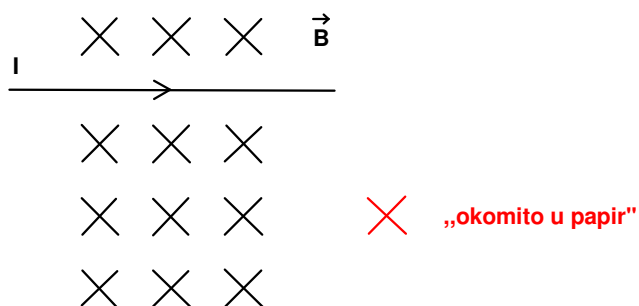


### Zadatak 261 (Leo, gimnazija)

Dugi ravni vodič kojim prolazi električna struja jakosti  $I$  nalazi se u homogenome magnetskom polju indukcije  $\vec{B}$  kao što je prikazano na slici.



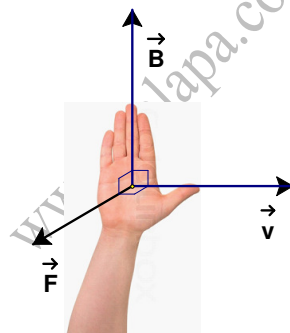
U kojemu smjeru djeluje magnetska sila na vodič?

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

### Rješenje 261

$$I, \quad B, \quad F = ?$$

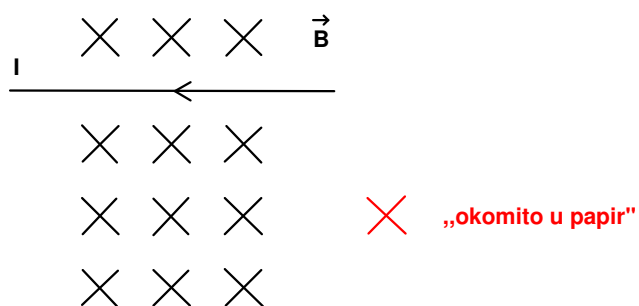
Ako se u magnetskom polju giba čestica naboja  $Q$  brzinom  $v$ , onda polje djeluje na nju silom  $F$ . Smjer otklona vodiča, odnosno nabijene čestice u magnetskom polju, možemo odrediti pravilom desnog dlana. Postavimo li desni dlan tako da prsti pokazuju u smjeru magnetskog polja, a palac u smjeru struje, odnosno u smjeru gibanja pozitivno nabijene čestice, onda će sila imati takav smjer da se vodič, odnosno čestica, nastoji udaljiti od dlana.



Odgovor je pod A.

### Vježba 261

Dugi ravni vodič kojim prolazi električna struja jakosti  $I$  nalazi se u homogenome magnetskom polju indukcije  $\vec{B}$  kao što je prikazano na slici.



U kojemu smjeru djeluje magnetska sila na vodič?

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

**Rezultat:**    B.

### Zadatak 262 (Annaje, medicinska škola)

Napiši jednadžbu za jakost izmjenične struje efektivne vrijednosti 5 A i frekvencije 50 Hz.

#### Rješenje 262

$$I = 5 \text{ A}, \quad \nu = 50 \text{ Hz}, \quad i = ?$$

Efektivna vrijednost izmjenične struje je

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}},$$

gdje je  $I_0$  najveća vrijednost struje, tj. amplituda.

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

$$i = I_0 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot t),$$

gdje je  $I_0$  najveća vrijednost struje, tj. amplituda,  $\nu$  frekvencija,  $t$  vrijeme.

$$\left. \begin{array}{l} I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \\ i = I_0 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot t) \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{I_0}{\sqrt{2}} = I \quad \left. \begin{array}{l} \\ i = I_0 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot t) \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{I_0}{\sqrt{2}} = I \cdot \sqrt{2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ i = I_0 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot t) \end{array} \right\} \Rightarrow$$
$$\left. \begin{array}{l} I_0 = I \cdot \sqrt{2} \\ i = I_0 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot t) \end{array} \right\} \Rightarrow i = I \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot t) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow i = 5 \cdot \sqrt{2} \text{ A} \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right) \Rightarrow i = 5 \cdot \sqrt{2} \text{ A} \cdot \sin\left(100 \cdot \pi \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right) \Rightarrow [\pi \approx 3.14] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow i = 5 \cdot \sqrt{2} \text{ A} \cdot \sin\left(314 \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right).$$

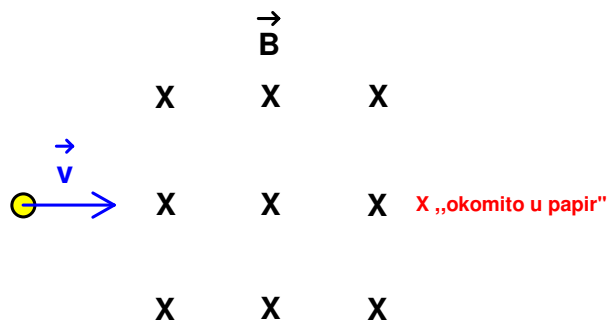
#### Vježba 262

Napiši jednadžbu za jakost izmjenične struje efektivne vrijednosti 2 A i frekvencije 50 Hz.

**Rezultat:**  $i = 2 \cdot \sqrt{2} \text{ A} \cdot \sin\left(314 \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right).$

### Zadatak 263 (Ante, srednja škola)

Okomito na silnice homogenoga magnetskog polja uleti  $\alpha$  – čestica brzinom  $5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  kao što je prikazano na slici. Kolika mora biti jakost toga magnetskog polja da se  $\alpha$  – čestica nastavi gibati po kružnici polumjera 10 cm? ( $q_\alpha = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m_\alpha = 6.68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ )



#### Rješenje 263

$$\alpha = 90^\circ, \quad \nu = 5 \cdot 10^6 \text{ m/s}, \quad r = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad Q = q_\alpha = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$
$$m = m_\alpha = 6.68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad B = ?$$

#### 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:

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

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

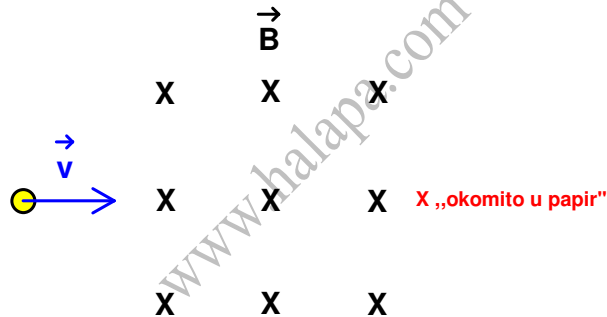
$$F_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{r}.$$

Budući da Lorentzova sila, koja djeluje na česticu u magnetskom polju, ima ulogu centripetalne sile, jakost magnetskog polja  $B$  možemo naći iz odnosa:

$$\begin{aligned} F_L = F_{cp} &\Rightarrow B \cdot Q \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow B \cdot Q \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{r} / \frac{r}{Q \cdot v} \Rightarrow B = \frac{m \cdot v}{r \cdot Q} = \\ &= \frac{6.68 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 5 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.1 \text{ m} \cdot 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1.04 \text{ T}. \end{aligned}$$

### Vježba 263

Okomito na silnice homogenoga magnetskog polja uleti  $\alpha$  – čestica brzinom  $5 \cdot 10^3 \text{ km/s}$  kao što je prikazano na slici. Kolika mora biti jakost toga magnetskog polja da se  $\alpha$  – čestica nastavi gibati po kružnici polumjera  $1 \text{ dm}$ ? ( $q_\alpha = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m_\alpha = 6.68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ )



**Rezultat:** 1.04 T.

### Zadatak 264 (Marijana, maturantica)

Električni titrajni krug sastoji se od zavojnice induktivnosti  $20 \text{ mH}$  i pločastog kondenzatora. Rezonancijska frekvencija LC kruga iznosi  $40 \text{ MHz}$ . Umetanjem dielektrika relativne permitivnosti  $\epsilon_r = 64$  rezonancijska frekvencija će biti:

- A.  $40 \text{ MHz}$       B.  $320 \text{ MHz}$       C.  $10 \text{ MHz}$       D.  $5 \text{ MHz}$       E.  $160 \text{ MHz}$

### Rješenje 264

$$L = 20 \text{ mH} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ H}, \quad C_1 = C, \quad \nu_1 = 40 \text{ MHz} = 4 \cdot 10^7 \text{ Hz} \quad \epsilon_r = 64, \quad \nu_2 = ?$$

Pločasti kondenzator sastoji se od dviju jednakih paralelnih metalnih ploča površina  $S$  na udaljenosti  $d$  između kojih je izolator. Kapacitet pločastog kondenzatora je:

- u vakuumu (i zraku)

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}$$

- u sredstvu relativne permitivnosti  $\epsilon_r$

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \Rightarrow C = \epsilon_r \cdot \left( \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \right).$$

Vlastita frekvencija titrajnog kruga s kapacitetom  $C$ , induktivnosti  $L$  i zanemarivim omskim otporom dana je Thomsonovom formulom

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

Umetanjem dielektrika relativne permitivnosti  $\epsilon_r$  kapacitet kondenzatora iznosi:

$$C_2 = \epsilon_r \cdot C_1 \Rightarrow C_2 = \epsilon_r \cdot C$$

Dalje slijedi:

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_1}} \\ v_2 &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} v_1 &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \\ v_2 &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot \epsilon_r \cdot C}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot \epsilon_r \cdot C}}}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot \epsilon_r \cdot C}}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{L \cdot \epsilon_r \cdot C}}{\sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{L \cdot C}}{\sqrt{L \cdot \epsilon_r \cdot C}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{L \cdot C}{L \cdot \epsilon_r \cdot C}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{L \cdot C}{L \cdot \epsilon_r \cdot C}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_r}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot v_1 \Rightarrow v_2 = \frac{v_1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{4 \cdot 10^7 \text{ Hz}}{\sqrt{64}} = 5 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 5 \text{ MHz}.$$

Odgovor je pod D.

### Vježba 264

Električni titrajni krug sastoji se od zavojnice induktivnosti 20 mH i pločastog kondenzatora. Rezonancijska frekvencija LC kruga iznosi 80 MHz. Umetanjem dielektrika relativne permitivnosti  $\epsilon_r = 16$  rezonancijska frekvencija će biti:

- A. 40 MHz      B. 320 MHz      C. 10 MHz      D. 5 MHz      E. 160 MHz

**Rezultat:** D.

### Zadatak 265 (Ante, srednja škola)

Metalni obroč otpora  $2 \Omega$  nalazi se u homogenome magnetskom polju. Obroč je postavljen okomito na magnetske silnice. Kolika količina naboja proteče obručem kada se magnetski tok promijeni za  $5 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$ ?

### Rješenje 265

$$N = 1, \quad R = 2 \Omega, \quad \alpha = 90^\circ, \quad \Delta\Phi = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}, \quad \Delta Q = ?$$

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

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

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

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

**Ohmov zakon** je temeljni zakon elektrotehnike.

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

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

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

Jakost električne struje I količnik je električnog naboja  $\Delta Q$  i vremenskog intervala  $\Delta t$  u kojemu taj naboj prođe određenim presjekom vodiča.

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

$$\left. \begin{array}{l} U_i = I_i \cdot R \\ U_i = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \end{array} \right\} \Rightarrow I_i \cdot R = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow \left[ I_i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right] \Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot R = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot R = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{R} \Rightarrow \Delta Q = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{R} = 1 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}}{2 \Omega} = 2.5 \cdot 10^{-4} \text{ C}.$$

### Vježba 265

Metalni obruč otpora  $2 \Omega$  nalazi se u homogenome magnetskom polju. Obruč je postavljen okomito na magnetske silnice. Kolika količina naboja proteče obručem kada se magnetski tok promijeni za  $0.5 \text{ mWb}$ ?

**Rezultat:**  $2.5 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ .

### Zadatak 266 (Martina, srednja škola)

Zavojnica s 80 zavoja i promjera 8 cm nalazi se u jednolikom magnetskom polju indukcije  $0.06 \text{ T}$ . Smjer magnetskog polja podudara se s vertikalnom osi simetrije zavojnice. Zavojnicu okrenemo za  $180^\circ$  u vremenu od  $0.2 \text{ s}$ . Odredite apsolutni iznos induciranoeg elektromotornog napona.

A.  $0.48 \text{ V}$       B.  $2.3 \text{ V}$       C.  $0.01 \text{ V}$       D.  $0.24 \text{ V}$

### Rješenje 266

$N = 80$  zavoja,       $d = 8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$ ,       $B = 0.06 \text{ T}$ ,       $\varphi = 180^\circ$ ,       $t = 0.2 \text{ s}$ ,       $|u| = ?$   
Površina kruga promjera  $d$  računa se po formuli

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

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

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

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.

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

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = \frac{1}{2} \cdot \varphi = \frac{1}{2} \cdot 180^\circ = 90^\circ \\ \Delta t = \frac{1}{2} \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 0.2 \text{ s} = 0.1 \text{ s} \end{array} \right\}.$$

Računamo  $|u|$ .

$$\left. \begin{aligned} S &= \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \\ \Delta\Phi &= B \cdot S \\ |u| &= N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} \Delta\Phi &= B \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \\ |u| &= N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow |u| = N \cdot \frac{B \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}}{\Delta t} \Rightarrow |u| = N \cdot \frac{B \cdot d^2 \cdot \pi}{4 \cdot \Delta t} = \\ &= 80 \cdot \frac{0.06 \text{ T} \cdot (0.08 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4 \cdot 0.1 \text{ s}} = 0.24 \text{ V}.$$

Odgovor je pod D.

### Vježba 266

Zavojnica s 80 zavoja i promjera 0.8 dm nalazi se u jednolikom magnetskom polju indukcije 60 mT. Smjer magnetskog polja podudara se s vertikalnom osi simetrije zavojnice. Zavojnici okrenemo za 180° u vremenu od 0.2 s. Odredite apsolutni iznos induciranog elektromotornog napona.

- A. 0.48 V      B. 2.3 V      C. 0.01 V      D. 0.24 V

**Rezultat:** D.

### Zadatak 267 (Sanja, srednja 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. 3 A      C. 4 A      D. 0.5 A      E. 1 A

### Rješenje 267

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

**Ohmov zakon** je temeljni zakon elektrotehnike.

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

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

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

Za transformatore bez gubitaka vrijedi

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

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

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

Odgovor je pod E.

### Vježba 267

Odmor!

**Rezultat:** ...

**Zadatak 268 (Mario, srednja škola)**

Koliki se elektromotorni napon inducira u metalnom zavoju promjera 5 cm, koji se u jednoj sekundi iznese iz homogenog magnetskog polja indukcije 2 T?

- A. 40 V      B. 3.92 eV      C. 3.93 mV      D. 3.92 V      E. 0 V

**Rješenje 268**

$$N = 1 \text{ zavoj}, \quad d = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}, \quad \Delta t = 1 \text{ s}, \quad \Delta B = 2 \text{ T}, \quad U = ?$$

Površina kruga promjera d računa se po formuli

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

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

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

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.

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

Računamo U.

$$\left. \begin{array}{l} S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \\ \Delta \Phi = \Delta B \cdot S \\ U = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \Delta \Phi = \Delta B \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \\ U = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \end{array} \right\} \Rightarrow U = N \cdot \frac{\Delta B \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}}{\Delta t} \Rightarrow U = N \cdot \frac{\Delta B \cdot d^2 \cdot \pi}{4 \cdot \Delta t} =$$

$$= 1 \cdot \frac{2 \text{ T} \cdot (0.05 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4 \cdot 1 \text{ s}} = 3.93 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 3.93 \text{ mV}.$$

Odgovor je pod C.

**Vježba 268**

Koliki se elektromotorni napon inducira u metalnom zavoju promjera 5 cm, koji se za dvije sekunde iznese iz homogenog magnetskog polja indukcije 4 T?

- A. 40 V      B. 3.92 eV      C. 3.93 mV      D. 3.92 V      E. 0 V

**Rezultat:** C.

**Zadatak 269 (XY, gimnazija)**

Titrajni LC krug sastoji se od pločastog kondenzatora površine 100 cm<sup>2</sup> i zavojnice induktiviteta 1.5 mH. Koliki je razmak između ploča kondenzatora, ako je rezonantna frekvencija titrajnog kruga u vakuumu 6 · 10<sup>5</sup> Hz, a permitivnost 8.854 · 10<sup>-12</sup> C<sup>2</sup> / (N · m<sup>2</sup>)?

**Rješenje 269**

$$S = 100 \text{ cm}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2, \quad L = 1.5 \text{ mH} = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ H}, \quad \nu = 6 \cdot 10^5 \text{ Hz},$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2), \quad d = ?$$

Kapacitet pločastog kondenzatora, u vakuumu, upravo je razmjeran površini S jedne ploče, a obrnuto razmjeran udaljenosti d između ploča:

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}$$

Električni titrajni krug sastoji se od kondenzatora kapaciteta C i zavojnice induktiviteta L. Vlastita frekvencija titrajnog kruga iznosi:

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

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow \nu = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \cdot 1 \cdot 2 \cdot \pi \Rightarrow 2 \cdot \pi \cdot \nu = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow \\ \Rightarrow \left[ \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c} \right] &\Rightarrow \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} = \sqrt{L \cdot C} \Rightarrow \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} = \sqrt{L \cdot C} \cdot 1^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot \nu)^2} &= L \cdot C \Rightarrow \left[ C = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \right] \Rightarrow \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot \nu)^2} = L \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot \nu)^2} &= L \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \cdot 1 \cdot d \cdot (2 \cdot \pi \cdot \nu)^2 \Rightarrow d = (2 \cdot \pi \cdot \nu)^2 \cdot L \cdot \epsilon_0 \cdot S = \end{aligned}$$

$$= (2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ Hz})^2 \cdot 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 = 1.89 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1.89 \text{ mm}.$$

### Vježba 269

Titrajni LC krug sastoji se od pločastog kondenzatora površine 1 dm<sup>2</sup> i zavojnice induktiviteta 1.5 mH. Koliki je razmak između ploča kondenzatora, ako je rezonantna frekvencija titrajnog kruga u vakuumu 600 kHz, a permitivnost 8,854 · 10<sup>-12</sup> C<sup>2</sup> / (N · m<sup>2</sup>)?

**Rezultat:** 1.89 mm.

### Zadatak 270 (XY, gimnazija)

Zavojnica induktiviteta L i kondenzator kapaciteta 10 μF čine titrajni krug. Koliki induktivitet treba imati zavojnica da bi struja frekvencije 50 Hz u tom titrajnom krugu bila maksimalna?

### Rješenje 270

$$C = 10 \mu\text{F} = 10^{-5} \text{ F}, \quad \nu = 50 \text{ Hz}, \quad L = ?$$

Serijski spojene elemente strujnog kruga R, L i C možemo zamijeniti ekvivalentnim otporom koji nazivamo **impedancijom**. Impedancija serijskog kruga ima najmanju vrijednost ako je indukcijски otpor jednak kapacitivnom otporu. Krugom tada prolazi najveća struja. Kažemo da je strujni krug u rezonanciji s izvorom struje. Vlastita frekvencija titrajnog kruga iznosi:

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

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow \nu = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{L \cdot C}}{\nu} \Rightarrow \sqrt{L \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} \Rightarrow \\ \Rightarrow \sqrt{L \cdot C} &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} \cdot 1^2 \Rightarrow L \cdot C = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot \nu)^2} \Rightarrow L \cdot C = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot \nu)^2} \cdot 1 \cdot \frac{1}{C} \Rightarrow \\ \Rightarrow L &= \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot \nu)^2 \cdot C} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz})^2 \cdot 10^{-5} \text{ F}} = 1.01 \text{ H}. \end{aligned}$$



### Vježba 270

Zavojnica induktiviteta  $L$  i kondenzator kapaciteta  $0.01 \text{ mF}$  čine titrajni krug. Koliki induktivitet treba imati zavojnica da bi struja frekvencije  $50 \text{ Hz}$  u tom titrajnom krugu bila maksimalna?

**Rezultat:**  $1.01 \text{ H}$ .

### Zadatak 271 (Ante, srednja škola)

Titrajni krug ima rezonantnu frekvenciju  $\nu_1 = 80 \text{ kHz}$ . Prikluči li se paralelno kondenzator kapacitivnosti  $C_1 = 4.7 \text{ nF}$ , rezonantna frekvencija smanji se na  $\nu_2 = 50 \text{ kHz}$ . Odredi kapacitivnost kruga.

### Rješenje 271

$\nu_1 = 80 \text{ kHz} = 8 \cdot 10^4 \text{ Hz}$ ,  $C_1 = 4.7 \text{ nF} = 4.7 \cdot 10^{-9} \text{ F}$ ,  $\nu_2 = 50 \text{ kHz} = 5 \cdot 10^4 \text{ Hz}$ ,  $C = ?$   
Ukupni kapacitet od  $n$  paralelno spojenih kondenzatora možemo naći iz izraza

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i.$$

Vrijednost kapaciteta ekvivalentnog kondenzatora jednaka je zbroju vrijednosti kapaciteta svakog pojedinog kondenzatora.

Električni titrajni krug sastoji se od kondenzatora kapaciteta  $C$  i zavojnice induktiviteta  $L$ . Vlastita frekvencija titrajnog kruga iznosi:

$$\nu = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}.$$
$$\left. \begin{aligned} \nu_1 &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \\ \nu_2 &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot (C + C_1)}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{paralelno spojeni kondenzatori}$$
$$\Rightarrow \left. \begin{aligned} \nu_1 &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad /^2 \\ \nu_2 &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot (C + C_1)}} \quad /^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} \nu_1^2 &= \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C} \\ \nu_2^2 &= \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot (C + C_1)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{\nu_1^2}{\nu_2^2} = \frac{\frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C}}{\frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot (C + C_1)}} \Rightarrow \frac{\nu_1^2}{\nu_2^2} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot (C + C_1)} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{\nu_1^2}{\nu_2^2} = \frac{\frac{1}{C}}{\frac{1}{(C + C_1)}} \Rightarrow \frac{\nu_1^2}{\nu_2^2} = \frac{C + C_1}{C} \Rightarrow \frac{\nu_1^2}{\nu_2^2} = \frac{C + C_1}{C} \quad / \cdot C \cdot \nu_2^2 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow C \cdot \nu_1^2 = (C + C_1) \cdot \nu_2^2 \Rightarrow C \cdot \nu_1^2 = C \cdot \nu_2^2 + C_1 \cdot \nu_2^2 \Rightarrow C \cdot \nu_1^2 - C \cdot \nu_2^2 = C_1 \cdot \nu_2^2 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow C \cdot (\nu_1^2 - \nu_2^2) = C_1 \cdot \nu_2^2 \Rightarrow C \cdot (\nu_1^2 - \nu_2^2) = C_1 \cdot \nu_2^2 \quad / \cdot \frac{1}{\nu_1^2 - \nu_2^2} \Rightarrow C = \frac{C_1 \cdot \nu_2^2}{\nu_1^2 - \nu_2^2} =$$

$$= \frac{4.7 \cdot 10^{-9} \text{ F} \cdot (5 \cdot 10^4 \text{ Hz})^2}{(8 \cdot 10^4 \text{ Hz})^2 - (5 \cdot 10^4 \text{ Hz})^2} = 3.01 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 3.01 \text{ nF}.$$

### Vježba 271

Titrajni krug ima rezonantnu frekvenciju  $\nu_1 = 0.08 \text{ MHz}$ . Prikluči li se paralelno kondenzator kapacitivnosti  $C_1 = 4.7 \text{ nF}$ , rezonantna frekvencija smanji se na  $\nu_2 = 0.05 \text{ MHz}$ . Odredi kapacitivnost kruga.

**Rezultat:** 3.01 nF.

### Zadatak 272 (Ante, srednja škola)

Titrajni krug sastoji se od zavojnice induktiviteta 35 mH i kondenzatora kapacitivnosti 100  $\mu\text{F}$  na kojem je maksimalni napon 12 V. Odredi maksimalnu jakost struje.

### Rješenje 272

$$L = 35 \text{ mH} = 3.5 \cdot 10^{-2} \text{ H}, \quad C = 100 \mu\text{F} = 10^{-4} \text{ F}, \quad U_0 = 12 \text{ V}, \quad I_0 = ?$$

Titrajni krug čine zavojnica induktiviteta L i kondenzator kapacitivnosti C spojeni paralelno. Titranjem se izmjenjuje elektrostatska energija i polje kondenzatora s magnetskom energijom i poljem zavojnice. Ako se titranje održava neprigušenim, vrijedi:

$$\frac{1}{2} \cdot L \cdot I_0^2 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_0^2,$$

gdje je  $I_0$  maksimalna vrijednost jakosti struje,  $U_0$  maksimalna vrijednost napona.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_0^2 &= \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_0^2 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_0^2 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \frac{2}{L} \Rightarrow I_0^2 = \frac{C \cdot U_0^2}{L} \Rightarrow \\ \Rightarrow I_0^2 &= \frac{C \cdot U_0^2}{L} \cdot \sqrt{\quad} \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{C \cdot U_0^2}{L}} \Rightarrow I_0 = U_0 \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = 12 \text{ V} \cdot \sqrt{\frac{10^{-4} \text{ F}}{3.5 \cdot 10^{-2} \text{ H}}} = 0.64 \text{ A}. \end{aligned}$$

### Vježba 272

Titrajni krug sastoji se od zavojnice induktiviteta 35 mH i kondenzatora kapacitivnosti 0.1 mF na kojem je maksimalni napon 12 V. Odredi maksimalnu jakost struje.

**Rezultat:** 0.64 A.

### Zadatak 273 (Vlado, elektrotehnička škola)

U zavojnici bez feromagnetske jezgre se promjenom jakosti struje sa 6 A na 2 A u vremenu 0.3 s inducira napon 2.8 V. Koliki će se napon inducirati ako se krug isključi u sljedećih 0.1 s?

### Rješenje 273

$$I_1 = 6 \text{ A}, \quad I_2 = 2 \text{ A}, \quad \Delta t_1 = 0.3 \text{ s}, \quad U_1 = 2.8 \text{ V}, \quad I_3 = 0 \text{ A}, \quad \Delta t_2 = 0.1 \text{ s}, \quad U_2 = ?$$

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 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.

$$\begin{aligned}
 \left. \begin{aligned} U_1 &= L \cdot \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1} \\ U_2 &= L \cdot \frac{\Delta I_2}{\Delta t_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{L \cdot \frac{\Delta I_2}{\Delta t_2}}{L \cdot \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1}} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{L \cdot \frac{\Delta I_2}{\Delta t_2}}{L \cdot \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1}} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{\Delta I_2}{\Delta I_1} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{\Delta I_2 \cdot \Delta t_1}{\Delta I_1 \cdot \Delta t_2} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{\Delta I_2 \cdot \Delta t_1}{\Delta I_1 \cdot \Delta t_2} \cdot U_1 \Rightarrow U_2 = \frac{\Delta I_2 \cdot \Delta t_1}{\Delta I_1 \cdot \Delta t_2} \cdot U_1 \Rightarrow \\
 \Rightarrow U_2 = \frac{(I_3 - I_2) \cdot \Delta t_1}{(I_2 - I_1) \cdot \Delta t_2} \cdot U_1 = \frac{(0 \text{ A} - 2 \text{ A}) \cdot 0.3 \text{ s}}{(2 \text{ A} - 6 \text{ A}) \cdot 0.1 \text{ s}} \cdot 2.8 \text{ V} = 4.2 \text{ V}.
 \end{aligned}$$

### Vježba 273

U zavojnici bez feromagnetske jezgre se promjenom jakosti struje sa 6 A na 2 A u vremenu 0.6 s inducira napon 2.8 V. Koliki će se napon inducirati ako se krug isključi u sljedećih 0.2 s?

**Rezultat:** 4.2 V.

### Zadatak 274 (Vlado, elektrotehnička škola)

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

#### Rješenje 274

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

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  $\alpha$  kut između smjera magnetnog polja i smjera struje, a  $B$  magnetna indukcija.

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

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

Gustoću  $\rho$  neke tvari možemo naći iz omjera mase  $m$  tijela i njegova obujma  $V$ :

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

Težina tijela  $G$  jest sila kojom tijelo zbog Zemljina privlačenja djeluje na horizontalnu podlogu ili ovjes. Za slučaj kad tijelo i podloga, odnosno ovjes, miruju ili se gibaju jednoliko po pravcu s obzirom na Zemlju, težina tijela je veličinom jednaka sili teži,

$$G = m \cdot g.$$

Uspravni i kosi valjak iste površine baze (osnovke)  $S$  i visine  $h$  imaju jednake obujme (volumene).

Taj obujam iznosi:

$$V = S \cdot h.$$

Da bi vodič lebdio u magnetskom polju Amperova sila mora biti jednaka težini vodiča.

$$\begin{aligned}
 F = G &\Rightarrow B \cdot I \cdot l = m \cdot g \Rightarrow B \cdot I \cdot l = \rho \cdot V \cdot g \Rightarrow B \cdot I \cdot l = \rho \cdot S \cdot l \cdot g \Rightarrow \\
 \Rightarrow B \cdot I \cdot l &= \rho \cdot S \cdot l \cdot g \cdot \frac{1}{B \cdot l} \Rightarrow I = \frac{\rho \cdot S \cdot g}{B} = \frac{8900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.4 \text{ T}} = 0.16 \text{ A}.
 \end{aligned}$$

### Vježba 274

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

**Rezultat:**  $0.16 \text{ A}$ .

### Zadatak 275 (Maturantica, medicinska škola)

Metalni obruč otpora  $2 \Omega$  nalazi se u homogenome magnetskom polju. Obruč je postavljen okomito na magnetske silnice. Kolika količina naboja proteče obručem kada se magnetski tok promijeni za  $5 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$ ?

#### Rješenje 275

$$N = 1 \text{ (obruč = jedan zavoj)}, \quad R = 2 \Omega, \quad \alpha = 90^\circ, \quad \Delta\Phi = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}, \quad \Delta Q = ?$$

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

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

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

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

Električna je struja usmjereno gibanje električnog naboja. Ako za vrijeme  $\Delta t$  presjekom vodiča prođe električni naboj  $\Delta Q$ , tad je jakost električne struje

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

Ohmov zakon je temeljni zakon elektrotehnike.

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

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

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

$$\left. \begin{array}{l} U_i = I_i \cdot R \\ U_i = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \end{array} \right\} \Rightarrow I_i \cdot R = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \left[ I_i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right] \Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot R = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot R = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad / \cdot \frac{\Delta t}{R} \Rightarrow \Delta Q = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{R} = 1 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}}{2 \Omega} = 2.5 \cdot 10^{-4} \text{ C}.$$

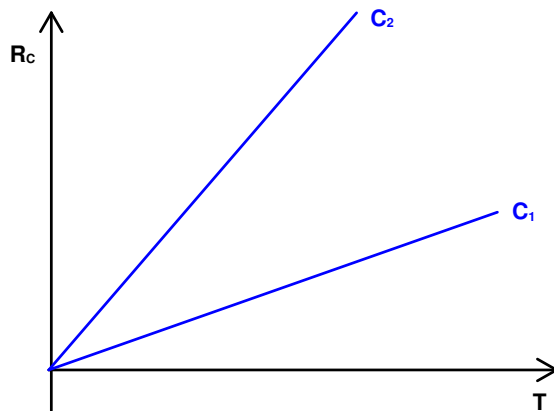
### Vježba 275

Metalni obruč otpora  $2 \Omega$  nalazi se u homogenome magnetskom polju. Obruč je postavljen okomito na magnetske silnice. Kolika količina naboja proteče obručem kada se magnetski tok promijeni za  $0.5 \text{ mWb}$ ?

**Rezultat:**  $2.5 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ .

### Zadatak 276 (Roki, gimnazija)

Na grafu je prikazana ovisnost kapacitivnoga otpora  $R_C$  o periodi  $T$  izmjenične struje za kondenzatore kapaciteta  $C_1$  i  $C_2$ . Koji je odnos kapaciteta  $C_1$  i  $C_2$ ?



- A.  $C_1 > C_2$       B.  $C_1 < C_2$       C.  $C_1 = C_2$

### Rješenje 276

$R_C$ ,  $T$ ,  $C_1$ ,  $C_2$

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

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

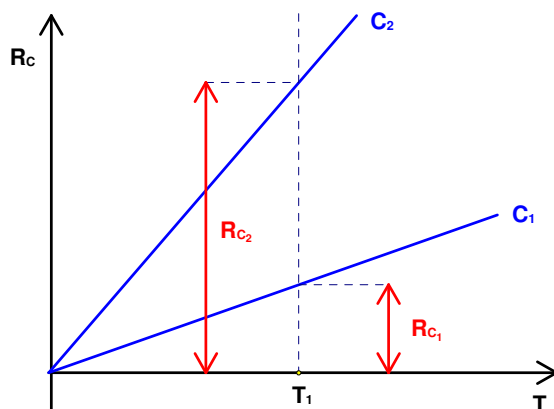
Kutna frekvencija ili kružna frekvencija ili pulzacija (oznaka  $\omega$ ) je umnožak frekvencije i broja  $2 \cdot \pi$ ,

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

Kondenzator ima kapacitivni otpor kojeg označavamo  $R_C$ . Kapacitivni otpori padaju s porastom frekvencije i ne troše energiju. Eksperimentom je utvrđeno da za iznos kapacitivnog otpora vrijedi:

$$R_C = \frac{1}{C \cdot \omega}$$

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



Za proizvoljnu periodu  $T_1$  vrijedi:

$$R_{C_1} < R_{C_2} \Rightarrow \frac{T_1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{C_1} < \frac{T_1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{C_2} \Rightarrow \frac{T_1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{C_1} < \frac{T_1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{C_2} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot C_1 \cdot C_2}{T_1} \Rightarrow C_2 < C_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_1 > C_2.$$

Odgovor je pod A.

### Vježba 276

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 277 (Ctrl, gimnazija)

Elektron kinetičke energije 200 eV uleti u homogenu magnetsko polje indukcije 5 mT okomito na silnice magnetskog polja. Koliki je polumjer kružne staze po kojoj se giba elektron? (masa elektrona  $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg, naboj elektrona  $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$  C)

### Rješenje 277

$$E_k = 200 \text{ eV} = [200 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}] = 3.204 \cdot 10^{-17} \text{ J}, \quad B = 5 \text{ mT} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ T}, \quad \alpha = 90^\circ, \\ m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad r = ?$$

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

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

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  $\alpha$  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:

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

Elektron kinetičke energije  $E_k$  uleti u homogenu magnetsko polje brzinom v.

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

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

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

$$= \frac{1}{5 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \cdot \sqrt{2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 3.204 \cdot 10^{-17} \text{ J}} = 9.54 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

### Vježba 277

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 278 (Davor, tehnička škola)

Kolika je brzina elektrona koji se ubrzao kroz napon od 100 V? Elektron je u početnoj točki mirovao. (masa elektrona  $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ , naboj elektrona  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

#### Rješenje 278

$$U = 100 \text{ V}, \quad v_1 = 0 \text{ m/s}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad v_2 = ?$$

Rad električnog polja pri pomicanju naboja  $Q$  jednak je

$$W = Q \cdot U,$$

gdje je  $U$  napon.

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.

$$W = \Delta E.$$

#### 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.

Prema zakonu očuvanja energije rad električnog polja ( $e \cdot U$ ) jednak je promjeni kinetičke energije elektrona. Ako je brzina elektrona u električnom polju porasla od  $v_1$  do  $v_2$ , možemo pisati

$$\begin{aligned} Q \cdot U = \Delta E_k &\Rightarrow e \cdot U = E_{k2} - E_{k1} \Rightarrow e \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 \Rightarrow \left[ v_1 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \Rightarrow \\ \Rightarrow e \cdot U &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = e \cdot U \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = e \cdot U \cdot \frac{2}{m} \Rightarrow v_2^2 = \frac{2 \cdot e \cdot U}{m} \Rightarrow \\ \Rightarrow v_2^2 &= \frac{2 \cdot e \cdot U}{m} \quad / \sqrt{\quad} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 100 \text{ V}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 5.93 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \end{aligned}$$

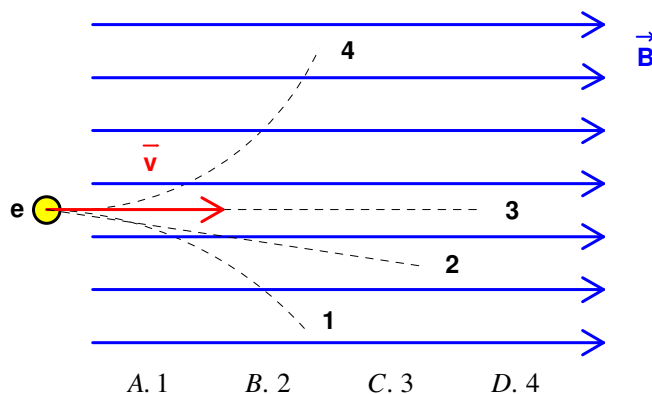
### Vježba 278

Kolika je brzina elektrona koji se ubrzao kroz napon od 1000 V? Elektron je u početnoj točki mirovao. (masa elektrona  $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ , naboj elektrona  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

**Rezultat:**  $18.75 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ .

### Zadatak 279 (Ante, tehnička škola)

Elektron ulijeće brzinom  $\vec{v}$  u homogenu magnetsko polje  $\vec{B}$  paralelno silnicama polja. Po kojoj će se od staza predloženih na crtežu gibati elektron u tome magnetskom polju?



### Rješenje 279

$$\vec{v}, \quad \vec{B}, \quad \alpha = 0^\circ, \quad Q = e$$

#### 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.

#### Prvi Newtonov poučak

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

$$F = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha = B \cdot e \cdot v \cdot \sin 0^\circ = \left[ \sin 0^\circ = 0 \right] = B \cdot e \cdot v \cdot 0 = 0.$$

Budući da elektron ulijeće u homogeno magnetsko polje paralelno silnicama polja, sila je jednaka nuli i on se giba pravocrtno po stazi 3.

Odgovor je pod C.

#### Vježba 279

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 280 (Zvone, tehnička škola)

Elektron ulijeće u homogeno magnetsko polje okomito na silnice polja. Što se događa s brzinom elektrona dok se giba u magnetnom polju?

- A. Brzini se mijenjaju smjer i iznos.
- B. Brzini se ne mijenja ni smjer niti iznos.
- C. Brzini se mijenja smjer, a po iznosu je stalna.
- D. Brzina je po smjeru stalna, a mijenja joj se iznos.

### Rješenje 280

$$Q = e, \quad B, \quad v, \quad \alpha = 90^\circ$$

#### 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.

Da bi se tijelo, mase  $m$ , gibalo po kružnici potrebno je da na nj djeluje **centripetalna sila**. Centripetalna sila ima smjer prema središtu kružnice. Pri gibanju tijela po kružnici brzina stalno se mijenja. Ona ostaje jednaka veličinom, ali joj se neprestano mijenja smjer.

Lorentzova sila  $F$  uzrok je kružnoga gibanja elektrona. Zato mora biti centripetalna sila  $F_{cp}$  jednaka Lorentzovoj sili.



$$F_{cp} = F \Rightarrow F_{cp} = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha = B \cdot e \cdot v \cdot \sin 90^\circ = [\sin 90^\circ = 1] = B \cdot e \cdot v.$$

Dakle, brzina elektrona mijenja se smjer, a po iznosu je stalna.  
Odgovor je pod C.

### Vježba 280

Odmor!

**Rezultat:** ...

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