

**Zadatak 101 (Josipa, srednja škola)**

Struja koja teče kroz ravnu žicu proizvodi magnetsko polje.

- A) da
- B) ne
- C) samo ukoliko se žica giblje
- D) samo u nekim slučajevima
- E) samo u unutrašnjosti žice.

**Rješenje 101**

Magnetsko polje je prostor oko magneta u kojem djeluje magnetska sila. Svaki naboj koji se giba stvara u prostoru magnetsko polje. Osnovno je svojstvo magnetskog polja njegova sposobnost djelovanja nekom silom na vodič kojim teče struja. Magnetske silnice ravnog vodiča kroz koji teče struja su koncentrične kružnice koje leže na ravninama okomitim na vodič, a središte im se nalazi na osi vodiča.

Odgovor je pod A.

**Vježba 101**

Svaki naboj koji miruje stvara u prostoru magnetsko polje.

- A) da
- B) ne
- C) ovisi o predznaku naboja
- D) samo u nekim slučajevima
- E) ovisi o količini naboja.

**Rezultat:** B.

**Zadatak 102 (Josipa, srednja škola)**

Električni naboj smješten je u nekoj točki između polova magneta. Djelovanje polja na naboj očituje se kao sila

- A) okomita na smjer magnetskog polja
- B) usmjerena paralelno poljem
- C) usmjerena prema sjevernom polu magneta
- D) smjer sile ovisan je o predznaku naboja
- E) nema djelovanja na naboj.

**Rješenje 102**

Magnetsko polje je prostor oko magneta u kojem djeluje magnetska sila. Svaki naboj koji se giba stvara u prostoru magnetsko polje. Budući da naboj miruje, nema magnetskog polja pa na naboj ne djeluje sila.

Odgovor je pod E.

**Vježba 102**

Elektron je smješten u nekoj točki između polova magneta. Djelovanje polja na naboj očituje se kao sila

- A) okomita na smjer magnetskog polja
- B) usmjerena paralelno poljem
- C) usmjerena prema sjevernom polu magneta
- D) smjer sile ovisan je o predznaku elektrona
- E) nema djelovanja na elektron.

**Rezultat:** E.

**Zadatak 103 (Josipa, srednja škola)**

Pri prolazu kroz vremenski nepromjenljivo magnetsko polje elektronu se može promijeniti brzina:

- A) samo po iznosu
- B) samo po smjeru
- C) i po iznosu i po smjeru
- D) ne može se promijeniti

E) nije odredemo.

### Rješenje 103

#### Lorentzova sila

Kao što se u prostoru oko naboja koji miruje javlja električno polje, tako se u prostoru oko naboja koji se giba javlja magnetsko polje.

Homogeno magnetsko polje gustoće toka  $B$  djeluje na naboj  $Q$  koji se giba u polju brzinom  $v$ , silom

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

gdje je  $\alpha$  kut između smjera magnetskog polja i smjera gibanja čestice. Djelovanje Lorentzove sile prisiljava česticu da se giba po kružnici brzinom  $v$ . Dakle, Lorentzova sila djeluje kao centripetalna sila. Pri gibanju tijela po kružnici brzina  $v$  stalno se mijenja. Ona ostaje jednaka po veličini, ali joj se neprestano mijenja smjer.

Odgovor je pod B.

### Vježba 103

Pri prolazu kroz vremenski nepromjenljivo magnetsko polje protonu se može promijeniti brzina:

- A) samo po iznosu
- B) samo po smjeru
- C) i po iznosu i po smjeru
- D) ne može se promijeniti
- E) nije određeno.

**Rezultat:** B.

### Zadatak 104 (Josipa, srednja škola)

Vodič oblika prstena giba se konstantno u homogenom i vremenski konstantnom magnetskom polju. Prstenom će teći inducirana električna struja:

- A) ako se giba u smjeru magnetskog polja
- B) ako se giba suprotno smjeru magnetskog polja
- C) ako se giba okomito na smjer magnetskog polja
- D) ako se giba ubrzano
- E) neće teći struja.

### Rješenje 104

Elektromagnetskom indukcijom nazivamo pojavu induciranog napona u vodiču, izazvanoga promjenom magnetskog toka. Ako se u magnetskom polju magnetske indukcije  $B$  giba vodič duljine  $l$  brzinom  $v$ , kojega smjer čini kut  $\alpha$  s vektorom magnetske indukcije, onda se iznos induciranog napona može odrediti izrazom

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

Kada se vodič oblika prstena giba u smjeru polja dobije se

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 0^\circ \Rightarrow \sin 0^\circ = 0 \\ U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow U_i = 0.$$

Kada se vodič oblika prstena giba suprotno smjeru polja dobije se

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 180^\circ \Rightarrow \sin 180^\circ = 0 \\ U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow U_i = 0.$$

Kada se vodič oblika prstena giba okomito na smjer polja, dobije se

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin 90^\circ = 1 \\ U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow U_i = B \cdot l \cdot v \neq 0.$$

Odgovor je pod C.

### Vježba 104

Vodič oblika prstena giba se konstantno u homogenom i vremenski konstantnom magnetskom polju. U prstenu će se pojaviti inducirani napon:

- A) ako se giba u smjeru magnetskog polja
- B) ako se giba suprotno smjeru magnetskog polja
- C) ako se giba okomito na smjer magnetskog polja
- D) ako se giba ubrzano
- E) neće se inducirati napon.

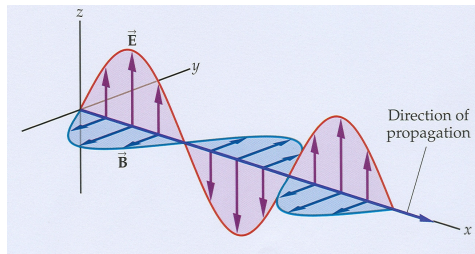
**Rezultat:** C.

### Zadatak 105 (Josipa, srednja škola)

U elektromagnetskom valu smjerovi vektora električnog i magnetskog polja jesu:

- A) paralelni
- B) antiparalelni
- C) okomiti
- D) paralelni smjeru širenja vala
- E) nezavisni.

### Rješenje 105



Elektromagnetske valove stvaraju električni naboji koji se gibaju akcelerirano. Za razliku od ostalih valova koji se šire nekim sredstvom, elektromagnetski se valovi mogu širiti vakuumom. Smjerovi električnoga i magnetnog polja u elektromagnetskom valu okomiti su jedan na drugi i oba su okomita na smjer širenja vala, što ih čini transverzalnima.

Brzina elektromagnetskih valova ovisi samo o električnim i magnetnim svojstvima sredstva kojim se šire.

Odgovor je pod C.

### Vježba 105

U elektromagnetskom valu smjerovi vektora električnog i magnetskog polja jesu:

- A) paralelni sa smjerom širenja vala
- B) antiparalelni sa smjerom širenja vala
- C) okomiti na smjer širenja vala
- D) nije određeno
- E) nezavisni.

**Rezultat:** C.

### Zadatak 106 (Iva, srednja škola)

U krug izmjenične struje serijski su spojeni otpornik, zavojnica i kondenzator. Pri frekvenciji 100 Hz induktivni je otpor četiri puta veći od kapacitivnoga. Pri kojoj će frekvenciji nastupiti rezonancija u tom strujnom krugu?

- A) 25 Hz
- B) 50 Hz
- C) 100 Hz
- D) 200 Hz

### Rješenje 106

$$\nu = 100 \text{ Hz}, \quad R_L = 4 \cdot R_C, \quad \nu_1 = ?$$

U krugu izmjenične struje osim omskog, ponekad se javlja:

- induktivni otpor:

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

- kapacitivni otpor:

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

Ako su induktivni i kapacitivni otpori jednaki, poništavaju se i dolazi do električne rezonancije. Zbog uvjeta

$$R_L = R_C$$

slijedi da je rezonantna frekvencija

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

Iz uvjeta zadatka dobije se:

$$\begin{aligned} R_L = 4 \cdot R_C &\Rightarrow L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu = 4 \cdot \frac{1}{C \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu} \Rightarrow L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu = 4 \cdot \frac{1}{C \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu} \cdot \frac{C}{2 \cdot \pi \cdot \nu} \Rightarrow \\ &\Rightarrow L \cdot C = \frac{4}{(2 \cdot \pi \cdot \nu)^2} \end{aligned}$$

Računamo frekvenciju  $\nu_1$  pri kojoj će nastupiti rezonancija u strujnom krugu.

$$\left. \begin{aligned} \nu_1 &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \\ L \cdot C &= \frac{4}{(2 \cdot \pi \cdot \nu)^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow \nu_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{4}{(2 \cdot \pi \cdot \nu)^2}}} \Rightarrow \nu_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \frac{2}{2 \cdot \pi \cdot \nu}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \frac{2}{2 \cdot \pi \cdot \nu}} \Rightarrow \nu_1 = \frac{\nu}{2} = \frac{100 \text{ Hz}}{2} = 50 \text{ Hz}$$

### Vježba 106

U krug izmjenične struje serijski su spojeni otpornik, zavojnica i kondenzator. Pri frekvenciji 200 Hz induktivni je otpor četiri puta veći od kapacitivnoga. Pri kojoj će frekvenciji nastupiti rezonancija u tom strujnom krugu?

- A) 25 Hz      B) 50 Hz      C) 100 Hz      D) 200 Hz

**Rezultat:** C.

### Zadatak 107 (Melita, srednja škola)

U magnetsko polje B uleti proton brzinom  $v$  okomito na silnice polja te se u polju nastavi gibati po kružnoj stazi polumjera 5 cm. Koliki bi bio polumjer staze po kojem bi se u istome polju gibala  $\alpha$  – čestica jednakom brzinom. (Masa  $\alpha$  – čestice je četiri puta veća od mase protona, a naboj joj je dva puta veći od naboja protona.)

### Rješenje 107

$$B, \quad r_p = 5 \text{ cm}, \quad m_\alpha = 4 \cdot m_p, \quad q_\alpha = 2 \cdot q_p, \quad r_\alpha = ?$$

Da bi se tijelo gibalo po kružnici, potrebno je da na nj djeluje centripetalna sila

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

koja ima smjer prema središtu kružnice.

### Lorentzova sila

Ako se u magnetskom polju B 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 magnetskog polja i smjera gibanja čestice.

Ako je taj kut pravi kut ( $90^\circ$ ), tada je

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

Kako Lorentzova sila, koja djeluje na nabijenu česticu u magnetskom polju, ima ulogu centripetalne sile, polumjer staze možemo naći iz odnosa

$$B \cdot Q \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow B \cdot Q \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} / \cdot \frac{r}{B \cdot Q \cdot v} \Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{B \cdot Q}$$

Polumjer kružne staze:

- protona  $r_p = \frac{m_p \cdot v}{B \cdot q_p}$
- $\alpha$  – čestice  $r_\alpha = \frac{m_\alpha \cdot v}{B \cdot q_\alpha}$ .

Računamo polumjer kružne staze  $\alpha$  – čestice.

1. inačica

Promatramo omjer polumjera kružnih staza  $\alpha$  – čestice i protona.

$$\frac{r_\alpha}{r_p} = \frac{\frac{m_\alpha \cdot v}{B \cdot q_\alpha}}{\frac{m_p \cdot v}{B \cdot q_p}} \Rightarrow \frac{r_\alpha}{r_p} = \frac{B \cdot q_p}{m_p \cdot v} \Rightarrow \frac{r_\alpha}{r_p} = \frac{m_\alpha}{m_p} \Rightarrow \frac{r_\alpha}{r_p} = \frac{m_\alpha \cdot q_p}{m_p \cdot q_\alpha} \Rightarrow \frac{r_\alpha}{r_p} = \frac{4 \cdot m_p \cdot q_p}{m_p \cdot 2 \cdot q_p} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{r_\alpha}{r_p} = \frac{4 \cdot m_p \cdot q_p}{m_p \cdot 2 \cdot q_p} \Rightarrow \frac{r_\alpha}{r_p} = \frac{4}{2} \Rightarrow \frac{r_\alpha}{r_p} = 2 \Rightarrow \frac{r_\alpha}{r_p} = 2 \cdot r_p \Rightarrow r_\alpha = 2 \cdot r_p = 2 \cdot 5 \text{ cm} = 10 \text{ cm}.$$

2. inačica

$$\left. \begin{array}{l} r_\alpha = \frac{m_\alpha \cdot v}{B \cdot q_\alpha} \\ r_p = \frac{m_p \cdot v}{B \cdot q_p} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} r_\alpha = \frac{4 \cdot m_p \cdot v}{B \cdot 2 \cdot q_p} \\ r_p = \frac{m_p \cdot v}{B \cdot q_p} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} r_\alpha = \frac{4 \cdot m_p \cdot v}{B \cdot 2 \cdot q_p} \\ r_p = \frac{m_p \cdot v}{B \cdot q_p} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} r_\alpha = 2 \cdot \frac{m_p \cdot v}{B \cdot q_p} \\ r_p = \frac{m_p \cdot v}{B \cdot q_p} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r_\alpha = 2 \cdot r_p = 2 \cdot 5 \text{ cm} = 10 \text{ cm}.$$

### Vježba 107

U magnetsko polje B uleti proton brzinom  $v$  okomito na silnice polja te se u polju nastavi gibati po kružnoj stazi polumjera 10 cm. Koliki bi bio polumjer staze po kojem bi se u istome polju gibala  $\alpha$  – čestica jednakom brzinom. (Masa  $\alpha$  – čestice je četiri puta veća od mase protona, a naboj joj je dva puta veći od naboja protona.)

**Rezultat:** 20 cm.

### Zadatak 108 (Matea, medicinska škola)

Kada se ravni vodič giba okomito na silnice homogenoga magnetskoga 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 magnetskome polju giba duž silnica brzinom 15 m/s?

- A) 0 V      B) 15 V      C) 20 V      D) 30 V

### Rješenje 108

1. inačica

Kada se vodič duljine  $l$  giblje okomito na magnetsko polje na njegovim se krajevima inducira napon jednak umnošku indukcije  $B$ , duljine vodiča  $l$  i brzine vodiča  $v$ :

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

Ako kut između smjera gibanja vodiča (smjera brzine  $\vec{v}$ ) i smjera magnetskog polja  $\vec{B}$  nije  $90^\circ$ , nego je manji, inducirani se napon dobije množenjem komponente brzine okomite na magnetsko polje s indukcijom  $B$  i duljinom vodiča  $l$ . Pri kutu  $0^\circ$  okomita komponenta brzine je nula, vodič tada ne siječe silnice, već se giba uzduž silnica, te nema inducirano napona.

Odgovor je pod A.

2. inačica

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 inducirano napona može odrediti izrazom

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

Budući da se ravni vodič giba u magnetskom polju duž silnica, kut  $\varphi = 0^\circ$  pa slijedi:

$$U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \varphi \Rightarrow U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin 0^\circ \Rightarrow U_i = B \cdot l \cdot v \cdot 0 \Rightarrow U_i = 0 \text{ V}.$$

Odgovor je pod A.

### Vježba 108

Kada se ravni vodič giba okomito na silnice homogenoga magnetskoga polja brzinom  $20 \text{ m/s}$  na njegovim se krajevima inducira napon od  $40 \text{ V}$ . Koliki se napon inducira na tom vodiču kada se on u istome magnetskome polju giba duž silnica brzinom  $35 \text{ m/s}$ ?

- A)  $0 \text{ V}$       B)  $15 \text{ V}$       C)  $20 \text{ V}$       D)  $30 \text{ V}$

**Rezultat:** A.

### Zadatak 109 (Matea, medicinska škola)

Proton se giba u homogenome magnetskom polju iznosa  $55 \mu\text{T}$  okomito na silnice magnetskoga polja. Brzina gibanja protona iznosi  $10^5 \text{ m/s}$ . Koliki je iznos sile koja djeluje na proton? (Naboj protona  $Q = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

### Rješenje 109

$$B = 55 \mu\text{T} = 5.5 \cdot 10^{-5} \text{ T}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad v = 10^5 \text{ m/s}, \quad Q = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad F = ?$$

### Lorentzova sila

Ako se u magnetskom 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 magnetskog polja i smjera gibanja čestice.

Sila koja djeluje na proton iznosi:

$$F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha = 5.5 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin 90^\circ = \left[ \sin 90^\circ = 1 \right] = 8.811 \cdot 10^{-19} \text{ N}.$$

### Vježba 109

Proton se giba u homogenome magnetskom polju iznosa  $27.5 \mu\text{T}$  okomito na silnice magnetskoga polja. Brzina gibanja protona iznosi  $2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ . Koliki je iznos sile koja djeluje na proton? (Naboj protona  $Q = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

**Rezultat:**  $8.811 \cdot 10^{-19} \text{ N}$ .

### Zadatak 110 (Emanuel, gimnazija)

Ravni vodič duljine  $3 \text{ dm}$  savijemo u kružnu petlju. Kroz petlju prolazi polje indukcije  $0.1 \text{ T}$ . Izračunaj magnetski tok.

### Rješenje 110

$$l = 3 \text{ dm} = 0.3 \text{ m}, \quad B = 0.1 \text{ T}, \quad \Phi = ?$$

Magnetski tok  $\Phi$  kroz površinu ploštine  $S$ , okomitu na smjer magnetske indukcije  $B$ , jednak je umnošku magnetske indukcije i ploštine te površine:

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

Budući da je ravni vodič savijen u kružnu petlju (kružnicu), duljina vodiča jednaka je opsegu kružnice. Računamo polumjer kružne petlje (kružnice).

$$\left. \begin{array}{l} O = l \\ O = 2 \cdot r \cdot \pi \end{array} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{komparacija} \end{array} \right] \Rightarrow 2 \cdot r \cdot \pi = l \Rightarrow 2 \cdot r \cdot \pi = l / \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi} \Rightarrow r = \frac{l}{2 \cdot \pi}.$$

Magnetski tok iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} \Phi = B \cdot S \\ S = r^2 \cdot \pi \text{ površina kruga} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow \Phi = B \cdot r^2 \cdot \pi \Rightarrow \left[ r = \frac{l}{2 \cdot \pi} \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Phi = B \cdot \left( \frac{l}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \pi \Rightarrow \Phi = B \cdot \frac{l^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot \pi \Rightarrow \Phi = B \cdot \frac{l^2}{4 \cdot \pi} \cdot \pi \Rightarrow \Phi = B \cdot \frac{l^2}{4 \cdot \pi} =$$

$$= 0.1 \text{ T} \cdot \frac{(0.3 \text{ m})^2}{4 \cdot \pi} = 7.16 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}.$$

### Vježba 110

Ravni vodič duljine 30 cm savijemo u kružnu petlju. Kroz petlju prolazi polje indukcije 100 mT. Izračunaj magnetski tok.

**Rezultat:**  $7.16 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$ .

### Zadatak 111 (Emanuel, gimnazija)

Bakreni vodič dugačak 5 dm giba se brzinom 50 cm/s u magnetskom polju tako da siječe njegove silnice pod pravim kutom. Koliki je inducirani napon, ako je magnetska indukcija  $5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ ?

#### Rješenje 111

$$l = 5 \text{ dm} = 0.5 \text{ m}, \quad v = 50 \text{ cm/s} = 0.5 \text{ m/s}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad B = 5 \cdot 10^{-2} \text{ T}, \quad U_i = ?$$

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 inducirano napona može odrediti izrazom

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

Inducirani napon  $U_i$  iznosi:

$$U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \varphi = 5 \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot 0.5 \text{ m} \cdot 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin 90^\circ = \left[ \sin 90^\circ = 1 \right] = 5 \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot 0.5 \text{ m} \cdot 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1 =$$

$$= 5 \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot 0.5 \text{ m} \cdot 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.0125 \text{ V} = 1.25 \cdot 10^{-2} \text{ V}.$$

### Vježba 111

Bakreni vodič dugačak 10 dm giba se brzinom 25 cm/s u magnetskom polju tako da siječe njegove silnice pod pravim kutom. Koliki je inducirani napon, ako je magnetska indukcija  $5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ ?

**Rezultat:**  $1.25 \cdot 10^{-2} \text{ V}$ .

### Zadatak 112 (Emanuel, gimnazija)

Koliki se napon inducira u zavojnici sa 10 zavoja, poprečnog presjeka  $5 \text{ cm}^2$ , ako zavojnicu za 5 milisekundi unesemo u polje jakosti  $80 \text{ kA/m}$ ?

#### Rješenje 112

$$N = 10, \quad S = 5 \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2, \quad t = 5 \text{ ms} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ s}, \quad H = 80 \text{ kA/m} = 8 \cdot 10^4 \text{ A/m},$$

$$U_i = ?$$

Tok homogenoga magnetskog polja kroz površinu ploštine S, okomitu na smjer magnetske indukcije B, jednak je umnošku magnetske indukcije i ploštine te površine:

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

Osim magnetskom indukcijom B, magnetsko polje opisujemo i veličinom koja se naziva jakost magnetskog polja H. Magnetska indukcija B i jakost magnetskog polja H u praznini (vakuumu) vezane su odnosom

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

gdje je  $\mu_0$  permeabilnost vakuuma

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} = 12.56 \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}.$$

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 jer nas zanima samo veličina napona, a ne njegov smjer.

Napon inducirani u zavojnici iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} U_i = N \cdot \frac{\Phi}{t} \\ \Phi = B \cdot S \\ B = \mu_0 \cdot H \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} U_i = N \cdot \frac{B \cdot S}{t} \\ B = \mu_0 \cdot H \end{array} \right\} \Rightarrow U_i = N \cdot \frac{\mu_0 \cdot H \cdot S}{t} = 10 \cdot \frac{12.56 \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \cdot 8 \cdot 10^4 \frac{A}{m} \cdot 5 \cdot 10^{-4} m^2}{5 \cdot 10^{-3} s} = 0.1 V.$$

### Vježba 112

Koliki se napon inducira u zavojnici sa 10 zavoja, poprečnog presjeka  $5 \text{ cm}^2$ , ako zavojnicu za 10 milisekundi unesemo u polje jakosti  $160 \text{ kA/m}$ ?

**Rezultat:**  $0.1 \text{ V}$ .

### Zadatak 113 (Marija, gimnazija)

U zavojnici induktivnosti  $0.4 \text{ H}$  pojavi se napon samoindukcije  $20 \text{ V}$ . Odredi srednju brzinu promjene struje u zavojnici.

### Rješenje 113

$$L = 0.4 \text{ H}, \quad U_i = 20 \text{ V}, \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = ?$$

Samoindukcijom nazivamo pojavu inducirano napona u vodiču pri promjeni jakosti struje koja njime teče. Inducirani napon samoindukcije razmjeran je s brzinom promjene jakosti struje:

$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow U_i = -L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t},$$

gdje je L induktivnost zavojnice koja ovisi o njezinom 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.



Srednja brzina promjene struje iznosi:



$$U_i = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow U_i = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \cdot \frac{1}{L} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_i}{L} = \frac{20 \text{ V}}{0.4 \text{ H}} = 50 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 50 \text{ A} \cdot \text{s}^{-1}.$$

### Vježba 113

U zavojnici induktivnosti 0.8 H pojavi se napon samoindukcije 40 V. Odredi srednju brzinu promjene struje u zavojnici.

**Rezultat:** 50 A · s<sup>-1</sup>.

### Zadatak 114 (Marija, gimnazija)

U zavojnici se za vrijeme 0.2 s promijeni jakost struje od 15 A na 10 A. Pritom se inducira napon 2 V. Kolika je induktivnost zavojnice?

#### Rješenje 114

$$\Delta t = 0.2 \text{ s}, \quad I_1 = 15 \text{ A}, \quad I_2 = 10 \text{ A}, \quad U_i = 2 \text{ V}, \quad L = ?$$

Samoindukcijom nazivamo pojavu induciranog napona u vodiču pri promjeni jakosti struje koja njime teče. Inducirani napon samoindukcije razmjernan je s brzinom promjene jakosti struje:

$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow U_i = -L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t},$$

gdje je L induktivnost zavojnice koja ovisi o njezinom obliku, veličini te svojstvu sredstva koje je ispunjava.

Induktivnost L zavojnice iznosi:

$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow U_i = -L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t} \Rightarrow U_i = -L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t} \cdot \left( -\frac{\Delta t}{I_2 - I_1} \right) \Rightarrow \\ \Rightarrow L = -U_i \cdot \frac{\Delta t}{I_2 - I_1} = -2 \text{ V} \cdot \frac{0.2 \text{ s}}{10 \text{ A} - 15 \text{ A}} = 0.08 \text{ H} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ H}.$$

### Vježba 114

U zavojnici se za vrijeme 0.2 s promijeni jakost struje od 16 A na 11 A. Pritom se inducira napon 2 V. Kolika je induktivnost zavojnice?

**Rezultat:** 0.08 H.

### Zadatak 115 (Tomo, gimnazija)

Kroz zavojnicu induktivnosti L = 0.1 H protječe električna struja čija se jakost mijenja brzinom 2.1 A/s. Koliki je inducirani napon samoindukcije u zavojnici?

#### Rješenje 115

$$L = 0.1 \text{ H}, \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = 2.1 \frac{\text{A}}{\text{s}}, \quad U_i = ?$$

Samoindukcijom nazivamo pojavu induciranog napona u vodiču pri promjeni jakosti struje koja njime teče. Inducirani napon samoindukcije razmjernan je s brzinom promjene jakosti struje:

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

gdje je L induktivnost zavojnice koja ovisi o njezinom 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.

Inducirani napon samoindukcije u zavojnici iznosi:

$$U_i = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0.1 \text{ H} \cdot 2.1 \frac{\text{A}}{\text{s}} = 0.21 \text{ V}.$$

### Vježba 115

Kroz zavojnicu induktivnosti L = 0.2 H protječe električna struja čija se jakost mijenja brzinom 2.1 A/s. Koliki je inducirani napon samoindukcije u zavojnici?

**Rezultat:** 0.42 V.

**Zadatak 116 (Tomo, gimnazija)**

Struja, stalne jakosti  $I = 4 \text{ A}$ , protječe kroz zavojnicu. Pri isključenju strujnog izvora jakost struje padne na nulu za vrijeme  $t = 0.03 \text{ ms}$ . Ako je induktivnost zavojnice  $L = 50 \text{ mH}$ , kolika je srednja vrijednost inducirano napona u zavojnici?

**Rješenje 116**

$$I_1 = I = 4 \text{ A}, \quad I_2 = 0 \text{ A}, \quad t = 0.03 \text{ ms} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ s}, \quad L = 50 \text{ mH} = 0.05 \text{ H}, \quad U_i = ?$$

Samoindukcijom nazivamo pojavu inducirano napona u vodiču pri promjeni jakosti struje koja njime teče. Inducirani napon samoindukcije razmjernan je s brzinom promjene jakosti struje:

$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow U_i = -L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t},$$

gdje je  $L$  induktivnost zavojnice koja ovisi o njezinom obliku, veličini te svojstvu sredstva koje je ispunjava.

Inducirani napon samoindukcije u zavojnici iznosi:

$$U_i = -L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t} = -0.05 \text{ H} \cdot \frac{0 \text{ A} - 4 \text{ A}}{3 \cdot 10^{-5} \text{ s}} = 6666.67 \text{ V} \approx 6.67 \text{ kV}.$$

**Vježba 116**

Struja, stalne jakosti  $I = 4 \text{ A}$ , protječe kroz zavojnicu. Pri isključenju strujnog izvora jakost struje padne na nulu za vrijeme  $t = 0.03 \text{ ms}$ . Ako je induktivnost zavojnice  $L = 25 \text{ mH}$ , kolika je srednja vrijednost inducirano napona u zavojnici?

**Rezultat:** 3.33 kV.

**Zadatak 117 (Tomo, gimnazija)**

U zavojnici se stvara inducirani napon samoindukcije  $12 \text{ V}$  za vrijeme  $0.3 \text{ ms}$ . Tijekom toga vremena jakost struje kroz zavojnicu jednoliko se poveća od  $0 \text{ A}$  do  $6.5 \text{ A}$ . Kolika je induktivnost zavojnice?

**Rješenje 117**

$$U_i = 12 \text{ V}, \quad \Delta t = 3 \cdot 10^{-4} \text{ s}, \quad I_1 = 0 \text{ A}, \quad I_2 = 6.5 \text{ A}, \quad L = ?$$

Samoindukcijom nazivamo pojavu inducirano napona u vodiču pri promjeni jakosti struje koja njime teče. Inducirani napon samoindukcije razmjernan je s brzinom promjene jakosti struje:

$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow U_i = -L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t},$$

gdje je  $L$  induktivnost zavojnice koja ovisi o njezinom 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.

Induktivnost  $L$  zavojnice iznosi:

$$U_i = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow U_i = L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t} \Rightarrow U_i = L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{I_2 - I_1} \Rightarrow \\ \Rightarrow L = U_i \cdot \frac{\Delta t}{I_2 - I_1} = 12 \text{ V} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-4} \text{ s}}{6.5 \text{ A} - 0 \text{ A}} = 5.54 \cdot 10^{-4} \text{ H} = 0.555 \text{ mH}.$$

**Vježba 117**

U zavojnici se stvara inducirani napon samoindukcije  $24 \text{ V}$  za vrijeme  $0.3 \text{ ms}$ . Tijekom toga vremena jakost struje kroz zavojnicu jednoliko se poveća od  $0 \text{ A}$  do  $6.5 \text{ A}$ . Kolika je induktivnost zavojnice?

**Rezultat:** 0.001 H.

**Zadatak 118 (Marko, gimnazija)**

Zavojnica ima 100 zavoja, unutarnji otpor  $6 \Omega$  i površinu presjeka od  $80 \text{ cm}^2$ . Kolikom brzinom se mijenja magnetska indukcija usmjerena okomito na površinu poprečnog presjeka zavojnice

ako se u njoj inducira struja jakosti 1 mA?

### Rješenje 118

$$N = 100, \quad R = 6 \, \Omega, \quad S = 80 \, \text{cm}^2 = 0.008 \, \text{m}^2, \quad I = 1 \, \text{mA} = 0.001 \, \text{A}, \quad \frac{\Delta B}{\Delta t} = ?$$

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

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow U = I \cdot R.$$

Tok homogenoga magnetskog polja kroz površinu ploštine S, okomitu na smjer magnetske indukcije B, jednak je umnošku magnetske indukcije i ploštine te površine:

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

Napon koji se inducira u zavojnici (inducirani napon) s N zavoja razmjern 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 jer nas zanima samo veličina napona, a ne njegov smjer.

Tok polja je

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

gdje se površina S kojom prolazi tok ne mijenja pa je prema tome

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

Odatle je trenutačna brzina promjene magnetske indukcije

$$\left. \begin{array}{l} U_i = N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \\ U_i = I \cdot R \end{array} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{komparacije} \end{array} \right] \Rightarrow N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = I \cdot R \Rightarrow N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = I \cdot R \cdot \frac{1}{N \cdot S} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{I \cdot R}{N \cdot S} = \frac{0.001 \, \text{A} \cdot 6 \, \Omega}{100 \cdot 0.008 \, \text{m}^2} = 0.0075 \, \frac{\text{T}}{\text{s}}.$$

### Vježba 118

Zavojnica ima 1000 zavoja, unutarnji otpor 12  $\Omega$  i površinu presjeka od 80  $\text{cm}^2$ . Kolikom brzinom se mijenja magnetska indukcija usmjerena okomito na površinu poprečnog presjeka zavojnice ako se u njoj inducira struja jakosti 1 mA?

**Rezultat:** 0.0075 T/s.

### Zadatak 119 (Marko, gimnazija)

Povećanjem jakosti struje u vremenskom intervalu  $\Delta t = 20 \, \text{ms}$ , u zavojnici induktivnosti 0.005 H inducira se napon 0.8 V. Izračunajte konačnu jakost struje u zavojnici ako je početna jakost 3 A.

### Rješenje 119

$$\Delta t = 20 \, \text{ms} = 0.02 \, \text{s}, \quad L = 0.005 \, \text{H}, \quad U_i = 0.8 \, \text{V}, \quad I_1 = 3 \, \text{A}, \quad I_2 = ?$$

Samoindukcijom nazivamo pojavu inducirano napona u vodiču pri promjeni jakosti struje koja njime teče. Inducirani napon samoindukcije razmjern je s brzinom promjene jakosti struje:

$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow U_i = -L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t},$$

gdje je L induktivnost zavojnice koja ovisi o njezinom obliku, veličini te svojstvu sredstva koje je ispunjava.

Konačna jakost struje  $I_2$  u zavojnici iznosi:

$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow U_i = -L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t} \Rightarrow U_i = -L \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t} \cdot \left( -\frac{\Delta t}{L} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_2 - I_1 = -\frac{U_i \cdot \Delta t}{L} \Rightarrow I_2 = 3 \text{ A} - \frac{0.8 \text{ V} \cdot 0.02 \text{ s}}{0.005 \text{ H}} = -0.2 \text{ A}.$$

### Vježba 119

Povećanjem jakosti struje u vremenskom intervalu  $\Delta t = 20 \text{ ms}$ , u zavojnici induktivnosti  $0.01 \text{ H}$  inducira se napon  $1.6 \text{ V}$ . Izračunajte konačnu jakost struje u zavojnici ako je početna jakost bila  $3 \text{ A}$ .

**Rezultat:**  $-0.2 \text{ A}$ .

### Zadatak 120 (Boško, gimnazija)

Homogeno magnetsko polje okomito je na ravninu metalnog prstena promjera  $20 \text{ cm}$ . Kolika se elektromotorna sila inducira u prstenu ako se magnetska indukcija povećava brzinom  $0.12 \text{ Ts}^{-1}$ ?

### Rješenje 120

$$N = 1 \text{ (prsten = jedan zavoj)}, \quad d = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}, \quad \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.12 \frac{\text{T}}{\text{s}}, \quad U_i = ?$$

Tok homogenoga magnetskog polja kroz površinu ploštine  $S$ , okomitu na smjer magnetske indukcije  $B$ , jednak je umnošku magnetske indukcije i ploštine te površine:

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

Napon koji se inducira u zavojnici (inducirani napon, elektromotorna sila) 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 pa je prema tome

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

Odatle je elektromotorna sila (inducirani napon) u prstenu jednaka:

$$\left. \begin{array}{l} U_i = -N \cdot S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \\ S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \text{ površina kruga promjera } d \end{array} \right\} \Rightarrow U_i = -N \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = -1 \cdot \frac{(0.2 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} \cdot 0.12 \frac{\text{T}}{\text{s}} =$$

$$= -0.00377 \text{ V}.$$

### Vježba 120

Homogeno magnetsko polje okomito je na ravninu metalnog prstena promjera  $2 \text{ dm}$ . Kolika se elektromotorna sila inducira u prstenu ako se magnetska indukcija povećava brzinom  $120 \text{ mTs}^{-1}$ ?

**Rezultat:**  $-0.00377 \text{ V}$ .