

1. Diketahui bahwa satuan SI untuk permitivitas  $\epsilon_0$  dan permeabilitas  $\mu_0$  ruang vakum adalah  $\frac{s^4 A^2}{kg \cdot m^3}$  dan  $\frac{kg \cdot m}{s^2 A^2}$ . Nyatakan kecepatan cahaya dalam  $\epsilon_0$  dan  $\mu_0$ !

- a.  $\frac{\epsilon_0}{\mu_0}$   
b.  $\sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}}$   
c.  $\frac{\epsilon_0 \mu_0}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$   
d.  $\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$   
e.  $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$

Jawaban: E ( $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ )

Satuan kecepatan cahaya adalah  $m/s$

$$c = (\epsilon_0)^\alpha (\mu_0)^\beta$$

$$\frac{m}{s} = \left(\frac{s^4 A^2}{kg \cdot m^3}\right)^\alpha \left(\frac{kg \cdot m}{s^2 A^2}\right)^\beta$$

Cocokkan pangkat satuan di ruas kiri dan kanan

$$kg \rightarrow 0 = -\alpha + \beta \rightarrow \beta = \alpha$$

$$m \rightarrow 1 = -3\alpha + \beta$$

$$\alpha = \beta = -\frac{1}{2}$$

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

2. Tiga silinder memiliki jari-jari masing-masing  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  disusun seperti pada gambar. Silinder  $R_1$  berputar dengan kecepatan sudut  $\omega_1$  dan bergerak dengan kecepatan  $v_1$ , sedangkan silinder  $R_3$  berputar dengan kecepatan sudut  $\omega_3$  dan bergerak dengan kecepatan  $v_3$ . Jika permukaan antar silinder sangat kasar, tentukan kecepatan linear silinder kedua  $v_2$ !

- a.  $v_2 = \frac{1}{2}(v_1 + v_3 + \omega_1 R_1 - \omega_3 R_3)$   
b.  $v_2 = \frac{1}{2}(v_1 - v_3 + \omega_1 R_1 - \omega_3 R_3)$   
c.  $v_2 = \frac{1}{2}(v_1 - v_3 - \omega_1 R_1 + \omega_3 R_3)$   
d.  $v_2 = \frac{1}{2}(v_1 + v_3 - \omega_1 R_1 + \omega_3 R_3)$   
e.  $v_2 = \frac{1}{2}(v_1 + v_3 - \omega_1 R_1 - \omega_3 R_3)$

Jawaban: E ( $v_2 = \frac{1}{2}(v_1 + v_3 - \omega_1 R_1 - \omega_3 R_3)$ )

Karena permukaan sangat kasar, maka ketiga silinder akan bergerak tanpa slip dan kecepatan pada titik kontak antar silinder harus sama.

Anggap silinder 2 memiliki kecepatan linear  $v_2$  ke atas dan kecepatan sudut  $\omega_2$  searah jarum jam

Tinjau kecepatan pada titik kontak 1 dan 2

$$v_1 - \omega_1 R_1 = v_2 + \omega_2 R_2$$

Tinjau kecepatan pada titik kontak 2 dan 3

$$v_3 - \omega_3 R_3 = v_2 - \omega_2 R_2$$

Dari kedua persamaan, akan didapat

$$v_2 = \frac{1}{2}(v_1 + v_3 - \omega_1 R_1 - \omega_3 R_3)$$

3. Suatu partikel bergerak di bidang  $xy$  dengan kecepatan  $\vec{v} = v_0 \sin(\omega t) \hat{x} + v_0 \cos(\omega t) \hat{y}$ . Tentukan jarak terjauh partikel dari posisi awalnya!

- $\frac{v_0}{\omega}$
- $\frac{v_0}{\omega} \sqrt{2}$
- $\frac{2v_0}{\omega}$
- $\frac{2v_0}{\omega} \sqrt{2}$
- $\frac{3v_0}{2\omega}$

Jawaban: C ( $\frac{2v_0}{\omega}$ )

Posisi partikel sebagai fungsi waktu

$$x = \int_0^t v_0 \sin \omega t \, dt = \frac{v_0}{\omega} (1 - \cos \omega t)$$

$$\cos \omega t = 1 - \frac{x\omega}{v_0}$$

$$y = \int_0^t v_0 \cos \omega t \, dt = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t$$

$$\sin \omega t = \frac{y\omega}{v_0}$$

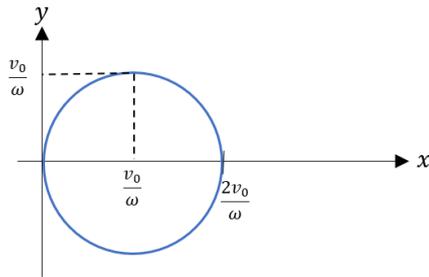
Identitas trigonometri

$$\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t = 1$$

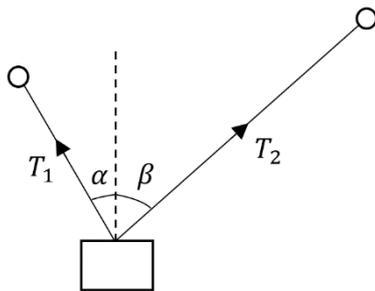
$$\left( \frac{x - \frac{v_0}{\omega}}{\frac{v_0}{\omega}} \right)^2 + \left( \frac{y}{\frac{v_0}{\omega}} \right)^2 = 1$$

Bentuk lintasan partikel adalah lingkaran dengan pusat di  $x_c = \frac{v_0}{\omega}$  dan  $y_c = 0$

Jarak maksimum partikel adalah  $x = \frac{2v_0}{\omega}$



4. Sebuah balok digantung dengan dua buah tali seperti pada gambar berikut.



Tali 1 membentuk sudut  $\alpha$  terhadap vertikal dan tali 2 membentuk sudut  $\beta$  terhadap vertikal. Jika diketahui  $\alpha < \beta$ , tentukan hubungan yang tepat antara tegangan tali 1 dan 2!

- $T_1 > T_2$
- $T_1 < T_2$
- $T_1 = T_2$
- $T_1 \geq T_2$
- $T_1 \leq T_2$

Jawaban: A.  $T_1 > T_2$

Persamaan gaya pada balok arah horizontal adalah  $T_1 \sin \alpha = T_2 \sin \beta$ . Diketahui  $\alpha < \beta$ , maka  $\sin \alpha < \sin \beta$  dan  $T_1 > T_2$ .

5. Sebuah partikel A bermassa  $m$  dengan kecepatan  $v_0$  menumbuk partikel B yang bermassa  $3m$  dalam keadaan diam. Tentukan rentang kecepatan akhir partikel A ( $v_A'$ ) yang mungkin untuk koefisien restitusi tumbukan  $0 \leq e \leq 1/2$ !

- $-\frac{1}{8}v_0 \leq v_A' \leq -\frac{1}{2}v_0$
- $-\frac{1}{8}v_0 \leq v_A' \leq \frac{1}{4}v_0$
- $-\frac{1}{4}v_0 \leq v_A' \leq \frac{1}{4}v_0$
- $0 \leq v_A' \leq \frac{1}{4}v_0$
- $\frac{5}{8}v_0 \leq v_A' \leq \frac{3}{4}v_0$

Jawaban: B.  $-\frac{1}{8}v_0 \leq v_A' \leq \frac{1}{4}v_0$

Misalkan kecepatan akhir partikel A dan B secara berturut-turut adalah  $v_A'$  dan  $v_B'$ . Persamaan hukum kekekalan momentum adalah sebagai berikut.

$$mv_0 = mv_A' + 3mv_B'$$

Persamaan koefisien restitusi tumbukan adalah sebagai berikut.

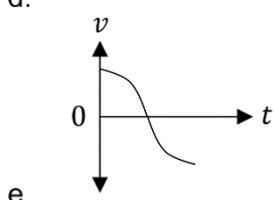
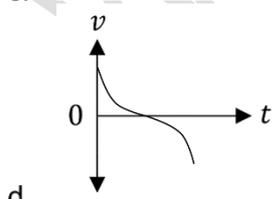
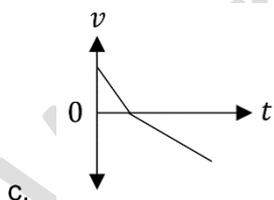
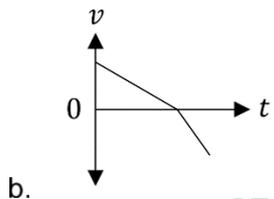
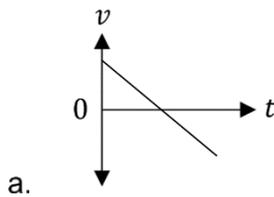
$$e = -\frac{v_B' - v_A'}{-v_0}$$

Dari kedua persamaan di atas,  $v_B'$  dapat dieleminasi, sehingga didapatkan ekspresi untuk  $v_A'$ .

$$v_A' = \frac{(1 - 3e)}{4}v_0$$

Karena ekspresi untuk  $v_A'$  linear terhadap  $e$ , maka batas  $v_A'$  maksimum dan minimum yang mungkin bisa didapatkan dengan memasukkan nilai  $e = 0$  dan  $e = \frac{1}{2}$ . Untuk  $e = 0$ , didapatkan  $v_A' = \frac{1}{4}v_0$  dan untuk  $e = \frac{1}{2}$ , didapatkan  $v_A' = -\frac{1}{8}v_0$ . Jadi, rentang  $v_A'$  yang mungkin adalah  $-\frac{1}{8}v_0 \leq v_A' \leq \frac{1}{4}v_0$ .

6. Sebuah balok bergerak naik pada bidang miring kasar (anggap koefisien gesek sama untuk semua permukaan), sampai akhirnya berhenti sesaat, kemudian dilanjutkan dengan bergerak turun. Tentukan grafik yang tepat mengilustrasikan kecepatan balok terhadap waktu! (Anggap kecepatan positif saat bergerak naik)

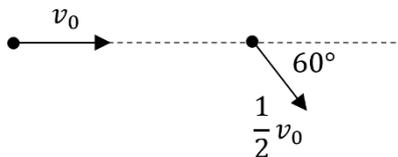


Jawaban: C

Anggap nilai  $a$  positif arah naik. Ketika balok bergerak naik, persamaan gaya pada balok adalah  $-mg \sin \theta - f_{ges} = ma_{naik}$ . Sedangkan ketika balok bergerak turun, persamaan gaya pada balok adalah  $-mg \sin \theta + f_{ges} = ma_{turun}$ . Sehingga jelas bahwa  $a_{naik} < a_{turun}$  serta nilai  $a_{naik}$  dan  $a_{turun}$  konstan. Jadi, grafik yang tepat adalah grafik C.

7. Sebuah partikel bermassa 2 kg bergerak dengan kecepatan awal 5 m/s. Partikel ini kemudian ditumbuk oleh partikel lainnya, sehingga besar kecepatannya menjadi setengah kecepatan awal dan arah gerak partikel terbelokkan sebesar  $60^\circ$ . Jika tumbukan berlangsung sekitar 0,5 s, tentukan besar gaya rata-rata yang bekerja pada partikel selama tumbukan!
- 5 N
  - $5\sqrt{3}$  N
  - $10\sqrt{3}$  N
  - 15 N
  - $15\sqrt{3}$  N

Jawaban: C.  $10\sqrt{3}$  N



Perubahan momentum arah horizontal adalah  $\Delta P_x = \frac{1}{2}mv_0 \cos 60^\circ - mv_0 = -\frac{3}{4}mv_0$ .

Perubahan momentum arah vertikal adalah  $\Delta P_y = -\frac{1}{2}mv_0 \sin 60^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{4}mv_0$ .

Gaya rata-rata yang bekerja pada partikel selama tumbukan didapatkan dari impuls per satuan waktu.

$$F = \frac{I}{t} = \frac{\sqrt{\Delta P_x^2 + \Delta P_y^2}}{t} = \frac{\sqrt{3}mv_0}{2t} = 10\sqrt{3} \text{ N.}$$

8. Suatu bola pejal dengan total massa  $M$  dan jari-jari  $R$  memiliki rapat massa yang tidak seragam. Diketahui bahwa rapat massa di titik tertentu berbanding lurus dengan jarak titik tersebut ke pusat bola ( $\rho \propto r$ ). Jika bola diberikan kecepatan linear  $v$  dan kecepatan sudut  $\omega$ , dimana  $v = \omega R$ , tentukan energi kinetik bola!
- $\frac{6}{18} Mv^2$
  - $\frac{9}{18} Mv^2$
  - $\frac{10}{18} Mv^2$
  - $\frac{13}{18} Mv^2$
  - $\frac{15}{18} Mv^2$

Jawaban: D ( $\frac{13}{18} Mv^2$ )

$$\rho = Cr$$

$$M = \int_0^R Cr \, dVol = \int_0^R C \cdot 4\pi \cdot r^3 \, dr = C\pi R^4$$

$$C = \frac{M}{\pi R^4}$$

Bola pejal terdiri dari lapisan-lapisan elemen kulit bola

$$dI = \frac{2}{3} dm r^2$$

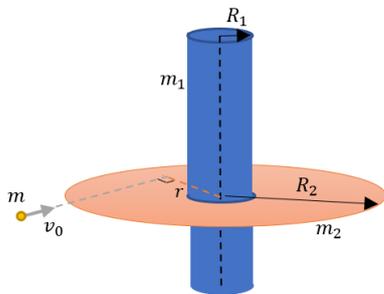
$$I = \int \frac{2}{3} \cdot Cr \cdot 4\pi r^2 dr \cdot r^2 = \int_0^R \frac{8\pi}{3} Cr^5 dr = \frac{4\pi}{9} CR^6$$

$$I = \frac{4\pi}{9} \frac{M}{\pi R^4} R^6 = \frac{4}{9} MR^2$$

Energi kinetik total bola

$$E_k = \frac{1}{2} Mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{13}{18} Mv^2$$

9. Suatu piringan pejal mula-mula bermassa  $m_2$  dan jari-jari  $R_2$ . Piringan ini dilubangi dan sebuah batang berupa silinder pejal bermassa  $m_1$  dan jari-jari  $R_1$  dimasukkan (dan dilem) ke lubang piringan tersebut. Batang ini memenuhi seluruh lubang pada piringan dan bebas berputar pada sumbu batang. Kemudian, permen karet bermassa  $m$  dilemparkan ke piringan dengan kecepatan awal  $v_0$  dalam arah tangensial pada jarak  $r$  dari sumbu batang (lihat gambar). Jika permen karet menempel pada piringan, tentukan kecepatan sudut akhir sistem!



- a.  $\frac{mv_0 r}{m_2 R_1^2 + m_2 R_2^2}$
- b.  $\frac{mv_0 r}{\frac{1}{2} m_1 R_1^2 + \frac{1}{2} m_2 R_2^2 + mr^2}$
- c.  $\frac{mv_0 r}{\frac{1}{2} m_1 R_1^2 + \frac{1}{2} m_2 (R_2^2 - R_1^2) + mr^2}$
- d.  $\frac{mv_0 r}{\frac{1}{2} m_1 R_1^2 + \frac{1}{2} m_2 (R_2 - R_1)^2 + mr^2}$
- e.  $\frac{mv_0 r}{\frac{1}{2} m_1 R_1^2 + \frac{1}{2} m_2 (R_2 - R_1)^2 + m(r - R_1)^2}$

Jawaban: C  $\left( \frac{mv_0 r}{\frac{1}{2} m_1 R_1^2 + \frac{1}{2} m_2 (R_2^2 - R_1^2) + mr^2} \right)$

Momen inersia sistem batang-piringan adalah

$$I = \frac{1}{2}m_1R_1^2 + \frac{1}{2}m_2(R_2^2 - R_1^2)$$

Permen karet menempel pada piringan, maka kecepatan akhir permen karet adalah

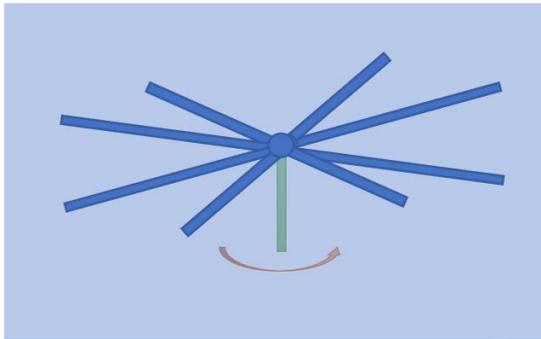
$$v = \omega r$$

Momentum sudut terhadap sumbu batang kekal

$$mv_0r = I\omega + m(\omega r)r$$

$$\omega = \frac{mv_0r}{\frac{1}{2}m_1R_1^2 + \frac{1}{2}m_2(R_2^2 - R_1^2) + mr^2}$$

10. Baling-baling suatu helikopter terdiri dari  $N$  segmen batang dengan panjang  $L$ . Helikopter ini berada dalam suatu cairan sehingga setiap benda yang bergerak dengan kecepatan  $v$  akan mengalami gaya gesek per satuan panjang sebesar  $bv$ , dimana  $b$  adalah suatu koefisien. Jika helikopter ingin mempertahankan kecepatan sudut  $\omega$  dalam cairan ini, tentukan daya mesin yang diperlukan!



- a.  $\frac{1}{6}b\omega^2L^3$
- b.  $\frac{1}{4}b\omega^2L^3$
- c.  $\frac{1}{3}b\omega^2L^3$
- d.  $\frac{1}{2}b\omega^2L^3$
- e.  $b\omega^2L^3$

Jawaban: E ( $\frac{1}{3}b\omega^2L^3$ )

Gaya pada suatu elemen panjang  $dr$  yang berjarak  $r$  dari pusat baling-baling adalah

$$dF = bv dr = b\omega r dr$$

Torsi yang bekerja pada baling-baling

$$d\tau = dF \cdot r$$

$$\tau = \int_0^L b\omega r^2 dr = \frac{1}{3}b\omega L^3$$

Daya yang dibutuhkan mesin

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{\tau d\theta}{dt} = \tau\omega = \frac{1}{3}b\omega^2L^3$$

11. Suatu gasing dengan momen inersia  $I$  dililit dengan tali tak bermassa yang panjangnya  $L$  pada jarak  $R$  dari sumbu rotasi gasing. Tentukan kecepatan sudut maksimum gasing jika tali ditarik dengan gaya konstan  $F_0$  pada tali! Anggap tali tidak mengalami slip.

- a.  $\sqrt{\frac{F_0 R}{I}}$
- b.  $\sqrt{\frac{2F_0 R}{I}}$
- c.  $\sqrt{\frac{2F_0 L}{I}}$
- d.  $\sqrt{\frac{2F_0 L^2}{IR}}$
- e.  $\sqrt{\frac{2F_0 R^2}{IL}}$

Jawaban: C ( $\sqrt{\frac{2F_0 L}{I}}$ )

Persamaan torsi pada gasing

$$F_0 R = I \frac{d\omega}{dt} = I \frac{d\omega}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = I\omega \frac{d\omega}{d\theta}$$

$$\int_0^\theta \frac{F_0 R}{I} d\theta = \int_0^\omega I\omega d\omega$$

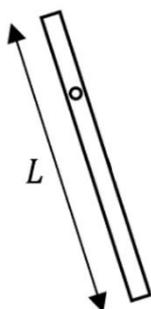
$$\frac{F_0 R}{I} \theta = \frac{1}{2} \omega^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2F_0 R}{I} \theta}$$

$\omega$  akan maksimum saat  $\theta$  maksimum, yaitu  $\theta = \frac{L}{R}$

$$\omega = \sqrt{\frac{2F_0 L}{I}}$$

12. Perhatikan gambar berikut ini!



Sebuah pendulum berupa batang homogen bermassa  $m$  dan panjang  $L$  dengan poros pada jarak  $L/6$  di atas pusat massa batang. Pendulum diayunkan pada bidang vertikal dengan simpangan kecil. Tentukan kecepatan sudut osilasi sistem!

- a.  $\sqrt{\frac{3g}{2L}}$
- b.  $\sqrt{\frac{3g}{4L}}$
- c.  $\sqrt{\frac{3g}{8L}}$
- d.  $\sqrt{\frac{9g}{4L}}$
- e.  $\sqrt{\frac{9g}{8L}}$

Jawaban: A.  $\sqrt{\frac{3g}{2L}}$

Momen inersia batang jika diputar terhadap poros adalah  $I = \frac{1}{12}mL^2 + m\left(\frac{L}{6}\right)^2 = \frac{1}{9}mL^2$ .

Misalkan pendulum tersebut disimpangkan dengan sudut  $\theta$  kecil, maka persamaan energi pada pendulum adalah sebagai berikut.

$$E = mg\left(\frac{L}{6}\right)(1 - \cos\theta) + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{9}mL^2\right)\dot{\theta}^2$$

Untuk mendapatkan persamaan gerak pendulum, turunkan  $E$  terhadap waktu.

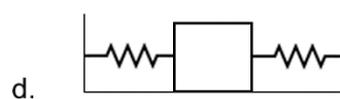
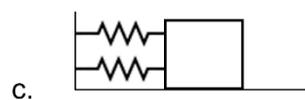
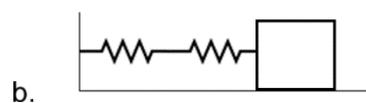
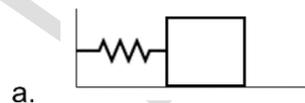
$$\frac{dE}{dt} = 0 = \frac{1}{6}mgL\dot{\theta} \sin\theta + \frac{1}{9}mL^2\dot{\theta}\ddot{\theta}$$

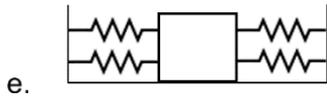
Dengan menggunakan aproksimasi  $\sin\theta \sim \theta$ , didapatkan persamaan berikut.

$$\ddot{\theta} = -\frac{3g}{2L}\theta$$

Jadi, kecepatan sudut osilasi sistem adalah  $\omega = \sqrt{\frac{3g}{2L}}$ .

13. Lima balok identik dirangkai dengan beberapa pegas identik. Kemudian setiap balok diberikan simpangan kecil. Tentukan rangkaian yang memiliki frekuensi osilasi terbesar!





Jawaban: E

Dua pegas berkonstanta  $k$  jika dirangkai seri konstanta pegasnya menjadi  $\frac{k}{2}$ , sedangkan jika dirangkai paralel konstanta pegasnya menjadi  $2k$ .

Pada pilihan A, konstanta pegas total =  $k$ .

Pada pilihan B, konstanta pegas total =  $\frac{1}{2}k$ .

Pada pilihan C, konstanta pegas total =  $2k$ .

Pada pilihan D, konstanta pegas total =  $2k$ .

Pada pilihan E, konstanta pegas total =  $4k$ .

Frekuensi osilasi terbesar saat konstanta pegas terbesar, jadi jawabannya E.

14. Dua buah satelit  $A$  dan  $B$  mengorbit bumi dalam lintasan lingkaran pada ketinggian masing-masing  $h_A$  dan  $h_B$  ( $h_A < h_B$ ). Hubungan yang tepat antara kecepatan orbit  $v_A$  dan  $v_B$  serta periode orbit  $T_A$  dan  $T_B$  adalah ....

A.  $v_A < v_B$  dan  $T_A < T_B$

B.  $v_A < v_B$  dan  $T_A > T_B$

C.  $v_A > v_B$  dan  $T_A < T_B$

D.  $v_A > v_B$  dan  $T_A > T_B$

E.  $v_A = v_B$  dan  $T_A = T_B$

Jawaban: C.  $v_A > v_B$  dan  $T_A < T_B$

Kecepatan dan periode orbit satelit dalam lintasan lingkaran secara berturut-turut dapat dinyatakan sebagai  $v = \sqrt{\frac{GM}{h}}$  dan  $T = 2\pi\sqrt{\frac{h^3}{GM}}$ . Jadi, karena  $v \propto h^{-\frac{1}{2}}$  dan  $T \propto h^{\frac{3}{2}}$ ,  $v_A > v_B$  dan  $T_A < T_B$ .

15. Dua buah planet berbentuk bola memiliki massa jenis yang sama. Volume total planet pertama adalah delapan kali volume total planet kedua. Tentukan perbandingan kecepatan lepas di permukaan planet pertama dan kedua!

A. 1:2

B. 1:4

C. 1:8

D. 2:1

E. 4:1

Jawaban: D. 2:1

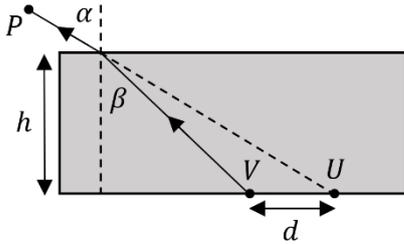
Kecepatan lepas di permukaan suatu planet adalah  $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$  dengan  $M$  adalah massa planet dan

$R$  adalah jari-jari planet. Massa planet  $M$  dapat dinyatakan sebagai  $M = \frac{4}{3}\pi\rho R^3$ , sehingga  $v =$

$\sqrt{\frac{8\pi G\rho R^2}{3}}$ . Karena  $v \propto R$ , maka  $v \propto \sqrt[3]{V}$ , dengan  $V$  adalah volume total planet. Jadi perbandingan

kecepatan lepas di permukaan planet pertama dan kedua adalah  $v_1: v_2 = \sqrt[3]{8}: \sqrt[3]{1} = 2:1$ .

16. Seorang pengamat berada di tepi kolam dengan kedalaman  $h$  seperti pada gambar berikut.



Saat kolam dalam keadaan kosong, pengamat melihat titik  $U$  pada dasar kolam. Jika kolam diisi penuh dengan cairan  $X$ , pengamat melihat titik  $V$  pada dasar kolam. Jarak antara titik  $U$  dan  $V$  adalah  $d = (\sqrt{2} - 1)h$ . Jika diketahui  $\tan \alpha = \sqrt{2}$ , tentukan indeks bias cairan  $X$ !

- A. 1
- B.  $\frac{1}{3}\sqrt{6}$
- C.  $\frac{2}{3}\sqrt{2}$
- D.  $\frac{2}{3}\sqrt{3}$
- E.  $\frac{2}{3}\sqrt{6}$

Jawaban: D.  $\frac{2}{3}\sqrt{3}$

$d$  dapat dinyatakan dalam  $h$  dengan persamaan berikut ini.

$$d = h \tan \alpha - h \tan \beta$$

$$\frac{d}{h} = \tan \alpha - \tan \beta$$

$$\sqrt{2} - 1 = \sqrt{2} - \tan \beta$$

$$\tan \beta = 1$$

Persamaan Hukum Snellius adalah sebagai berikut.

$$\sin \alpha = n \sin \beta$$

$$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = n \frac{1}{2}\sqrt{2}$$

$$n = \frac{2}{3}\sqrt{3}$$

17. Cahaya dengan panjang gelombang 600 nm melewati dua celah sempit dengan jarak 0,2 mm. Sebuah layar diletakkan dengan jarak 3 m dari kedua celah. Tentukan jarak garis gelap ketiga dari terang pusat!

- a. 9,0 mm
- b. 18,0 mm
- c. 22,5 mm
- d. 27,0 mm
- e. 31,5 mm

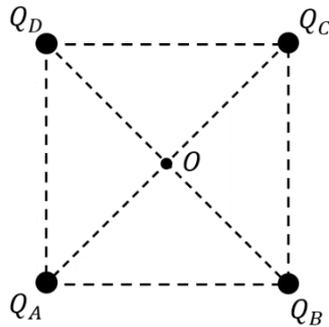
Jawaban: C. 22,5 mm

Untuk percobaan celah ganda, jarak garis gelap ke- $m$  dari terang pusat dirumuskan sebagai berikut.

$$y_{gelap,m} = \frac{\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda L}{d}$$

Dengan memasukkan nilai  $m = 3$  dan nilai  $\lambda$ ,  $L$ , dan  $d$ , didapatkan  $y_{gelap,3} = 22,5$  mm.

18. Empat buah muatan  $Q_A = 2q$ ,  $Q_B = 3q$ ,  $Q_C = 4q$ , dan  $Q_D = 5q$  disusun membentuk persegi seperti pada gambar berikut.



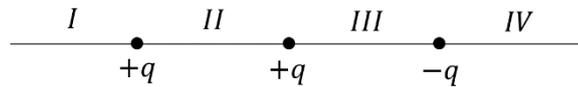
Anda telah mengukur medan listrik di titik  $O$  dan hasilnya adalah  $E$ . Profesor Adi menantang Anda hanya menggunakan 3 muatan untuk tetap menghasilkan medan listrik di titik  $O$  sebesar  $E$ . Profesor Adi kemudian mengambil muatan  $Q_C$ , namun Anda diberikan kebebasan untuk menukar muatan  $Q_A$  dengan muatan lainnya. Apabila tantangan tersebut bisa diselesaikan, tentukan besar dan tanda muatan yang harus Anda tukarkan dengan  $Q_A$  supaya medan listrik di titik  $O$  tetap  $E$ !

- $-2q$
- $0$
- $4q$
- $6q$
- Tantangan tersebut tidak bisa diselesaikan

Jawaban: A.  $-2q$

Jika muatan  $Q_C = 4q$  diambil, Anda dapat menambahkan muatan  $-4q$  di posisi  $Q_A$ . Atau dengan kata lain, Anda dapat menukarkan  $Q_A$  dengan muatan  $Q_A - 4q = -2q$ .

19. Tiga partikel bermuatan listrik dibariskan seperti pada gambar berikut ini.



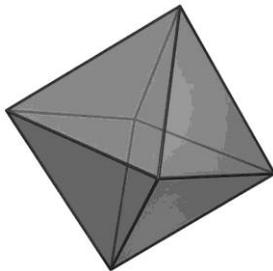
Tentukan pada daerah mana yang terdapat titik dengan potensial listrik sama dengan nol!

- A. *I, III, dan IV*
- B. *III dan IV*
- C. *II saja*
- D. *III saja*
- E. *IV saja*

Jawaban: B. *III dan IV*

Terdapat dua muatan positif dan satu muatan negatif, sehingga supaya potensial listrik sama dengan nol, posisi titik harus lebih dekat ke muatan negatif. Jadi, daerah yang terdapat titik dengan potensial listrik sama dengan nol adalah daerah *III dan IV*.

20. Secara geometris, octahedron adalah bangun ruang yang memiliki 8 sisi, 12 rusuk, dan 6 titik sudut. Regular octahedron adalah octahedron yang sisi-sisinya berupa segitiga sama sisi.



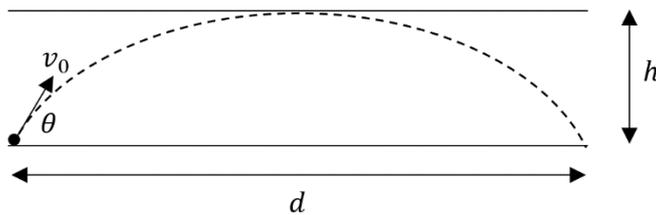
Jika sebuah muatan  $Q$  diletakkan pada pusat regular octahedron, besar fluks medan listrik yang menembus salah satu sisinya adalah  $\frac{Q}{a\epsilon_0}$  dengan  $a$  adalah bilangan bulat. Tentukan nilai  $a$ !

- a. 1
- b. 6
- c. 8
- d. 12
- e. 24

Jawaban: C. 8

Fluks medan listrik yang dihasilkan oleh muatan  $Q$  sebesar  $Q/\epsilon_0$ . Fluks ini terbagi secara merata ke 8 sisi regular octahedron karena sifat simetrisnya, sehingga fluks medan listrik yang menembus salah satu sisinya sebesar  $Q/8\epsilon_0$ .

21. Terdapat dua buah plat yang terpisah sejauh  $h$  dengan beda potensial listrik antar kedua plat sebesar  $V$ . Sebuah partikel bermassa  $m$  dan bermuatan  $q$  ditembakkan dari plat negatif dengan kecepatan  $v_0$  dan sudut elevasi  $\theta$  sehingga menempuh lintasan parabolik seperti pada gambar berikut. Abaikan efek gravitasi.



Jika diketahui  $d = 4\sqrt{3} h$ , besar  $v_0$  dapat dinyatakan dalam  $\sqrt{\frac{aqV}{m}}$ . Tentukan nilai  $\alpha$ !

- 2
- 3
- 4
- 8
- 12

Jawaban: D. 8

$$d = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{a}$$

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2a}$$

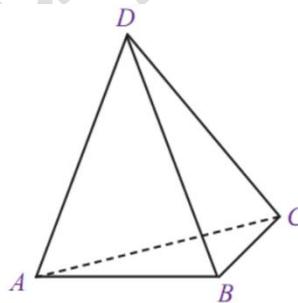
Maka didapatkan  $\frac{d}{h} = \frac{4}{\tan \theta}$ . Dengan memasukkan nilai  $d = 4\sqrt{3} h$ , didapatkan  $\tan \theta = 1/\sqrt{3}$ .

Persamaan hukum kekekalan energi adalah sebagai berikut.

$$\frac{1}{2} m v_0^2 \sin^2 \theta = qV$$

Dengan memasukkan nilai  $\sin \theta = \frac{1}{2}$ , didapatkan  $v_0 = \sqrt{\frac{8qV}{m}}$ .

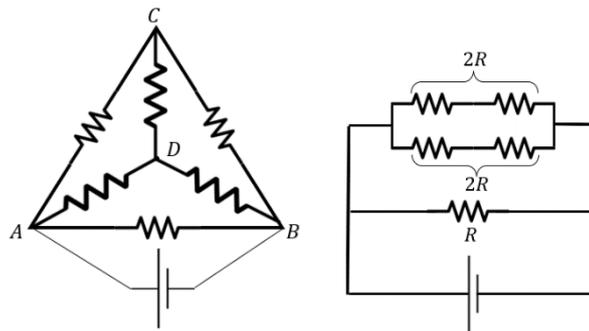
22. Suatu limas segitiga memiliki hambatan  $R$  pada setiap rusuknya. Jika titik A dan B dihubungkan dengan baterai bertegangan  $V$ , tentukan arus yang mengalir pada baterai!



- $V/4R$
- $V/3R$
- $V/2R$
- $V/R$
- $2V/R$

Jawaban:

Perhatikan bahwa resistor yang melalui  $ACB$  dan  $ADB$  simetris, maka potensial pada C dan D akan sama, sehingga resistor  $CD$  tidak akan dilalui oleh arus.



$2R$  diparalel dengan  $2R$

$$R_{\text{paralel}} = \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = R$$

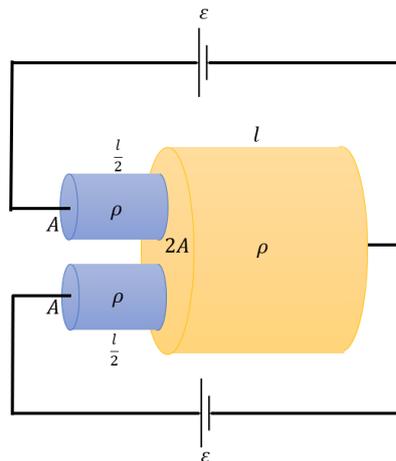
Kemudian  $R_{\text{paralel}}$  diparalel dengan  $R$

$$R' = \frac{R \cdot R}{R + R} = \frac{R}{2}$$

Arus yang melalui baterai

$$I = \frac{V}{\frac{1}{2}R} = \frac{2V}{R}$$

23. Dua batang dibuat dari bahan tertentu yang memiliki panjang  $l/2$  dan luas  $A$  dihubungkan ke batang lainnya yang memiliki panjang  $l$  dan luas  $2A$ . Kemudian, dipasang dua buah baterai hingga membentuk rangkaian seperti pada gambar berikut. Jika hambatan jenis semua batang sama yaitu  $\rho$ , tentukan arus yang mengalir dari salah satu baterai!



- $\frac{\epsilon A}{\rho l}$
- $\frac{1\epsilon A}{2\rho l}$
- $\frac{\epsilon A}{3\rho l}$
- $\frac{2\epsilon A}{3\rho l}$

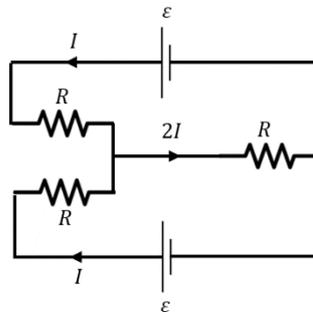
e.  $\frac{4\varepsilon A}{3\rho l}$

Jawaban: D ( $\frac{2\varepsilon A}{3\rho l}$ )

Hambatan untuk ketiga batang adalah

$$R = \frac{\rho l}{2A}$$

Rangkaian dapat dimodelkan menjadi

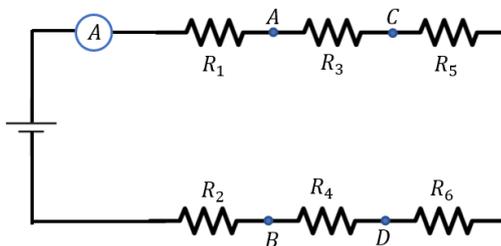


Dengan menggunakan Hukum Kirchoff II

$$-\varepsilon + IR + 2IR = 0$$

$$I = \frac{\varepsilon}{3R} = \frac{2\varepsilon A}{3\rho l}$$

24. Enam resistor dengan hambatan  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$  mula-mula dihubungkan ke amperemeter dan baterai seperti pada gambar berikut. Kemudian, suatu batang logam tanpa hambatan diletakkan sepanjang garis  $AB$ . Pada keadaan ini, amperemeter mendeteksi adanya perubahan arus sebesar  $\Delta I$ . Jika batang dipindahkan ke  $CD$ , tentukan arus yang dideteksi oleh amperemeter! Besar  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R$



- a.  $\frac{1}{4} \Delta I$   
 b.  $\frac{1}{3} \Delta I$   
 c.  $\frac{1}{2} \Delta I$   
 d.  $\frac{2}{3} \Delta I$   
 e.  $\frac{3}{4} \Delta I$

Jawaban: E ( $\frac{3}{4}\Delta I$ )

Misal tegangan baterai adalah  $V$

Pada keadaan awal, arus yang mengalir adalah

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6}$$

Setelah batang menghubungkan titik A dan B, tidak ada arus yang mengalir ke  $R_3, R_4, R_5, R_6$ , maka arus yang mengalir adalah

$$I' = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

Perubahan arus yang dideteksi amperemeter

$$\Delta I = \frac{V(R_3 + R_4 + R_5 + R_6)}{(R_1 + R_2)(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6)}$$

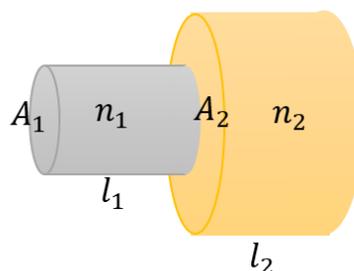
Sekarang batang dipindahkan ke CD sehingga tidak ada arus yang mengalir ke  $R_5, R_6$ , maka arus yang mengalir adalah

$$I'' = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

$I''$  dinyatakan dalam  $\Delta I$

$$I'' = \frac{(R_1 + R_2)(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6)}{(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)(R_3 + R_4 + R_5 + R_6)} \Delta I = \frac{3}{4}\Delta I$$

25. Kawat besi yang memiliki luas penampang  $A_1$  dan panjang  $l_1$  dihubungkan dengan kawat tembaga yang memiliki luas penampang  $A_2$  dan panjang  $l_2$ . Jumlah elektron per satuan volume adalah  $n_1$  pada besi dan  $n_2$  pada tembaga. Jika elektron pada besi memiliki kecepatan rata-rata searah sumbu kawat  $v_1$ , berapakah kecepatan rata-rata elektron searah sumbu kawat pada tembaga?



- $\frac{n_2 A_2 l_2}{n_1 A_1 l_1} v_1$
- $\frac{n_1 A_1 l_1}{n_2 A_2 l_2} v_1$

c.  $\frac{n_2 A_2}{n_1 A_1} v_1$

d.  $\frac{n_1 A_1}{n_2 A_2} v_1$

e.  $\frac{n_2}{n_1} v_1$

Jawaban: D ( $\frac{n_1 A_1}{n_2 A_2} v_1$ )

Untuk suatu kawat yang memiliki elektron (bermuatan -e) per satuan luas  $n$  dan luas penampang  $A$ , arus yang mengalir adalah

$$I = \frac{dQ}{dt} = e \frac{dN}{dt} = e \frac{n \cdot d(\text{Volume})}{dt} = enA \frac{dx}{dt} = enAv$$

Pada kedua kawat ini tidak ada arus yang bocor ke tempat lain, maka arus pada kawat besi harus sama dengan arus pada kawat tembaga

$$I_1 = I_2$$

$$en_1 A_1 v_1 = en_2 A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{n_1 A_1}{n_2 A_2} v_1$$