

Zadatak 081 (Marija, medicinska škola)

Kolika je jakost magnetskog polja u unutrašnjosti zavojnice od 500 zavoja, dugačke 50 cm, ako zavojnicom teče struja jakosti 10 A?

Rješenje 081

$$N = 500, \quad l = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}, \quad I = 10 \text{ A}, \quad H = ?$$

Jakost magnetskog polja unutar relativno dugačke zavojnice dana je izrazom:

$$H = \frac{N \cdot I}{l},$$

gdje su I jakost struje u zavojnici, N broj zavoja, a l duljina zavojnice.

$$H = \frac{N \cdot I}{l} = \frac{500 \cdot 10 \text{ A}}{0.5 \text{ m}} = 10000 \frac{\text{A}}{\text{m}} = 10^4 \frac{\text{A}}{\text{m}}.$$

Vježba 081

Kolika je jakost magnetskog polja u unutrašnjosti zavojnice od 500 zavoja, dugačke 50 cm, ako zavojnicom teče struja jakosti 5 A?

Rezultat: $5000 \frac{\text{A}}{\text{m}}.$

Zadatak 082 (Marija, medicinska škola)

Odredi jakost magnetskog polja na udaljenosti 10 cm od tramvajske žice, ako njome prolazi struja jakosti 100 A?

Rješenje 082

$$r = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad I = 100 \text{ A}, \quad H = ?$$

Magnetska indukcija B i jakost magnetskog polja H vezane su odnosom:

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

gdje je μ_r relativna permeabilnost sredstva.

Za ravan je vodič magnetska indukcija u sredstvu relativne permeabilnosti μ_r dana izrazom:

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

gdje je r udaljenost točke u kojoj mjerimo jakost polja do vodiča.

Računamo jakost magnetsko polja:

$$\left. \begin{array}{l} B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H \\ B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot r \cdot \pi} \end{array} \right\} \Rightarrow H = \frac{I}{2 \cdot r \cdot \pi} = \frac{100 \text{ A}}{2 \cdot 0.1 \text{ m} \cdot \pi} = 159.15 \frac{\text{A}}{\text{m}}.$$

Vježba 082

Odredi jakost magnetskog polja na udaljenosti 20 cm od tramvajske žice, ako njome prolazi struja jakosti 100 A?

Rezultat: $79.58 \frac{\text{A}}{\text{m}}.$

Zadatak 083 (Dado, strojarska škola)

Na kojoj je udaljenosti od tramvajske žice kojom teče struja 100 A magnetsko polje jednako Zemljinu magnetskom polju? ($H_{\text{Zemlje}} = 16 \text{ A/m}$)

Rješenje 083

$$I = 100 \text{ A}, \quad H = H_{\text{Zemlje}} = 16 \text{ A/m}, \quad r = ?$$

Magnetska indukcija B i jakost magnetskog polja H vezane su odnosom:

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

gdje je μ_r relativna permeabilnost sredstva.

Za ravan je vodič magnetska indukcija u sredstvu relativne permeabilnosti μ_r dana izrazom:

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

gdje je r udaljenost točke u kojoj mjerimo jakost polja do vodiča.

Računamo udaljenost r:

$$\left. \begin{array}{l} B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H \\ B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot r \cdot \pi} \end{array} \right\} \Rightarrow H = \frac{I}{2 \cdot r \cdot \pi} \Rightarrow 2 \cdot r \cdot \pi \cdot H = I \Rightarrow r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot H} = \frac{100 \text{ A}}{2 \cdot \pi \cdot 16 \frac{\text{A}}{\text{m}}} = 0.995 \text{ m} = 99.5 \text{ cm}.$$

Vježba 083

Na kojoj je udaljenosti od tramvajske žice kojom teče struja 50 A magnetsko polje jednako Zemljinu magnetskom polju? ($H_{\text{zemlje}} = 16 \text{ A/m}$)

Rezultat: 49.7 cm.

Zadatak 084 (Dado, strojarska škola)

Kolika mora biti jakost struje koja prolazi zavojnicom od 15 zavoja da magnetsko polje u unutrašnjosti ima jakost 1 A/m? Dvadeset zavoja zavojnice ima duljinu 2 cm.

Rješenje 084

$$N = 15, \quad H = 1 \text{ A/m}, \quad N_1 = 20, \quad l_1 = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}, \quad I = ?$$

Budući da 20 zavoja ima duljinu 2 cm, onda 1 zavoj ima duljinu:

$$l = \frac{l_1}{N_1} = \frac{0.02 \text{ m}}{20} = 0.001 \text{ m}.$$

Znači da 15 zavoja ima duljinu:

$$l = 15 \cdot l_1 = 15 \cdot 0.001 \text{ m} = 0.015 \text{ m}.$$

Jakost magnetskog polja unutar relativno dugačke zavojnice dana je izrazom:

$$H = \frac{N \cdot I}{l},$$

gdje su I jakost struje u zavojnici, N broj zavoja, a l duljina zavojnice.

$$H = \frac{N \cdot I}{l} \Rightarrow H \cdot l = N \cdot I \Rightarrow I = \frac{H \cdot l}{N} = \frac{1 \frac{\text{A}}{\text{m}} \cdot 0.015 \text{ m}}{15} = 0.001 \text{ A} = 1 \text{ mA}.$$

Vježba 084

Kolika mora biti jakost struje koja prolazi zavojnicom od 15 zavoja da magnetsko polje u unutrašnjosti ima jakost 2 A/m? Dvadeset zavoja zavojnice ima duljinu 2 cm.

Rezultat: 2 mA.

Zadatak 085 (Mirjana, gimnazija)

Vodič u obliku prstena, polumjera $a = 2 \text{ m}$, izrađen je od bakrene žice, poprečnog presjeka $S = 4 \text{ mm}^2$. Uključen je na izvor elektromotornog napona $U = 2 \text{ V}$ i unutarnjeg otpora $r = 0.1 \Omega$. Kolika je magnetska indukcija u središtu vodiča? (električna otpornost bakra $\rho = 0.0172 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$, permeabilnost vakuuma $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$)

Rješenje 085

$$a = 2 \text{ m}, \quad S = 4 \text{ mm}^2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2, \quad U = 2 \text{ V}, \quad r = 0.1 \Omega, \quad \rho = 0.0172 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m},$$

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}, \quad B = ?$$

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

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

Kad je izvor elektromotornog napona U priključen u strujni krug, njegov se napon raspodjeljuje na pad napona na unutrašnjem otporu $r \cdot I$ i pad napona u vanjskome krugu $R \cdot I$:

$$U = r \cdot I + R \cdot I \Rightarrow U = I \cdot (r + R) \Rightarrow I = \frac{U}{r + R}.$$

Za kružni je vodič, polumjera a , magnetska indukcija u njegovu središtu dana izrazom:

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

Duljina vodiča u obliku prstena, polumjera a , iznosi:

$$l = 2 \cdot a \cdot \pi.$$

Računamo magnetsku indukciju B :

$$\left. \begin{array}{l} R = \rho \cdot \frac{l}{S}, I = \frac{U}{r + R} \\ B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot a} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} I = \frac{U}{r + \rho \cdot \frac{l}{S}} \\ B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot a} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} I = \frac{U}{r \cdot S + \rho \cdot l} \\ B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot a} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} I = \frac{U \cdot S}{r \cdot S + \rho \cdot l} \\ B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot a} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B = \mu_0 \cdot \frac{U \cdot S}{2 \cdot a} \Rightarrow B = \mu_0 \cdot \frac{U \cdot S}{2 \cdot a} \Rightarrow B = \mu_0 \cdot \frac{U \cdot S}{2 \cdot a \cdot (r \cdot S + \rho \cdot l)} \Rightarrow [l = 2 \cdot a \cdot \pi] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B = \mu_0 \cdot \frac{U \cdot S}{2 \cdot a \cdot (r \cdot S + \rho \cdot 2 \cdot a \cdot \pi)} =$$

$$= 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \cdot \frac{2 V \cdot 4 \cdot 10^{-6} m^2}{2 \cdot 2 m \cdot (0.1 \Omega \cdot 4 \cdot 10^{-6} m^2 + 0.0172 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m \cdot 2 \cdot 2 m \cdot \pi)} = 4.08 \cdot 10^{-6} T = 4.08 \mu T.$$

Vježba 085

Vodič u obliku prstena, polumjera $a = 2$ m, izrađen je od bakrene žice, poprečnog presjeka $S = 4$ mm². Uključen je na izvor elektromotornog napona $U = 4$ V i unutarnjeg otpora $r = 0.1$ Ω. Kolika je magnetska indukcija u središtu vodiča? (električna otpornost bakra $\rho = 0.0172 \cdot 10^{-6}$ Ωm, permeabilnost vakuumu $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Tm/A)

Rezultat: 8.16 μT.

Zadatak 086 (Mirjana, gimnazija)

Kada se zavojnica omskog (radnog) otpora 11 Ω priključi na izvor izmjenične struje, napona 210 V i frekvencije 50 Hz, kroz nju teče struja jakosti 3.5 A. Koliki je induktivitet zavojnice?

Rješenje 086

$$R = 11 \Omega, \quad U = 210 \text{ V}, \quad \nu = 50 \text{ Hz}, \quad I = 3.5 \text{ A}, \quad L = ?$$

Ohmov zakon za krug izmjenične struje glasi:

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

gdje je Z impedancija:

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + \left(L \cdot \omega - \frac{1}{C \cdot \omega}\right)^2}.$$

Budući da u strujnom krugu nema kapacitivnog otpora ($R_C = 0$), induktivitet zavojnice iznosi:

$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{U}{Z} \\ Z &= \sqrt{R^2 + R_L^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + R_L^2}} \cdot \sqrt{R^2 + R_L^2} \Rightarrow I \cdot \sqrt{R^2 + R_L^2} = U \quad | \cdot^2 \Rightarrow \\
 \Rightarrow I^2 \cdot (R^2 + R_L^2) = U^2 \Rightarrow R^2 + R_L^2 = \frac{U^2}{I^2} \Rightarrow R_L^2 = \frac{U^2}{I^2} - R^2 \quad | \sqrt{} \Rightarrow R_L = \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R^2} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \left[\begin{aligned} R_L &= L \cdot \omega \\ R_L &= L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu \end{aligned} \right] \Rightarrow L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu = \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2} \quad | \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} \Rightarrow L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} \cdot \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2} = \\
 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s}} \cdot \sqrt{\left(\frac{210 \text{ V}}{3.5 \text{ A}}\right)^2 - (11 \Omega)^2} = 0.188 \text{ H}.$$

Vježba 086

Kada se zavojnica omskog (radnog) otpora 11Ω priključi na izvor izmjenične struje, napona 220 V i frekvencije 50 Hz , kroz nju teče struja jakosti 3.5 A . Koliki je induktivitet zavojnice?

Rezultat: 0.197 H .

Zadatak 087 (Marijana, maturantica)

Koliku će struju kroz otpornik od 1000Ω tjerati napon induciran u zavojnici od 100 zavoja zbog magnetskog toka koji se vremenski mijenja prema izrazu $\Phi(t) = 2.2 \cdot t$?

Rješenje 087

$R = 1000 \Omega$, $N = 100$, $\Phi(t) = 2.2 \cdot t$, $I = ?$
 Napon koji se inducira u zavojnici s N zavoja razmjeran je brzini promjene magnetskog toka:

$$U = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{ili} \quad U = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Znak minus u tom izrazu možemo izostaviti jer nas zanima samo veličina napona, a ne njegov smjer. Ako je otpor vodiča uz stalnu temperaturu stalan, kažemo da za vodič vrijedi Ohmov zakon:

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

Struja iznosi:

$$\left. \begin{aligned} U &= N \cdot \frac{d\Phi}{dt} \\ I &= \frac{U}{R} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \frac{N \cdot \frac{d\Phi}{dt}}{R} \Rightarrow I = \frac{N}{R} \cdot \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow I = \frac{N}{R} \cdot \frac{d}{dt}(2.2 \cdot t) \Rightarrow I = \frac{100}{1000 \Omega} \cdot 2.2 \text{ V} = 0.22 \text{ A} = 220 \text{ mA}.$$

Vježba 087

Koliku će struju kroz otpornik od 1000Ω tjerati napon induciran u zavojnici od 200 zavoja zbog magnetskog toka koji se vremenski mijenja prema izrazu $\Phi(t) = 2.2 \cdot t$?

Rezultat: 440 mA .

Zadatak 088 (Marijana, maturantica)

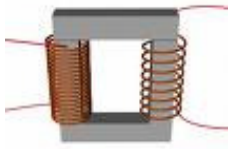
Na sekundaru transformatora troši se snaga 4.4 W . Na koji je napon priključen transformator ako je u primaru izmjerena struja jakosti 20 mA ?

Rješenje 088

$P_2 = 4.4 \text{ W}$, $I_1 = 20 \text{ mA} = 0.02 \text{ A}$, $U_1 = ?$
 Snaga kojom se u trošilu električna energija pretvara u druge oblike energije je

$$P = U \cdot I$$

Za transformatore bez gubitaka vrijedi:



snaga primara = snaga sekundara

$$P_1 = P_2.$$

Napon na primaru transformatora iznosi:

$$P_1 = P_2 \Rightarrow U_1 \cdot I_1 = P_2 \Rightarrow U_1 = \frac{P_2}{I_1} = \frac{4.4 \text{ W}}{0.02 \text{ A}} = 220 \text{ V}.$$

Vježba 088

Na sekundaru transformatora troši se snaga 8.8 W. Na koji je napon priključen transformator ako je u primaru izmjerena struja jakosti 40 mA?

Rezultat: 220 V.

Zadatak 089 (Edi, tehnička škola)

Kolika je energija magnetskog polja u valjkastoj zavojnici duljine 20 cm i promjera 3 cm, koja ima 200 zavoja, kada njome teče struja jakosti 0.2 A? Zavojnica je bez jezgre. ($\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$)

Rješenje 089

$l = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$, $d = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$, $N = 200$, $I = 0.2 \text{ A}$, $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$,
 $E = ?$

Zavojnica promjera d (ili presjeka S) i duljine l bez jezgre (permeabilnosti μ_0) ima induktivitet L :

$$\left. \begin{aligned} S &= \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \\ L &= \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot S}{l} \end{aligned} \right\} \Rightarrow L = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot d^2 \cdot \pi}{4 \cdot l}.$$

Energija magnetskog polja zavojnice induktiviteta L kojom teče struja I dana je izrazom:

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

Računamo energiju magnetskog polja u valjkastoj zavojnici:

$$\left. \begin{aligned} L &= \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot d^2 \cdot \pi}{4 \cdot l} \\ E &= \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow E = \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot d^2 \cdot \pi}{4 \cdot l} \cdot I^2 \Rightarrow E = \frac{1}{8} \cdot \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot d^2 \cdot \pi}{l} \cdot I^2 =$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}} \cdot \frac{(200)^2 \cdot (0.03 \text{ m})^2 \cdot \pi}{0.2 \text{ m}} \cdot (0.2 \text{ A})^2 = 3.55 \cdot 10^{-6} \text{ J} = 3.55 \mu\text{J}.$$

Vježba 089

Kolika je energija magnetskog polja u valjkastoj zavojnici duljine 20 cm i promjera 3 cm, koja ima 400 zavoja, kada njome teče struja jakosti 0.1 A? Zavojnica je bez jezgre. ($\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$)

Rezultat: 3.55 μJ .

Zadatak 090 (Žana, gimnazija)

Nad učvršćenim horizontalnim vodičem, kojim teče struja od 30 A, lebdi paralelan vodič linearne gustoće mase 5 g/m kad njime teče struja od 30 A. Na kojoj visini lebdi drugi vodič iznad prvoga? ($\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

Rješenje 090

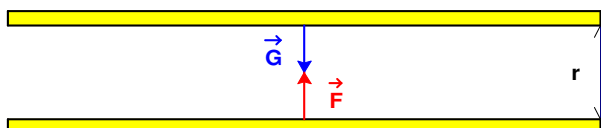
$I_1 = 30 \text{ A}$, $\sigma = 5 \text{ g/m} = 0.005 \text{ kg/m}$, $I_2 = 30 \text{ A}$, $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$,
 $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, $r = ?$

Sila kojom dva vodiča na međusobnoj udaljenosti r djeluju jedan na drugi u praznini (odnosno zraku) jednaka je

$$F = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot r},$$

gdje su I_1 i I_2 jakosti struja u vodičima, a l je duljina vodiča na koji djeluje sila F .
Linearna gustoća σ omjer je mase m i duljine l vodiča:

$$\sigma = \frac{m}{l} \Rightarrow m = \sigma \cdot l.$$



Budući da drugi vodič lebdi iznad prvoga, sila kojom vodiči na međusobnoj udaljenosti r djeluju jedan na drugi u zraku, mora biti po iznosu jednaka težini vodiča koji lebdi:

$$\begin{aligned} F = G &\Rightarrow \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot r} = m \cdot g \Rightarrow \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot r} = m \cdot g \cdot l \cdot \frac{r}{m \cdot g} \Rightarrow r = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot g} \Rightarrow \\ &\Rightarrow r = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot l \cdot g} \Rightarrow r = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot l \cdot g} \Rightarrow r = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot g} = \\ &= 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \cdot \frac{30 A \cdot 30 A}{2 \cdot \pi \cdot 0.005 \frac{kg}{m} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.00367 m = 3.67 mm. \end{aligned}$$

Vježba 090

Nad učvršćenim horizontalnim vodičem, kojim teče struja od 60 A, lebdi paralelan vodič linearne gustoće mase 5 g/m kad njime teče struja od 15 A. Na kojoj visini lebdi drugi vodič iznad prvoga? ($\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Tm/A, $g = 9.81$ m/s²)

Rezultat: 3.67 mm.

Zadatak 091 (Mile, gimnazija)

Pet vrlo dugih, tankih, ravnih, izoliranih žica povezano je u kabel. Žicama teku struje jakosti: prvom 20 A, drugom 6 A, trećom 12 A, četvrtom 7 A i petom 18 A. Smjerovi struja u drugoj i četvrtoj žici suprotni su smjerovima struja u ostalim žicama. Kolika je magnetska indukcija na udaljenosti 10 cm od kabela? ($\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Tm/A)

Rješenje 091

$$I_1 = 20 A, \quad I_2 = 6 A, \quad I_3 = 12 A, \quad I_4 = 7 A, \quad I_5 = 18 A, \quad r = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m},$$

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}, \quad B = ?$$

Jakost magnetskog polja na udaljenosti r od vodiča kojim teče struja jakosti I

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

Veza između magnetske indukcije B i jakosti magnetskog polja H dana je formulom

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

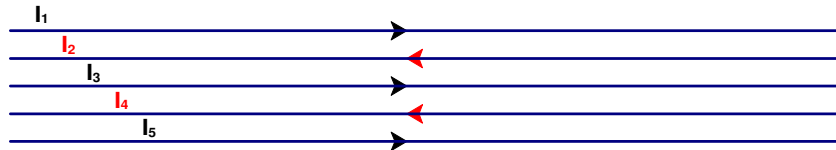
gdje je μ_r relativna permeabilnost sredstva, μ_0 apsolutna permeabilnost vakuuma.
Za vakuum (i zrak) vrijedi

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

Budući da su smjerovi struja u drugoj i četvrtoj žici suprotni smjerovima struja u ostalim žicama, magnetska indukcija B iznosi:

$$B = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot (I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5) = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}}{2 \cdot \pi \cdot 0.1 m} \cdot (20 A - 6 A + 12 A - 7 A + 18 A) =$$

$$= 7.4 \cdot 10^{-5} T = 74 \mu T.$$



Vježba 091

Pet vrlo dugih, tankih, ravnih, izoliranih žica povezano je u kabel. Žicama teku struje jakosti: prvom 22 A, drugom 8 A, trećom 12 A, četvrtom 7 A i petom 18 A. Smjerovi struja u drugoj i četvrtoj žici suprotni su smjerovima struja u ostalim žicama. Kolika je magnetska indukcija na udaljenosti 10 cm od kabela? ($\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$)

Rezultat: 74 μT .

Zadatak 092 (Josip, gimnazija)

U homogenom magnetskom polju indukcije 1.5 T jednoliko se giba vodič brzinom 1 m/s. Duljina je vodiča 10 cm, a njime teče struja 2 A. Vodič se giba okomito na polje. Kolika je snaga potrebna za ovo gibanje?

Rješenje 092

$$B = 1.5 \text{ T}, \quad v = 1 \text{ m/s}, \quad l = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad I = 2 \text{ A}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad P = ?$$

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 α kut između smjera magnetskog polja i smjera struje, a B magnetska indukcija.

Snaga se može izračunati izrazom

$$P = F \cdot v,$$

gdje je F projekcija sile u smjeru gibanja tijela, a v brzina tijela.

Snaga potreba za ovo gibanje iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha \\ P = F \cdot v \end{array} \right\} \Rightarrow P = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha \cdot v = 1.5 \text{ T} \cdot 2 \text{ A} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot \sin 90^\circ \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.3 \text{ W}.$$

Vježba 092

U homogenom magnetskom polju indukcije 3 T jednoliko se giba vodič brzinom 1 m/s. Duljina je vodiča 10 cm, a njime teče struja 1 A. Vodič se giba okomito na polje. Kolika je snaga potrebna za ovo gibanje?

Rezultat: 0.3 W.

Zadatak 093 (Josip, elektrotehnička 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 ?

Rješenje 093

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

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

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

Ohmov zakon vrijedi gotovo za sve metale.

Za transformatore bez gubitka 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 u primarnoj odnosno sekundarnoj zavojnici.
Struja primarnog kruga iznosi:

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

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

Vježba 093

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

Rezultat: 0.5 A.

Zadatak 094 (Magdalena, gimnazija)

Zavojnica omskog otpora 40 Ω priključena je na gradsku mrežu izmjeničnog napona 220 V. Kolika je induktivnost L zavojnice ako je struja kroz nju 1.1 A? (frekvencija gradske mreže $\nu = 50$ Hz)

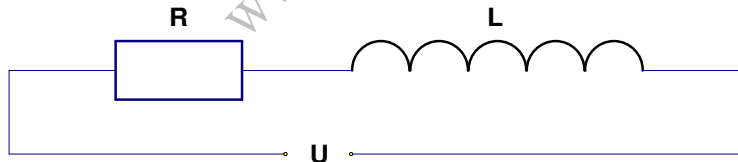
Rješenje 094

$$R = 40 \Omega, \quad U = 220 \text{ V}, \quad I = 1.1 \text{ A}, \quad \nu = 50 \text{ Hz}, \quad L = ?$$

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

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

Ohmov zakon vrijedi gotovo za sve metale.



Otpor dijela kruga izmjenične struje prikazanog na slici jednak je

$$Z = \sqrt{R^2 + R_L^2},$$

gdje je R radni otpor, $R_L = L \cdot \omega \Rightarrow R_L = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu$ induktivni otpor. R_L je tzv. prazni otpor.

Ohmov zakon za krug izmjenične struje glasi:

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

Induktivnost L zavojnice iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} Z = \frac{U}{I} \\ Z = \sqrt{R^2 + R_L^2} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + R_L^2} \cdot I \Rightarrow \left(\frac{U}{I}\right)^2 = R^2 + R_L^2 \Rightarrow R^2 + R_L^2 = \left(\frac{U}{I}\right)^2 \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow R_L^2 &= \left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2 \Rightarrow R_L^2 = \left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2 \quad / \sqrt{\quad} \Rightarrow R_L = \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2} \Rightarrow [R_L = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu] \Rightarrow \\ \Rightarrow L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu &= \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2} \Rightarrow L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu = \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} \Rightarrow L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \nu} \cdot \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2} = \\ &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s}} \cdot \sqrt{\left(\frac{220 \text{ V}}{1.1 \text{ A}}\right)^2 - (40 \Omega)^2} = 0.624 \text{ H}. \end{aligned}$$

Vježba 094

Zavojnica omskog otpora 40Ω priključena je na gradsku mrežu izmjeničnog napona 200 V . Kolika je induktivnost L zavojnice ako je struja kroz nju 1 A ?

Rezultat: 0.624 H .

Zadatak 095 (Tony, gimnazija)

Kapacitet kondenzatora u LC krugu može se mijenjati od $C_1 = 50 \text{ pF}$ do $C_2 = 500 \text{ pF}$. Koliki je omjer najviše i najniže rezonantne frekvencije ovog kruga?

Rješenje 095

$$C_1 = 50 \text{ pF}, \quad C_2 = 500 \text{ pF}, \quad \nu_{\max} : \nu_{\min} = ?$$

Jakost izmjenične struje u krugu sa serijski spojenim trošilom, zavojnicom i kondenzatorom dana je Ohmovim zakonom za izmjeničnu struju:

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

gdje je Z ukupni otpor ili impedancija.

Ako je induktivni otpor R_L jednak kapacitivnom otporu R_C ,

$$R_L = R_C,$$

struja kroz strujni krug je maksimalna. To se može postići mijenjanjem frekvencije ν . Pojava o kojoj je riječ zove se električna rezonancija, a frekvencija ν na kojoj se to postiže zove se rezonantna frekvencija. Thomsonova formula za rezonantnu frekvenciju glasi:

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

Budući da je frekvencija ν obrnuto razmjerna s drugim korijenom kapaciteta C

$$\nu \sim \frac{1}{\sqrt{C}},$$

za najveći kapacitet frekvencija je najmanja i obrnuto. Zato omjer najviše i najniže rezonantne frekvencije iznosi:

$$\left. \begin{aligned} \nu_{\max} &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_1}} \\ \nu_{\min} &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\nu_{\max}}{\nu_{\min}} = \frac{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_1}}}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_2}}} \Rightarrow \frac{\nu_{\max}}{\nu_{\min}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_1}}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{\frac{1}{\sqrt{L \cdot C_1}}}{\frac{1}{\sqrt{L \cdot C_2}}} \Rightarrow \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{\sqrt{L \cdot C_2}}{\sqrt{L \cdot C_1}} \Rightarrow \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{\frac{L \cdot C_2}{L \cdot C_1}} \Rightarrow \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{\frac{L \cdot C_2}{L \cdot C_1}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \Rightarrow \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{\frac{500 \text{ pF}}{50 \text{ pF}}} \Rightarrow \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{10}.$$

Vježba 095

Kapacitet kondenzatora u LC krugu može se mijenjati od $C_1 = 100 \text{ pF}$ do $C_2 = 900 \text{ pF}$. Koliki je omjer najviše i najniže rezonantne frekvencije ovog kruga?

Rezultat: $v_{\max} : v_{\min} = 3.$

Zadatak 096 (Sonja, 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 096

$$v_1 = 100 \text{ Hz}, \quad R_L = 4 \cdot R_C, \quad v_2 = ?$$

Jakost izmjenične struje u krugu sa serijski spojenim trošilom, zavojnicom i kondenzatorom dana je Ohmovim zakonom za izmjeničnu struju:

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

gdje je R radni otpor,
 R_L induktivni otpor

$$R_L = L \cdot \omega,$$

R_C kapacitivni otpor

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

Z ukupni otpor ili impedancija.

Ako je induktivni otpor R_L jednak kapacitivnom otporu R_C ,

$$R_L = R_C,$$

struja kroz strujni krug je maksimalna. To se može postići mijenjanjem frekvencije v . Pojava o kojoj je riječ zove se električna rezonancija, a frekvencija v na kojoj se to postiže zove se rezonantna frekvencija. Thomsonova formula za rezonantnu frekvenciju glasi:

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

Kružna frekvencija ω računa se po formuli

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

gdje je v frekvencija.

Iz uvjeta zadatka slijedi:

$$R_L = 4 \cdot R_C \Rightarrow L \cdot \omega = 4 \cdot \frac{1}{C \cdot \omega} \Rightarrow L \cdot \omega = 4 \cdot \frac{1}{C \cdot \omega} \cdot \frac{C}{\omega} \Rightarrow L \cdot C = \frac{4}{\omega^2} \Rightarrow [\omega = 2 \cdot \pi \cdot v_1] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L \cdot C = \frac{4}{(2 \cdot \pi \cdot v_1)^2} \Rightarrow L \cdot C = \frac{4}{4 \cdot \pi^2 \cdot v_1^2} \Rightarrow L \cdot C = \frac{4}{4 \cdot \pi^2 \cdot v_1^2} \Rightarrow L \cdot C = \frac{1}{\pi^2 \cdot v_1^2}.$$

Računamo frekvenciju pri kojoj će nastupiti rezonancija u tom strujnom krugu.

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

$$\Rightarrow v_2 = \frac{1}{2} \Rightarrow v_2 = \frac{v_1}{2} = \frac{100 \text{ Hz}}{2} = 50 \text{ Hz}.$$

Odgovor je pod B.

Vježba 096

U krug izmjenične struje serijski su spojeni otpornik, zavojnica i kondenzator. Pri frekvenciji 100 Hz induktivni je otpor šesnaest 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: A.

Zadatak 097 (Nikolina, srednja škola)

Proton se giba kružnom stazom brzinom okomitom na magnetsko polje. Koliko iznosi jakost magnetske indukcije ako proton treba 1 μ s za puni okret? (masa protona je $1.67 \cdot 10^{-27}$ kg, naboj elektrona je $1.6 \cdot 10^{-19}$ C)

Rješenje 097

$$\alpha = 60^\circ, \quad T = 1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}, \quad m = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad B = ?$$

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

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

gdje je r polumjer kružnice, T period (vrijeme jednog okreta).

Da bi se tijelo mase m gibalo po kružnici polumjera r potrebno je da na nj djeluje centripetalna sila

$$F_{CP} = m \cdot \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r}{T^2},$$

koja ima smjer prema središtu kružnice i gdje je T period, vrijeme jednog ophoda.

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 α kut između smjera magnetskog polja i smjera gibanja čestice.

Električni naboj jest veličina kojom opisujemo svojstvo elektrona i protona te drugih elementarnih čestica. Najmanji naboj poznat u prirodi je naboj koji posjeduju elektron i proton. Zovemo ga elementarni naboj, a njegova vrijednost je:

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}.$$

Budući da Lorentzova sila, koja djeluje na proton u magnetskom polju, ima ulogu centripetalne sile, jakost magnetske indukcije možemo naći iz odnosa:

$$\left. \begin{array}{l} v = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{T} \\ F = F_{cp} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} v = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{T} \\ B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2} \end{array} \right\} \Rightarrow B \cdot Q \cdot \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{T} \cdot \sin \alpha = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2} \Rightarrow \\
 \Rightarrow B \cdot Q \cdot \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{T} \cdot \sin \alpha = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2} / \cdot \frac{T}{Q \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot \sin \alpha} \Rightarrow B = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{T \cdot Q \cdot \sin \alpha} = \\
 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ s} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \sin 90^\circ} = 0.066 \text{ T}.$$

Vježba 097

Proton se giba kružnom stazom brzinom okomitom na magnetsko polje. Koliko iznosi jakost magnetske indukcije ako proton treba $2 \mu\text{s}$ za dva puna okreta? (masa protona je $1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, naboj elektrona je $1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rezultat: 0.066 T.

Zadatak 098 (Maturant, gimnazija)

Vodič duljine 1 m giba se u homogenome magnetskome polju iznosa 0.1 T okomito na silnice polja. Brzina vodiča iznosi 2 m/s. Koliki se napon inducira na krajevima toga vodiča?

Rješenje 098

$$l = 1 \text{ m}, \quad B = 1 \text{ T}, \quad \alpha = 90^\circ, \quad v = 2 \text{ m/s}, \quad U = ?$$

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

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

Napon induciran na krajevima vodiča iznosi:

$$U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \varphi = 0.1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin 90^\circ = \left[\sin 90^\circ = 1 \right] = 0.2 \text{ V}.$$

Vježba 098

Vodič duljine 2 m giba se u homogenome magnetskome polju iznosa 0.1 T okomito na silnice polja. Brzina vodiča iznosi 2 m/s. Koliki se napon inducira na krajevima toga vodiča?

Rezultat: 0.4 V.

Zadatak 099 (Jelena, gimnazija)

Zavojnica induktiviteta 5 mH i omskog otpora 20 Ω spojena je na izmjenični sinusni napon efektivne vrijednosti 28 V, frekvencije 400 Hz. Kolikom se snagom zagrijava zavojnica?

Rješenje 099

$$L = 5 \text{ mH} = 0.005 \text{ H}, \quad R = 20 \Omega, \quad U = 28 \text{ V}, \quad \nu = 400 \text{ Hz}, \quad P = ?$$

Kružna frekvencija ω definira se

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

gdje je ν frekvencija.

Ukupni otpor u krugu izmjenične struje zovemo impedancija.

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

R je radni ili omski otpor,

$$R_L = L \cdot \omega \Rightarrow R_L = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu \text{ je induktivni otpor,}$$

$$R_C = \frac{1}{C \cdot \omega} \Rightarrow R_C = \frac{1}{C \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu} \text{ je kapacitivni otpor.}$$

Ohmov zakon za izmjeničnu struju glasi:

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

Radna snaga izmjenične struje računa se:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi,$$

gdje je faktor snage $\cos \varphi$ jednak

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

($P = U \cdot I$ je prividna snaga.)

Računamo snagu kojom se zagrijava zavojnica. Budući da nema kapacitivnog otpora ($R_C = 0$), impedancija iznosi:

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

$$\left. \begin{array}{l} I = \frac{U}{Z}, \cos \varphi = \frac{R}{Z} \\ P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \end{array} \right\} \Rightarrow P = U \cdot \frac{U}{Z} \cdot \frac{R}{Z} \Rightarrow P = \frac{U^2}{Z^2} \cdot R \Rightarrow P = \frac{U^2}{\left(\sqrt{R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu)^2}\right)^2} \cdot R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = \frac{U^2}{R^2 + (L \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu)^2} \cdot R = \frac{(28 \text{ V})^2}{(20 \text{ } \Omega)^2 + \left(0.005 \text{ H} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 400 \frac{1}{\text{s}}\right)^2} \cdot 20 \text{ } \Omega = 28.1 \text{ W}.$$

Vježba 099

Zavojnica induktiviteta 5 mH i omskog otpora 20 Ω spojena je na izmjenični sinusni napon efektivne vrijednosti 30 V, frekvencije 400 Hz. Kolikom se snagom zagrijava zavojnica?

Rezultat: 32.3 W.

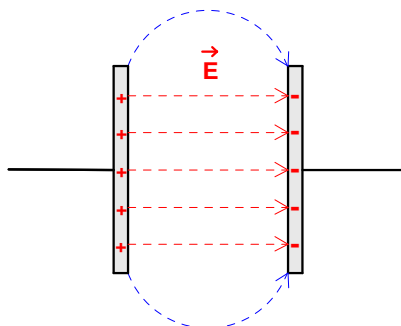
Zadatak 100 (Josipa, srednja škola)

Između ploča nabijenog ravnog kondenzatora električno je polje:

- A) jednako nuli
- B) maksimalno uz pozitivnu ploču
- C) maksimalno uz negativnu ploču
- D) maksimalno na sredini među pločama
- E) konstantno.

Rješenje 100

Pločasti kondenzator sastoji se od dvije metalne ploče postavljene paralelno, međusobno udaljene za neki razmak i električki izolirane. Spojimo li ploče na izvor napona (bateriju) na pločama će se pojaviti naboj suprotnog predznaka, koji neće nestati kada prekinemo spoj s izvorom. Električno polje lokalizirano je u prostoru između ploča kondenzatora i homogeno je, što je posljedica jednolike raspodjele površinske gustoće naboja na površinama ploča. Odstupanja nastaju na rubovima ploča i manja su ako je razmak među pločama manji. Dakle, između paralelnih ploča kondenzatora postoji homogeno električno polje. Odgovor je pod E.



Vježba 100

Na rubovima ploča nabijenog ravnog kondenzatora električno je polje:

- A) jednako nuli
- B) maksimalno uz pozitivnu ploču
- C) maksimalno uz negativnu ploču
- D) homogeno
- E) nehomogeno.

Rezultat: E.

www.halapa.com