

Zadatak 041 (Mira, gimnazija)

Titrajni krug ima rezonantnu frekvenciju 80 kHz. Prikluči li se paralelno kondenzator kapacitivnosti 4.7 nF, rezonantna frekvencija smanji se na 50 kHz. Odredi induktivnost kruga.

Rješenje 041

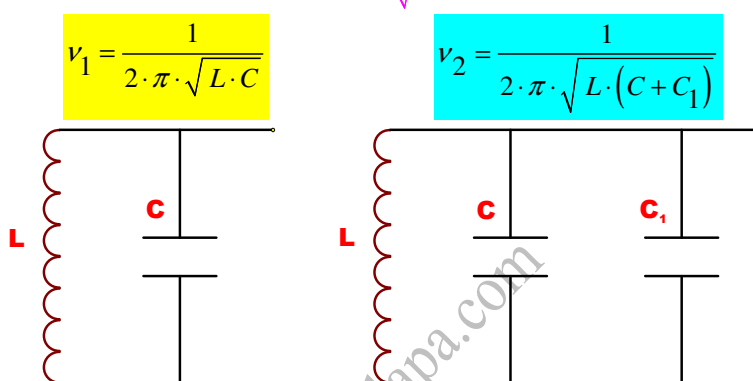
$$\nu_1 = 80 \text{ kHz} = 8 \cdot 10^4 \text{ Hz}, \quad C_1 = 4.7 \text{ nF} = 4.7 \cdot 10^{-9} \text{ F}, \quad \nu_2 = 50 \text{ kHz} = 5 \cdot 10^4 \text{ Hz}, \quad L = ?$$

Spojimo li n kondenzatora u paralelu, ukupni će kapacitet biti

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n.$$

Kapacitet ekvivalentnog kondenzatora jednak je zbroju kapaciteta svakog pojedinog kondenzatora. Električni titrajni krug (LC krug) je krug u kojem se nalazi veza kondenzatora i zavojnice. Promjena napona i jakosti struje u titrajnom krugu posljedica je odgovarajućih promjena između električnog i magnetskog polja. Frekvencija ovog titranja ovisi o kapacitetu C kondenzatora i induktivitetu L zavojnice te iznosi

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



$$\left. \begin{array}{l} \nu_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \\ \nu_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot (C + C_1)}} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \nu_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \cdot \sqrt{} \\ \nu_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot (C + C_1)}} \cdot \sqrt{} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \nu_1^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C} \\ \nu_2^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot (C + C_1)} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} \nu_1^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C} \cdot \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C}{\nu_1^2} \\ \nu_2^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot (C + C_1)} \cdot \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot (C + C_1)}{\nu_2^2} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C = \frac{1}{\nu_1^2} \\ 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot (C + C_1) = \frac{1}{\nu_2^2} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{oduzmemo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot (C + C_1) - 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C = \frac{1}{\nu_2^2} - \frac{1}{\nu_1^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C + 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C_1 - 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C = \frac{1}{\nu_2^2} - \frac{1}{\nu_1^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C_1 = \frac{1}{\nu_2^2} - \frac{1}{\nu_1^2} \Rightarrow 4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C_1 = \frac{\nu_1^2 - \nu_2^2}{\nu_1^2 \cdot \nu_2^2} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot C_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot C_1 \cdot v_1^2 \cdot v_2^2} \Rightarrow L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{(2 \cdot \pi \cdot v_1 \cdot v_2)^2 \cdot C_1} =$$

$$= \frac{\left(8 \cdot 10^4 \frac{1}{s}\right)^2 - \left(5 \cdot 10^4 \frac{1}{s}\right)^2}{\left(2 \cdot \pi \cdot 8 \cdot 10^4 \frac{1}{s} \cdot 5 \cdot 10^4 \frac{1}{s}\right)^2 \cdot 4.7 \cdot 10^{-9} F} = 1.314 \cdot 10^{-3} H = 1.314 \text{ mH}.$$

Vježba 041

Titrajni krug ima rezonantnu frekvenciju 80 kHz. Prikluči li se paralelno kondenzator kapacitivnosti 9.4 nF, rezonantna frekvencija smanji se na 50 kHz. Odredi induktivnost kruga.

Rezultat: 0.657 mH.

Zadatak 042 (Josipa, maturantica)

Titrajni krug sastoji se od zavojnice induktiviteta 15 mH i pločastog kondenzatora kojemu su ploče, svaka površine 56.5 cm², razmaknute 1 mm. Među pločama je zrak. Kolika je rezonantna frekvencija kruga? (dielektričnost praznine $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$)

Rješenje 042

$$L = 15 \text{ mH} = 1.5 \cdot 10^{-2} \text{ H}, \quad S = 56.5 \text{ cm}^2 = 5.65 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2, \quad d = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m},$$

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

Kapacitet pločastog kondenzatora upravno je razmjeran ploštini S jedne ploče, a obrnuto razmjeran udaljenosti d između ploča. Njegov kapacitete u zraku je

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

gdje je ϵ_0 dielektričnost praznine (električna permitivnost vakuumu), S površina ploče, d razmak među pločama.

Električni titrajni krug (LC krug) je krug u kojem se nalazi veza kondenzatora i zavojnice. Promjena napona i jakosti struje u titrajnom krugu posljedica je odgovarajućih promjena između električnog i magnetskog polja. Frekvencija ovog titranja ovisi o kapacitetu C kondenzatora i induktivitetu L zavojnice te iznosi

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

Računamo rezonantnu frekvenciju.

$$\left. \begin{array}{l} v = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \\ C = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{zamjene} \end{array} \right] \Rightarrow v = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}}} \Rightarrow v = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{L \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{d}{L \cdot \epsilon_0 \cdot S}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{10^{-3} \text{ m}}{1.5 \cdot 10^{-2} \text{ H} \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \cdot 5.65 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}} = 1.84 \cdot 10^5 \text{ Hz}.$$

Vježba 042

Titrajni krug sastoji se od zavojnice induktiviteta 30 mH i pločastog kondenzatora kojemu su ploče, svaka površine 56.5 cm², razmaknute 2 mm. Među pločama je zrak. Kolika je rezonantna frekvencija kruga? (dielektričnost praznine $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$)

Rezultat: $1.84 \cdot 10^5 \text{ Hz}$.

Zadatak 043 (Fox, tehnička škola)

Intenzitet nekog elektromagnetnog vala iznosi 1 kW/m^2 . Izračunajte:

a) jakost polja E_0 , H_0 i B_0

b) gustoću energije.

(dielektričnost praznine $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$, permeabilnost praznine $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rješenje 043

$I = 1 \text{ kW/m}^2 = 1000 \text{ W/m}^2$, $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$, $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$,
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $E_0 = ?$, $H_0 = ?$, $B_0 = ?$, $w = ?$

Intenzitet elektromagnetnog vala u vakuumu računa se po formuli

$$I = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cdot E_0^2,$$

gdje je ϵ_0 dielektričnost praznine (električna permitivnost vakuuma), μ_0 permeabilnost praznine.

Maksimalne vrijednosti električnog polja E_0 i magnetnog polja H_0 u vakuumu povezane su relacijom

$$\epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot H_0^2,$$

gdje je ϵ_0 dielektričnost praznine (električna permitivnost vakuuma), μ_0 permeabilnost praznine.

U praznini (vakuumu) magnetna indukcija B_0 i jakost magnetnog polja H_0 vezane su odnosom

$$B_0 = \mu_0 \cdot H_0.$$

Elektromagnetni val prenosi energiju. Prosječna gustoća te energije iznosi:

$$w = \frac{I}{c},$$

gdje je I intenzitet elektromagnetnog vala, c brzina svjetlosti u vakuumu.

a)

Računamo E_0 .

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cdot E_0^2 \Rightarrow I = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cdot E_0^2 \cdot 2 \Rightarrow 2 \cdot I = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cdot E_0^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow 2 \cdot I &= \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cdot E_0^2 \cdot \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \Rightarrow 2 \cdot I \cdot \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = E_0^2 \Rightarrow E_0^2 = 2 \cdot I \cdot \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \Rightarrow \\ \Rightarrow E_0^2 &= 2 \cdot I \cdot \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \Rightarrow E_0 = \sqrt{2 \cdot I \cdot \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}} = \\ &= \sqrt{2 \cdot 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}}{8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}}} = 868 \frac{\text{V}}{\text{m}}. \end{aligned}$$

Računamo H_0 .

$$\begin{aligned} \epsilon_0 \cdot E_0^2 &= \mu_0 \cdot H_0^2 \Rightarrow \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot H_0^2 \cdot \frac{1}{\mu_0} \Rightarrow H_0^2 = \frac{\epsilon_0}{\mu_0} \cdot E_0^2 \Rightarrow H_0^2 = \frac{\epsilon_0}{\mu_0} \cdot E_0^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow H_0 &= \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0} \cdot E_0^2} \Rightarrow H_0 = E_0 \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} = 868 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot \sqrt{\frac{8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}}} = 2.30 \frac{\text{A}}{\text{m}}. \end{aligned}$$

Računamo B_0 .

$$B_0 = \mu_0 \cdot H_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \cdot 2.30 \frac{A}{m} = 2.89 \cdot 10^{-6} T.$$

b)

Računamo gustoću w .

$$w = \frac{I}{c} = \frac{1000 \frac{W}{m^2}}{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = 3.33 \cdot 10^{-6} \frac{J}{m^3}.$$

Vježba 043

Intenzitet nekog elektromagnetnog vala iznosi 10 W / dm^2 . Izračunajte jakost polja E_0 .

Rezultat: 868 V / m .

Zadatak 044 (Fox, tehnička škola)

Indukcija magnetnog polja elektromagnetnog vala iznosi 10^{-8} T . Izračunajte maksimalnu jakost električnog polja. (dielektričnost praznine $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$, permeabilnost praznine $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rješenje 044

$$B_0 = 10^{-8} \text{ T}, \quad \epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2), \quad \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}, \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad E_0 = ?$$

U praznini (vakuumu) magnetna indukcija B_0 i jakost magnetnog polja H_0 vezane su odnosom

$$B_0 = \mu_0 \cdot H_0,$$

gdje je μ_0 permeabilnost praznine.

Maksimalne vrijednosti električnog polja E_0 i magnetnog polja H_0 u vakuumu povezane su relacijom

$$\epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot H_0^2,$$

gdje je ϵ_0 dielektričnost praznine (električna permitivnost vakuuma), μ_0 permeabilnost praznine.

Brzina širenja elektromagnetnih valova kroz vakuum računa se po formuli

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}.$$

$$\left. \begin{array}{l} B_0 = \mu_0 \cdot H_0 \\ \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot H_0^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} B_0 = \mu_0 \cdot H_0 \cdot \frac{1}{\mu_0} \\ \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot H_0^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} H_0 = \frac{B_0}{\mu_0} \\ \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot H_0^2 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot \left(\frac{B_0}{\mu_0} \right)^2 \Rightarrow \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot \frac{B_0^2}{\mu_0^2} \Rightarrow \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \frac{B_0^2}{\mu_0} \Rightarrow \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \frac{B_0^2}{\mu_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \frac{B_0^2}{\mu_0} \cdot \frac{1}{\epsilon_0} \Rightarrow E_0^2 = \frac{B_0^2}{\epsilon_0 \cdot \mu_0} \Rightarrow E_0^2 = \frac{B_0^2}{\epsilon_0 \cdot \mu_0} \cdot \sqrt{\quad} \Rightarrow E_0 = \sqrt{\frac{B_0^2}{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_0 = \frac{B_0}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \Rightarrow E_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \cdot B_0 \Rightarrow E_0 = c \cdot B_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot 10^{-8} T = 3 \frac{V}{m}.$$

Vježba 044

Indukcija magnetnog polja elektromagnetnog vala iznosi 10^{-7} T . Izračunajte maksimalnu jakost električnog polja. (dielektričnost praznine $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$, permeabilnost praznine $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rezultat: 30 V / m.

Zadatak 045 (Nikica, tehnička škola)

Odredite kvocijent amplituda električnog i magnetnog polja u vakuumu. (dielektričnost praznine $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$, permeabilnost praznine $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$)

Rješenje 045

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2), \quad \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}, \quad E_0 / H_0 = ?$$

Maksimalne vrijednosti električnog polja E_0 i magnetnog polja H_0 u vakuumu povezane su relacijom

$$\epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot H_0^2,$$

gdje je ϵ_0 dielektričnost praznine (električna permitivnost vakuuma), μ_0 permeabilnost praznine.

$$\begin{aligned} \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot H_0^2 &\Rightarrow \epsilon_0 \cdot E_0^2 = \mu_0 \cdot H_0^2 \cdot \frac{1}{\epsilon_0 \cdot H_0^2} \Rightarrow \frac{E_0^2}{H_0^2} = \frac{\mu_0}{\epsilon_0} \Rightarrow \left(\frac{E_0}{H_0}\right)^2 = \frac{\mu_0}{\epsilon_0} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \left(\frac{E_0}{H_0}\right)^2 = \frac{\mu_0}{\epsilon_0} \cdot \sqrt{} \Rightarrow \frac{E_0}{H_0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}}{8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}}} = 376.73 \Omega \approx 377 \Omega. \end{aligned}$$

Pokažimo kako se dobije mjerna jedinica Ω .

$$\begin{aligned} \sqrt{\frac{\frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}}{\frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}}} &= \sqrt{\frac{\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{C}^2}} = \left[\text{T} = \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} \right] = \sqrt{\frac{\frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} \cdot \text{m} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{C}^2}} = \sqrt{\frac{\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{C}^2}} = \\ &= \sqrt{\frac{\frac{\text{N}}{\text{A}} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{C}^2}} = \sqrt{\frac{\text{N} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{A} \cdot \text{C}^2}} = \sqrt{\frac{\text{N}^2 \cdot \text{m}^2}{\text{A}^2 \cdot \text{C}^2}} = \sqrt{\frac{(\text{N} \cdot \text{m})^2}{(\text{A} \cdot \text{C})^2}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{A} \cdot \text{C}} = \left[\text{J} = \text{N} \cdot \text{m} \right] = \\ &= \frac{\text{J}}{\text{A} \cdot \text{C}} = \left[\frac{\text{J} = \text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}}{\text{C} = \text{A} \cdot \text{s}} \right] = \frac{\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{A} \cdot \text{s}} = \frac{\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{A} \cdot \text{s}} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \left[\frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega \right] = \Omega. \end{aligned}$$

Vježba 045

Odredite kvocijent amplituda magnetnog i električnog polja u vakuumu. (dielektričnost praznine $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$, permeabilnost praznine $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$)

Rezultat: $\frac{1}{377 \Omega}$.

Zadatak 046 (Marin, gimnazija)

Snop od 10^8 elektrona giba se kao točkasti naboj brzinom $10^6 \text{ m} / \text{s}$ po osi x. Odredi jakost magnetnog polja u trenutku kada se snop nalazi u ishodištu u točki (0, 10). Koordinate su u centimetrima. (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

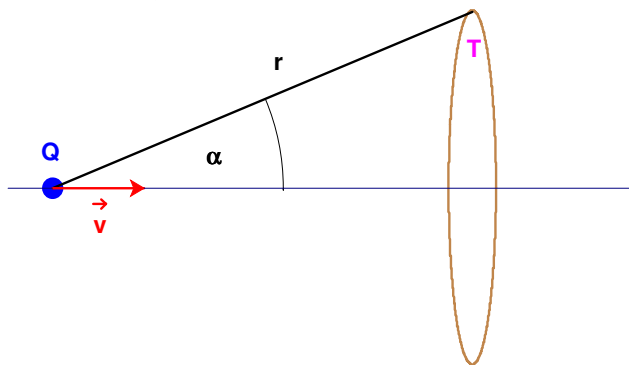
Rješenje 046

$$N = 10^8, \quad v = 10^6 \text{ m} / \text{s}, \quad T(0, 10), \quad e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad H = ?$$

Električni naboj elektrona i protona ima isti iznos: $1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. To je najmanja količina naboja koju su fizičari dosad otkrili pokusima i zove se **elementarni naboj**. Utvrđeno je da se električni naboji javljaju samo u cjelobrojnim višekratnicima tog elementarnog naboja. Kažemo da je naboj kvantiziran, sastavljen od osnovnih kvanta elektriciteta

$$Q = N \cdot e,$$

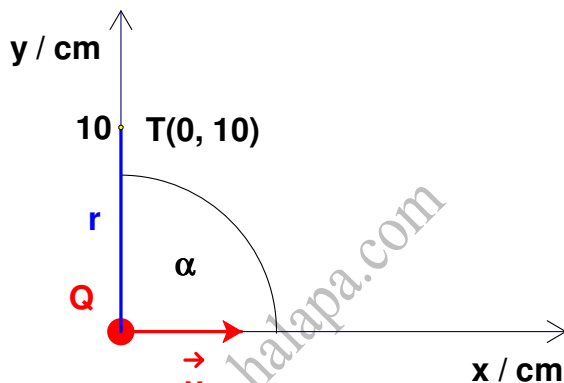
gdje je N cijeli broj, e elementarni naboj.



Naboj Q u gibanju izaziva oko sebe magnetno polje jakosti

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

Računamo jakost magnetnog polja H u točki $T(0, 10)$.



Sa slike vidi se:

$$r = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad \alpha = 90^\circ.$$

Tada je:

$$\left. \begin{array}{l} Q = N \cdot e \\ H = \frac{Q \cdot v \cdot \sin \alpha}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \end{array} \right\} \Rightarrow H = \frac{N \cdot e \cdot v \cdot \sin \alpha}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{10^8 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin 90^\circ}{4 \cdot \pi \cdot (0.1 \text{ m})^2} = 1.275 \cdot 10^{-4} \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

Vježba 046

Snop od 10^8 elektrona giba se kao točkasti naboj brzinom 10^3 km/s po osi x . Odredi jakost magnetnog polja u trenutku kada se snop nalazi u ishodištu u točki $(0, 10)$. Koordinate su u centimetrima. (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rezultat: $1.275 \cdot 10^{-4} \text{ A/m}$.

Zadatak 047 (Marin, gimnazija)

Snop od 10^8 elektrona giba se kao točkasti naboj brzinom 10^6 m/s po osi x . Odredi jakost magnetnog polja u trenutku kada se snop nalazi u ishodištu u točki $(20, 10)$. Koordinate su u centimetrima. (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

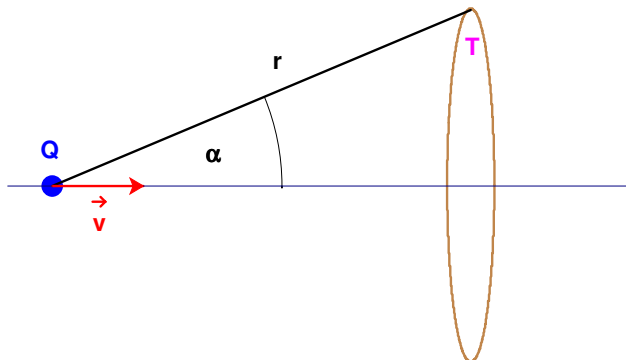
Rješenje 047

$$N = 10^8, \quad v = 10^6 \text{ m/s}, \quad T(20, 10), \quad e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad H = ?$$

Električni naboj elektrona i protona ima isti iznos: $1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. To je najmanja količina naboja koju su fizičari dosad otkrili pokusima i zove se **elementarni naboj**. Utvrđeno je da se električni naboji javljaju samo u cjelobrojnim višekratnicima tog elementarnog naboja. Kažemo da je naboj kvantiziran, sastavljen od osnovnih kvanta elektriciteta

$$Q = N \cdot e,$$

gdje je N cijeli broj, e elementarni naboj.



Naboj Q u gibanju izaziva oko sebe magnetno polje jakosti

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

Trokut je dio ravnine omeđen s tri dužine. Te dužine zovemo stranice trokuta.

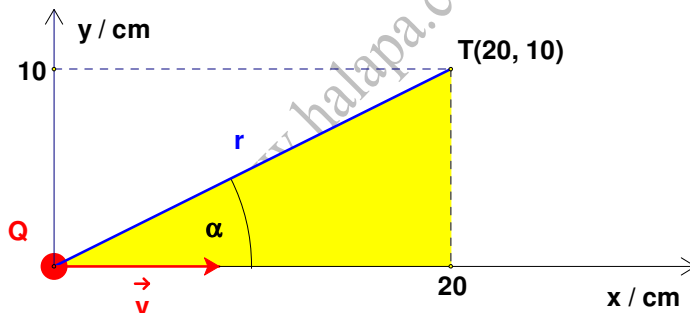
Pitagorin poučak

Trokut je pravokutan ako i samo ako je kvadrat nad hipotenuzom jednak zbroju kvadrata nad katetama.

$$c^2 = a^2 + b^2.$$

Sinus šiljastog kuta pravokutnog trokuta jednak je omjeru duljine katete nasuprot tog kuta i duljine hipotenuze.

Računamo jakost magnetnog polja H u točki T(20, 10).



Sa slike vidi se:

$$x = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}, \quad y = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}.$$

Uočimo pravokutan trokut čije su katete x i y, a hipotenuza je r. Tada vrijedi:

$$r^2 = x^2 + y^2 \Rightarrow r^2 = x^2 + y^2 \quad / \sqrt{\quad} \Rightarrow r = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Sinus kuta α iznosi:

$$\sin \alpha = \frac{y}{r} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}.$$

Jakost magnetnog polja H je:

$$\left. \begin{array}{l} Q = N \cdot e \\ H = \frac{Q \cdot v \cdot \sin \alpha}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \end{array} \right\} \Rightarrow H = \frac{N \cdot e \cdot v \cdot \sin \alpha}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \left[\begin{array}{l} r^2 = x^2 + y^2 \\ \sin \alpha = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \end{array} \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \frac{N \cdot e \cdot v \cdot \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}}{4 \cdot \pi \cdot (x^2 + y^2)} \Rightarrow H = \frac{N \cdot e \cdot v \cdot y}{4 \cdot \pi \cdot (x^2 + y^2) \cdot \sqrt{x^2 + y^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \frac{N \cdot e \cdot v \cdot y}{4 \cdot \pi \cdot (\sqrt{x^2 + y^2})^3} = \frac{10^8 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.1 \text{ m}}{4 \cdot \pi \cdot (\sqrt{(0.2 \text{ m})^2 + (0.1 \text{ m})^2})^3} = 1.14 \cdot 10^{-5} \frac{\text{A}}{\text{m}}.$$

Vježba 047

Snop od 10^8 elektrona giba se kao točkasti naboj brzinom 10^3 km/s po osi x . Odredi jakost magnetnog polja u trenutku kada se snop nalazi u ishodištu u točki $(20, 10)$. Koordinate su u centimetrima. (naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rezultat: $1.14 \cdot 10^{-5} \text{ A/m}$.

Zadatak 048 (Ante, gimnazija)

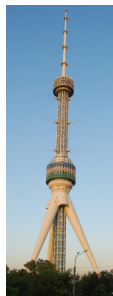
Lokalna kratkovalna radiopostaja emitira svoj program na frekvenciji 110 kHz , a popularni radio 101 na frekvenciji 94.7 MHz . Čiji će valovi u kraćem vremenu dosegnuti na udaljenosti od 2 km ?

- A. valovi lokalne postaje stići će trećinu sekunde ranije od valova stojedinice
- B. valovi lokalne postaje stići će trećinu sekunde kasnije od valova stojedinice
- C. valovi obiju postaja doći će istodobno
- D. lokalna postaja ne može dosegnuti tu udaljenost
- E. stojedinica ne može dosegnuti tu udaljenost

Rješenje 048

$$v_1 = 110 \text{ kHz}, \quad v_2 = 94.7 \text{ MHz}, \quad s = 2 \text{ km}$$

Elektromagnetski val je posljedica gibanja naboja i prenosi elektromagnetsku energiju. U slobodnom prostoru rasprostire se brzinom svjetlosti. U vakuumu svi elektromagnetski valovi rasprostiru se jednakom brzinom bez obzira na njihovu frekvenciju (valnu duljinu). Maxwell je u svojoj elektromagnetskoj teoriji predvidio da se svi elektromagnetski valovi bez obzira na frekvenciju u zraku rasprostiru jednakom brzinom. Valovi obiju radiopostaja doći će istodobno jer imaju jednaku brzinu. Odgovor je pod C.



Vježba 048

Lokalna kratkovalna radiopostaja emitira svoj program na frekvenciji 130 kHz , a popularni radio 101 na frekvenciji 94.7 MHz . Čiji će valovi u kraćem vremenu dosegnuti na udaljenosti od 2 km ?

- A. valovi lokalne postaje stići će trećinu sekunde ranije od valova stojedinice
- B. valovi lokalne postaje stići će trećinu sekunde kasnije od valova stojedinice
- C. valovi obiju postaja doći će istodobno
- D. lokalna postaja ne može dosegnuti tu udaljenost
- E. stojedinica ne može dosegnuti tu udaljenost

Rezultat: C.

Zadatak 049 (Dominik, gimnazija)

Koliki mora biti kapacitet kondenzatora da bi uz zavojnicu induktivnosti 3 mH perioda LC – titrajnog kruga bila $7 \cdot 10^{-5}$ s?

Rješenje 049

$$L = 3 \text{ mH} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ H}, \quad T = 7 \cdot 10^{-5} \text{ s}, \quad C = ?$$

Električni titrajni krug sastoji se od kondenzatora kapaciteta C i zavojnice induktivnosti L. Vrijeme jednog titraja (periode) struje ili napona takvog kruga određujemo pomoću Thomsonove formule

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}.$$

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

$$\Rightarrow \sqrt{L \cdot C} = \frac{T}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow L \cdot C = \left(\frac{T}{2 \cdot \pi} \right)^2 \Rightarrow L \cdot C = \left(\frac{T}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{1}{L} \Rightarrow C = \frac{1}{L} \cdot \left(\frac{T}{2 \cdot \pi} \right)^2 =$$

$$= \frac{1}{3 \cdot 10^{-3} \text{ H}} \cdot \left(\frac{7 \cdot 10^{-5} \text{ s}}{2 \cdot \pi} \right)^2 = 4.14 \cdot 10^{-8} \text{ F}.$$

Vježba 049

Koliki mora biti kapacitet kondenzatora da bi uz zavojnicu induktivnosti 4 mH perioda LC – titrajnog kruga bila $7 \cdot 10^{-5}$ s?

Rezultat: $3.10 \cdot 10^{-8}$ F.

www.halapa.com