

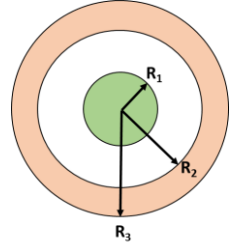


Ujian 3 FI1201 Fisika Dasar IIA
Semester 2 2022/2023

Selasa, 23 Mei 2023, Waktu: 09.00 – 11.00 (2 jam)

Gunakan: $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A, $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C, $c = 3 \times 10^8$ m/s, $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$

1. Sebuah bola isolator pejal berjari-jari R_1 memiliki muatan per satuan volume tetap ρ . Bola isolator tersebut tersusun secara konsentris dengan bola konduktor berongga dengan jari-jari dalam R_2 dan jari-jari luar R_3 . Bola konduktor memiliki muatan $+Q$. Dengan menggunakan hukum Gauss,
- tentukan kuat medan listrik pada jarak r dari pusat bola isolator untuk $r < R_1$ dan $r > R_3$
 - tentukan muatan induksi di permukaan dalam ($r = R_2$) dan di permukaan luar ($r = R_3$) bola konduktor.



Solusi:

a) $r < R_1$

Permukaan Gauss dengan jari-jari r .

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$$
$$E 4\pi r^2 = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho 4\pi r^2 dr$$
$$E 4\pi r^2 = \frac{4\pi \rho r^3}{3\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\rho r}{3\epsilon_0}$$

$r > R_3$

$$q_{enc} = \frac{4\pi \rho R_1^3}{3} + Q$$
$$E 4\pi r^2 = \frac{\frac{4\pi \rho R_1^3}{3} + Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{4\pi \rho R_1^3 + 3Q}{12\pi r^2 \epsilon_0}$$

b) Kuat medan listrik di dalam konduktor = 0 $\rightarrow q_{enc} = \text{Bola}_{isolator} + q_{ind.R_2} = 0$

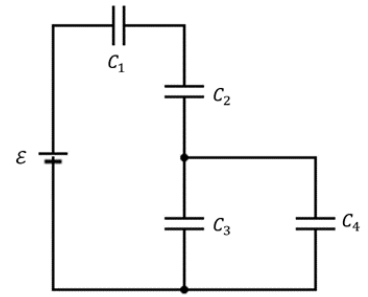
$$q_{ind.R_2} = - \frac{4\pi \rho R_1^3}{3}$$

Muatan netto bola konduktor = $+Q = q_{ind.R_2} + q_{ind.R_3}$

Maka muatan induksi di permukaan jari-jari R_3 adalah

$$q_{ind.R_3} = Q + \frac{4\pi \rho R_1^3}{3}$$

2. Perhatikan gambar rangkaian kapasitor (kapasitansi setiap kapasitor adalah C) dan baterai $\mathcal{E} = 10,0 \text{ V}$ di samping ini. Rangkaian sudah terpasang cukup lama.
- Tentukan kapasitansi ekuivalen dari rangkaian kapasitor di samping, dalam C .
 - Jika setiap kapasitor pada rangkaian tersebut merupakan kapasitor plat sejajar dengan luas permukaan $16,0 \text{ cm}^2$ dan jarak antar plat adalah $35,4 \text{ mm}$, tentukan muatan total yang tersimpan dalam sistem rangkaian kapasitor tersebut.
 - Tentukan energi yang tersimpan pada sistem rangkaian kapasitor tersebut.



- a) Semua kapasitor identik, misal kapasitansi kapasitor C , maka kapasitor ekuivalen dari sistem rangkaian dapat diperoleh dari persamaan:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3 + C_4} = \frac{1}{C} \left(1 + 1 + \frac{1}{2} \right) = \frac{5}{2C},$$

sehingga,

$$C_{eq} = \frac{2}{5} C = 0.40 C.$$

- b) Kapasitansi untuk kapasitor plat sejajar

$$C'_b = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{\left(8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \right) (16.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2)}{(35.4 \times 10^{-3} \text{ m})} = 4.00 \times 10^{-13} \text{ F} = 0.40 \text{ pF}.$$

Sehingga muatan totalnya,

$$q_b = 0.4 C'_a \mathcal{E} = 0.40 (4.00 \times 10^{-13} \text{ F})(10.0 \text{ V}) = 1.60 \times 10^{-12} \text{ C} = 1.6 \text{ pC}.$$

- c) Energi yang tersimpan pada kapasitor,

$$U = \frac{1}{2} C \mathcal{E}^2,$$

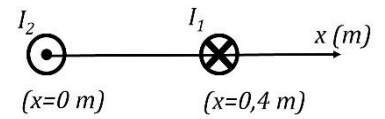
sehingga energi totalnya adalah:

$$U_b = \frac{1}{2} C_b \mathcal{E}^2 = \frac{1}{2} (0.4 \times 4.00 \times 10^{-13} \text{ F})(10.0 \text{ V})^2 = 8 \text{ pJ}$$

atau

$$U_b = \frac{1}{2} q_b \mathcal{E} = \frac{1}{2} (1.6 \times 10^{-12} \text{ F}) \times (10 \text{ V}) = 8 \text{ pJ}$$

3. Dua buah kawat lurus sangat panjang yang tegak lurus bidang gambar dan terpisah sejauh 0,4 m dialiri arus $I_1 = 1,2$ A (masuk bidang gambar) dan $I_2 = 0,5$ A (keluar bidang gambar), seperti tampak pada gambar di samping.



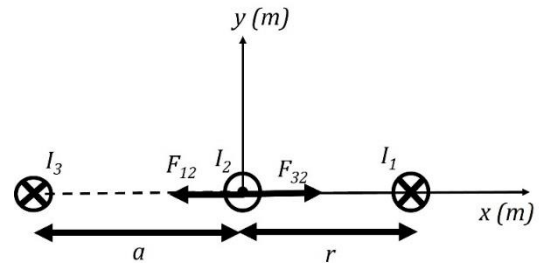
- a) Tentukanlah besar gaya persatuan panjang antara kedua kawat I_1 , dan I_2 . Apakah kedua kawat tersebut saling tarik-menarik atau tolak-menolak?
- b) Jika ada kawat ketiga lurus sangat panjang sejajar dengan kedua kawat tersebut, dan dialiri arus $I_3 = 6$ A masuk bidang gambar, tentukan posisi kawat tersebut agar gaya total yang bekerja pada kawat I_2 adalah nol.

Solusi:

- a) Gaya persatuan panjang antara I_1 , dan I_2 , $\frac{F_{12}}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$, sehingga $\frac{F_{12}}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1,2 \times 0,5}{2\pi \times 0,4}$, maka didapatkan $\frac{F_{12}}{l} = 3 \times 10^{-7}$ N/m.

Gaya antar kawat saling tolak menolak karena arah arusnya berlawanan.

- b) Agar gaya persatuan panjang yang bekerja pada kawat I_2 sama dengan nol, dan arus pada kawat I_3 kedalam bidang kertas, maka posisi kawat 3 harus berada pada sebelah kiri kawat 2 sehingga kawat 2 dan 3 saling tolak menolak dan kawat 1 dan 2 juga saling tolak menolak.

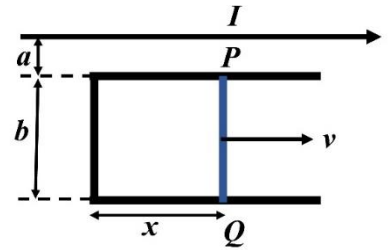


$$\frac{F_{12}}{l} = \frac{F_{23}}{l}$$

$$\begin{aligned} \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} &= \frac{\mu_0 I_2 I_3}{2\pi a} \\ \frac{I_1}{r} &= \frac{I_3}{a} \\ \frac{1,2}{0,4} &= \frac{6}{a} \end{aligned}$$

Sehingga $a = 2$ m.

4. Pada gambar di samping, batang konduktor PQ bersinggungan dengan rel konduktor berbentuk U. Panjang batang konduktor PQ adalah $l = 12,0$ cm. Pada jarak $a = 0,5$ cm di atas rel terdapat kawat lurus panjang yang dialiri arus $I = 100$ A ke kanan. Jika batang konduktor digeser ke kanan dengan laju konstan $v = 5,0$ m/s, tentukan:



- fluks magnet pada loop ketika batang berada pada posisi x dari ujung kiri rel. Nyatakan dalam μ_0 , x , I ;
- GGL induksi pada loop. Nyatakan dalam μ_0 ;
- arah arus induksi yang terjadi. Jelaskan.

Solusi:

- Medan B di titik sejauh y dari kawat berarus adalah $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi y}$

Fluks magnet di titik y dengan luas $dA = x dy$ adalah

$$d\Phi = B dA = B x dy$$

Fluks total adalah

$$\Phi = \int_a^{l+a} B x dy = \int_a^{l+a} \frac{\mu_0 I}{2\pi y} x dy = \frac{\mu_0 I x}{2\pi} \ln\left(\frac{12.5}{0.5}\right)$$

- GGL induksi

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\left(\frac{\mu_0 I x}{2\pi} \ln\left(\frac{12.5}{0.5}\right)\right) = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln\left(\frac{12.5}{0.5}\right) = -\frac{\mu_0 (100)(5)}{2\pi} \ln\left(\frac{12.5}{0.5}\right) \text{ volt}$$

$$|\varepsilon| = \frac{250\mu_0}{\pi} (\ln 25) \text{ volt}$$

- Berdasarkan hukum Lenz, arus induksi harus menghasilkan medan magnet induksi berarah ke luar bidang, maka arah arus induksi dalam loop **berlawanan** dengan arah jarum jam.

5. Seberkas cahaya tampak ($\lambda = 600 \text{ nm}$) datang tegak lurus pada susunan 3 celah sempit yang memiliki jarak antar celah berturut-turut $0,24 \text{ mm}$. Layar pengamatan diletakkan pada jarak 3 m di belakang susunan celah.
- Berapakah jarak antara dua minimum berturut-turut pada layar?
 - Hitunglah rasio intensitas terang sekunder terhadap intensitas terang utama pada layar.
 - Orde konstruktif utama ke berapa yang hilang jika lebar setiap celah $0,08 \text{ mm}$? Jelaskan

Solusi:

- Berapakah jarak antara dua minimum berturut-turut pada layar?

Untuk susunan 3 celah, terdapat 2 minimum di antara dua maksimum utama interferensi sehingga jarak antara dua minimum sama dengan jarak antara dua maksimum utama dibagi 3:

$$\Delta y_{\min} = \frac{\Delta y_{\max \text{ utama}}}{3}$$

$$\Delta y_{\min} = \frac{\left(\frac{\lambda L}{d}\right)}{3} = \frac{\left(\frac{600 \times 10^{-9} \times 3}{24 \times 10^{-5}}\right)}{3} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2,5 \text{ mm}$$

- Hitunglah rasio intensitas terang sekunder terhadap intensitas terang utama pada layar.

Beda fasa untuk terjadinya minimum interferensi adalah $\frac{2}{3}\pi$ dan $\frac{4}{3}\pi$

Jadi maksimum sekunder terjadi di antara dua minimum, yakni pada beda fasa π

Dari Analisa fasor, resultan dari 3 fasor yang panjangnya masing-masing A , dengan beda fasa dua fasor berturut-turut π adalah sama dengan A , ini sama dengan amplitudo gelombang resultan.

Untuk maksimum utama (beda fasa $0, 2\pi$, dst), amplitudo resultannya adalah $3A$. Intensitas sebanding dengan amplitudo kuadrat.

Jadi rasio intensitas terang sekunder terhadap intensitas terang utama pada layar:

$$\frac{I}{I_{\max, \text{utama}}} = \frac{A^2}{(3A)^2} = \frac{1}{9} = 0,11$$

- Pada orde konstruktif utama berapa yang hilang jika masing-masing celah lebarnya $0,08 \text{ mm}$?

Interferensi maksimum utama overlap dengan minimum difraksi pertama:

$$\frac{d \sin \theta}{a \sin \theta} = \frac{m \lambda}{\lambda}$$

Orde maksimum utama interferensi yang hilang:

$$m = \frac{d}{a} = \frac{0,24 \text{ mm}}{0,08 \text{ mm}} = 3$$

Secara umum yang akan hilang juga jika terjadi overlap pada orde yang lain. Jadi orde yang hilang: $m=3,6,\dots$

6. Seberkas cahaya dengan panjang gelombang 300 nm menyinari suatu permukaan logam mangan. Diketahui bahwa penyinaran ini membuat elektron tepat terlepas (dengan energi kinetik nol) dari permukaan mangan.
- Tentukan fungsi kerja mangan. (dalam Joule)
 - Jika panjang gelombang cahaya yang menyinari permukaan diturunkan panjang gelombangnya menjadi 240 nm, berapa energi kinetik maksimum elektron yang terlepas dan nilai potensial penghenti yang diperlukan untuk menahan elektron?

Solusi:

- a) Energi foton cahaya tersebut:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{(300 \times 10^{-9} \text{ m})} = 6.63 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

- b) Oleh karena penyinaran dengan 300 nm menyebabkan elektron tepat lepas dari permukaan, maka energi pada poin a merupakan fungsi kerja mangan. Energi kinetik maksimumnya adalah:

$$\frac{hc}{\lambda} = \Phi + K_{maks}$$

Sehingga

$$K_{maks} = \frac{hc}{\lambda} - \Phi$$

$$K_{maks} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{(240 \times 10^{-9} \text{ m})} - 6.63 \times 10^{-19}$$

$$K_{maks} = 1,6575 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Potensial penghenti untuk menahan elektron:

$$K_{maks} = eV_{stop}$$

$$V_{stop} = \frac{K_{maks}}{e} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} \times 1,6575 \times 10^{-19}$$

$$V_{stop} = \frac{K_{maks}}{e} = 1,04 \text{ V}$$