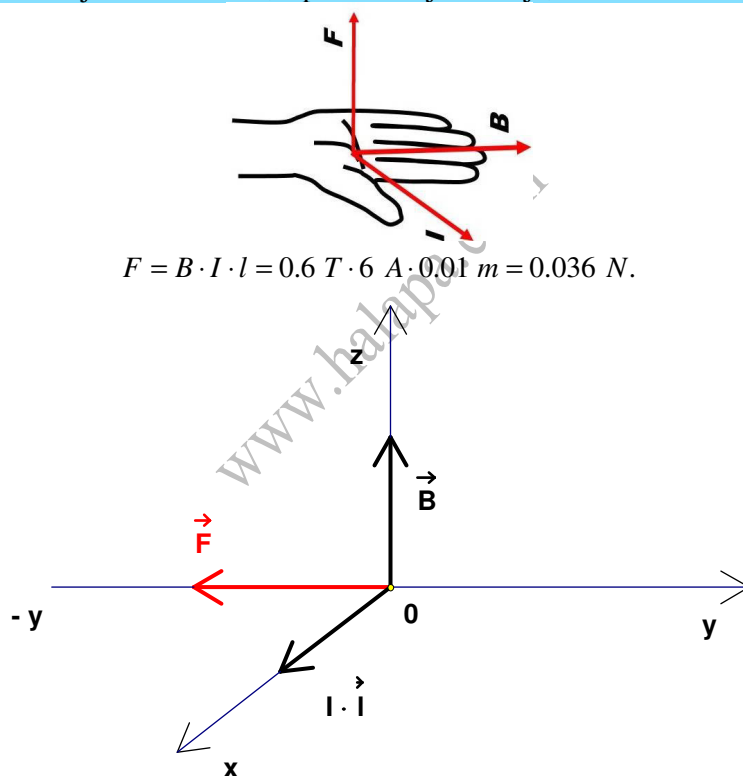
gdje je  $\alpha$  kut između smjera magnetskog polja i smjera struje, a B magnetska indukcija.

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

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

Smjer sile (otklon vodiča) određujemo pravilom desnog dlana:

Ako prste postavimo u smjeru vektora  $\vec{B}$ , a palac u smjeru struje, vodič se odmiče od dlana.



Odgovor je pod B.

### Vježba 315

Kroz žicu prolazi struja jakosti 3 A u pozitivnom smjeru osi x. Odredite iznos i smjer sile na dio žice duljine 2 cm, ako je homogeno magnetsko polje od 0.6 T usmjereno u smjeru + z osi.

- A. 0.036 N, u smjeru + y      B. 0.036 N, u smjeru - y  
C. 0.036 N, u smjeru - z      D. 3.6 N, u smjeru - y

**Rezultat:** B.

### Zadatak 316 (Leon, maturant)

Na izvor sinusnog napona serijski su spojena dva jednaka radna (omska) otpornika otpora R. Kako će se promijeniti efektivna jakost struje u krugu ako se jedan od njih zamijeni jednako velikim indukcijским otporom  $R_L$ ?

- A. Poveća se  $\sqrt{2}$  puta.      B. Smanji se  $\sqrt{2}$  puta.  
 C. Poveća se 2 puta.            D. Smanji se 2 puta.

**Rješenje 316**

$$R_1 = R_2 = R, \quad R_L = R, \quad U, \quad \frac{I_2}{I_1} = ?$$

Ohmov zakon za krug izmjenične struje glasi

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

gdje je Z impedancija i iznosi:

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

pri čemu je R radni otpor,  $R_L$  induktivni otpor,  $R_C$  kapacitivni otpor.  
 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

$$R = R_1 + R_2.$$

Kada su serijski spojena dva radna otpora ekvivalentni otpor je

$$R_S = R_1 + R_2 \Rightarrow R_S = R + R \Rightarrow R_S = 2 \cdot R.$$

Efektivna jakost struje iznosi:

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} \Rightarrow I_1 = \frac{U}{\sqrt{R_S^2}} \Rightarrow I_1 = \frac{U}{R_S} \Rightarrow I_1 = \frac{U}{2 \cdot R}.$$

Ako se jedan radni otpornik zamijeni jednako velikim indukcijskim otporom  $R_L$  vrijedi:

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} \Rightarrow I_2 = \frac{U}{\sqrt{R^2 + R_L^2}} \Rightarrow [R_L = R] \Rightarrow I_2 = \frac{U}{\sqrt{R^2 + R^2}} \Rightarrow I_2 = \frac{U}{\sqrt{2 \cdot R^2}} \Rightarrow \\ \Rightarrow I_2 = \frac{U}{R \cdot \sqrt{2}}.$$

Gledamo omjer:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{\frac{U}{R \cdot \sqrt{2}}}{\frac{U}{2 \cdot R}} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{R \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot R} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{2}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{(\sqrt{2})^2}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{(\sqrt{2})^2}{\sqrt{2}} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{2} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{2} \cdot I_1 \Rightarrow I_2 = \sqrt{2} \cdot I_1.$$

Povećanje je  $\sqrt{2}$  puta.

Odgovor je pod A.

**Vježba 316**

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 317 (Ivek, građevinska 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 55 Ω?

A. 2 A      B. 1 A      C. 3 A      D. 0.5 A

### Rješenje 317

$$U_1 = 220 \text{ V}, \quad U_2 = 110 \text{ V}, \quad R_2 = 55 \text{ } \Omega, \quad I_1 = ?$$

**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

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

gdje su  $U_1$ ,  $I_1$  i  $U_2$ ,  $I_2$  napon i jakost struje u primarnoj odnosno sekundarnoj zavojnici.

1. inačica

$$\begin{aligned} \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} &\Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{I_1 \cdot U_2}{U_1} \Rightarrow I_1 = I_2 \cdot \frac{U_2}{U_1} \Rightarrow I_1 = \frac{U_2}{R_2} \cdot \frac{U_2}{U_1} \Rightarrow \\ &\Rightarrow I_1 = \frac{U_2^2}{R_2 \cdot U_1} = \frac{(110 \text{ V})^2}{55 \text{ } \Omega \cdot 220 \text{ V}} = 1 \text{ A.} \end{aligned}$$

Odgovor je pod B.

2. inačica

$$\left. \begin{array}{l} U_1 = 220 \text{ V} \\ U_2 = 110 \text{ V} \end{array} \right\} \Rightarrow U_1 = 2 \cdot U_2.$$

Sada je:

$$\begin{aligned} \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} &\Rightarrow \frac{2 \cdot U_2}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{2 \cdot U_2}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 2 = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 2 = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{I_1}{2} \Rightarrow I_1 = \frac{1}{2} \cdot I_2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow I_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_2}{R_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{110 \text{ V}}{55 \text{ } \Omega} = 1 \text{ A.} \end{aligned}$$

Odgovor je pod B.

### Vježba 317

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 318 (Šime2, maturant)

Kada se u cilindričnoj zavojnici bez jezgre, polumjera 0.5 cm, duljine 10 cm struja promijeni od 10 mA do 100 mA u vremenu od 10 ms, inducira se napon samoindukcije 35 mV. Koliki je broj zavoja?

### Rješenje 318

$$r = 0.5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \quad l = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad I_1 = 10 \text{ mA} = 10^{-2} \text{ A}, \quad I_2 = 100 \text{ mA} = 0.1 \text{ A}, \quad \Delta t = 10 \text{ ms} = 10^{-2} \text{ s}, \quad U_i = 35 \text{ mV} = 3.5 \cdot 10^{-2} \text{ V}, \quad N = ?$$

Inducirani napon samoindukcije razmjernan je s brzinom promjene jakosti struje:

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

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.

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

Induktivitet zavojnice presjeka S i duljine l s jezgrom permeabilnosti  $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$  koja ima N zavoja, iznosi:

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{S \cdot N^2}{l},$$

gdje je  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$  permeabilnost vakuuma, a  $\mu_r$  relativna permeabilnost (za zrak  $\mu_r = 1$ ).

Ploština kruga polumjera r iznosi:

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

$$\left. \begin{aligned} L &= \mu_0 \cdot \frac{S \cdot N^2}{l} \\ L &= \frac{U_i \cdot \Delta t}{\Delta I} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \mu_0 \cdot \frac{S \cdot N^2}{l} = \frac{U_i \cdot \Delta t}{\Delta I} \Rightarrow \mu_0 \cdot \frac{S \cdot N^2}{l} = \frac{U_i \cdot \Delta t}{\Delta I} \cdot \frac{l}{\mu_0 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N^2 = \frac{U_i \cdot \Delta t \cdot l}{\mu_0 \cdot S \cdot \Delta I} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} S = r^2 \cdot \pi \\ \Delta I = I_2 - I_1 \end{array} \right] \Rightarrow N^2 = \frac{U_i \cdot \Delta t \cdot l}{\mu_0 \cdot r^2 \cdot \pi \cdot (I_2 - I_1)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N^2 = \frac{U_i \cdot \Delta t \cdot l}{\mu_0 \cdot r^2 \cdot \pi \cdot (I_2 - I_1)} \quad / \sqrt{\quad} \Rightarrow N = \sqrt{\frac{U_i \cdot \Delta t \cdot l}{\mu_0 \cdot r^2 \cdot \pi \cdot (I_2 - I_1)}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = \frac{1}{r} \cdot \sqrt{\frac{U_i \cdot \Delta t \cdot l}{\mu_0 \cdot \pi \cdot (I_2 - I_1)}} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{3.5 \cdot 10^{-2} \text{ V} \cdot 10^{-2} \text{ s} \cdot 0.1 \text{ m}}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \cdot \pi \cdot (0.1 \text{ A} - 10^{-2} \text{ A})}} = 1986.$$

### Vježba 318

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 319 (Šime2, maturant)

Između polova elektromagneta kruže elektroni po kružnici polumjera 0.5 m tako da je magnetsko polje okomito na ravninu kružnice. Koliku energiju dobiva elektron pri jednom potpunom okretu ako se magnetska indukcija mijenja brzinom  $10 \text{ T} \cdot \text{s}^{-1}$ ? (naboj elektrona  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

### Rješenje 319

$$r = 0.5 \text{ m}, \quad \frac{\Delta B}{\Delta t} = 10 \frac{T}{s}, \quad N = 1, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad W = ?$$

Ploština kruga polumjera r iznosi:

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

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



izraza

$$W = Q \cdot U \Rightarrow U = \frac{W}{Q}.$$

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

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

Konačno dobijemo

$$\begin{aligned} \frac{W}{Q} &= N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \frac{W}{e} = N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \frac{W}{e} = N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot e \Rightarrow W = N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot e \Rightarrow \\ \Rightarrow \left[ S = r^2 \cdot \pi \right] &\Rightarrow W = N \cdot r^2 \cdot \pi \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot e = 1 \cdot (0.5 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 10 \frac{\text{T}}{\text{s}} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 1.26 \cdot 10^{-18} \text{ J}. \end{aligned}$$

### Vježba 319

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 320 (Šime2, maturant)

Koliki je magnetski tok kroz zavojnicu od 500 zavoja, induktiviteta 10 mH pri jakosti struje 10 A uz pretpostavku da je kroz svaki od N zavoja tok jednak?

### Rješenje 320

$$N = 500, \quad L = 10 \text{ mH} = 10^{-2} \text{ H}, \quad I = 10 \text{ A}, \quad \Phi = ?$$

Prolazeći površinu zatvorenu nekim vodičem struja jakosti I uzrokuje da kroz tu površinu prolazi tok:

$$\Phi = L \cdot I.$$

Za zavojnicu s N zavoja vrijedi:

$$N \cdot \Phi = L \cdot I,$$

gdje je L induktivitet.

$$N \cdot \Phi = L \cdot I \Rightarrow N \cdot \Phi = L \cdot I \cdot \frac{1}{N} \Rightarrow \Phi = \frac{L \cdot I}{N} = \frac{10^{-2} \text{ H} \cdot 10 \text{ A}}{500} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Wb} = 0.2 \text{ mWb}.$$

**Vježba 320**

Odmor!

**Rezultat:** ...

[www.halapa.com](http://www.halapa.com)