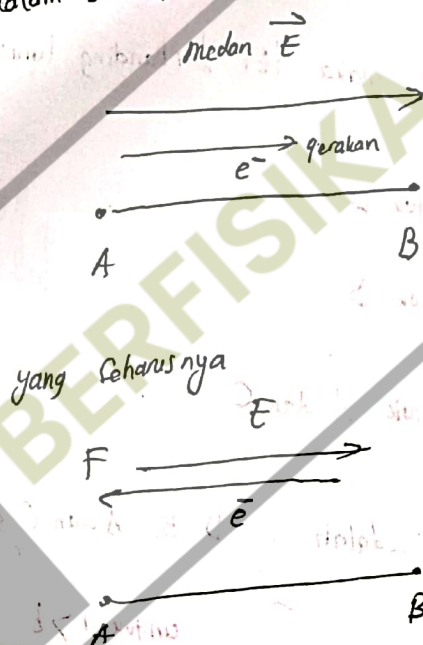


A. Pertanyaan① Energi potensial bertambah.

Penjelasan : Ketika sebuah garis medan membuat partikel bergerak searah medan, muatan bergerak menuju daerah potensial rendah. Kemudian hasilnya <sup>berupa</sup> muatan negatif dengan rendah volt dan tinggi joule. Muatan negatif merasakan sebuah gaya listrik berlawanan arah dengan medan. Sedangkan potensial adalah usaha yang dilakukan pada muatan untuk menggerakkan muatan tersebut dalam sebuah medan per satuan muatan.



Kesimpulan : Energi potensial yang bekerja harus bertambah untuk melawan arah  $\vec{F}$  ke kiri menjadi berlawanan (searah medan).

②

$$V_A = V_1 + V_2$$

$$= \frac{k(-2q)}{r} + \frac{k(+6q)}{r}$$

$$V_A = \frac{-2kq}{r} + \frac{6kq}{r} = \frac{+4kq}{r}$$

$$V_B = V_1 + V_2$$

$$= \frac{k(+4q)}{r} + \frac{k(-2q)}{r}$$

$$V_B = \frac{4kq}{r} - \frac{2kq}{r} = \frac{+2kq}{r}$$

②  $V_C = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

$$= k \frac{(+5q)}{r} + k \frac{(+7q)}{r} + k \frac{(-3q)}{r} + k \frac{(-5q)}{r}$$

$$V_C = +4 \frac{kq}{r}$$

Jadi, urutan nya adalah : A dan C (sama) kemudian B

③ Besar medan listrik antar plat adalah  $|E| = \left| -\frac{\Delta V}{\Delta s} \right|$ , karena  $\Delta s$  sama untuk semua segmen (4 segmen), maka  $|E|$  berbanding lurus dengan  $\Delta V$  tiap segmen.

- $\Delta V = 2$  satuan untuk D
- $\Delta V = 1$  satuan untuk B
- $\Delta V = 0$  satuan untuk A dan C

Jadi, urutan nya adalah : D, B, A dan C sama

untuk  $r > b$

- Medan di luar distribusi muatan yang simetris bola adalah radial,

$$\oint E dA = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$$

$$E 4\pi r^2 = \frac{Q}{r^2}$$

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

1). Hasil ini berlaku untuk medan yang berada diantara kedua bola ( $a < r < b$ )

2) Dari hukum Gauss kita ketahui bahwa bola kecil yang berpengaruh terhadap medan ini, (beda potensial diantara kedua bola). Oleh karena itu, beda potensial diantara kedua bola ini

④

Beda potensial diantara kedua bola ini adalah :

$$V_b - V_a = - \int_a^b E_r dr = -kQ \int_a^b \frac{dr}{r^2} = kQ \left[ \frac{1}{r} \right]_a^b$$

$$V_b - V_a = kQ \left[ \frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right]$$



Besarnya beda potensial ini adalah :

$$\Delta V = |V_b - V_a| = kQ \frac{(b-a)}{ab}$$

Kapasitansi,

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{kQ \frac{(b-a)}{ab}} = \frac{ab}{k(b-a)}$$

Jika jari-jari  $b$  pada bola luar mendekati tak hingga, maka :

$$C = \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{ab}{k(b-a)} = \frac{ab}{k(b)} = \frac{a}{k}$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 a, \text{ dengan } a = R$$

Sehingga

$$C = 4\pi\epsilon_0 R$$

terbukti



⑤ kapasitansi kapasitor dapat kita tulis

$$C = \frac{Q}{V} \text{ atau } C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Sehingga kita punya hubungan

$$\frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Sehingga  $\frac{\epsilon_0 A}{d} \rightarrow$  berarti gradien grafik  $\frac{Q}{V}$

• Kapasitor 1  $\rightarrow \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{A}{d}$

• Kapasitor 2  $\rightarrow \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 (2A)}{d} = \frac{2A}{d}$

• Kapasitor 3  $\rightarrow \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{2d} = \frac{A}{2d}$

Jadi, kesimpulannya adalah

- Garis (a)  $\rightarrow$  kapasitor 2

- garis (b)  $\rightarrow$  kapasitor 1

- garis (c)  $\rightarrow$  kapasitor 3



- ① Partikel bergerak lambat karena bergerak dari potensial rendah pada posisi A ke potensial tinggi pada posisi B. Hal ini mengindikasikan bahwa  $q$  adalah partikel positif.

Usaha  $W_{AB}$  yang dilakukan pada partikel oleh gaya listrik berbanding lurus dengan  $q$

$W_{AB} = -q(V_B - V_A)$ , dimana  $V_B - V_A \rightarrow$  perbedaan potensial listrik antara posisi B dan A.

Kita ketahui,  $W_{AB} = \Delta K$

$W_{AB} = K_B - K_A$  (\*)

maka :

$W_{AB} = -q(V_B - V_A)$

$q = -\frac{W_{AB}}{V_B - V_A}$

Substitusi (\*)

sehingga :

$q = -\frac{(K_B - K_A)}{V_B - V_A}$

karena  $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}\text{C}$

maka :

$$q = -\frac{(7060\text{ eV} - 9520\text{ eV})}{[+27\text{ V} - (-55\text{ V})]} \times \frac{1,6 \times 10^{-19}\text{ J}}{\text{eV}}$$

$q = +4,8 \times 10^{-18}\text{ C}$

- ② Potensial di titik P merupakan penjumlahan skalar dari semua muatan.

$$V_p = V_{+72} + V_{+32} + V_{+52} + V_{+72} + V_{-32} + V_{-52}$$

$$V_p = \frac{k(+72)}{\sqrt{d^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}} + \frac{k(+32)}{\frac{d}{2}} + \frac{k(+52)}{\sqrt{d^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}} + \frac{k(+72)}{\sqrt{d^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}} +$$

$$\frac{k(-32)}{\frac{d}{2}} + \frac{k(-52)}{\sqrt{d^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}}$$

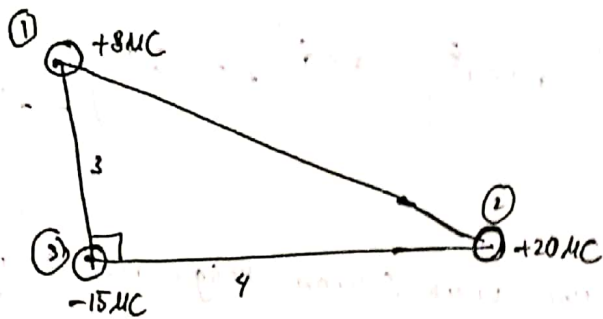
$$V_p = \frac{k(+142)}{\sqrt{d^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}} \quad \text{dengan } q = 9 \times 10^{-6} \text{ C dan } d = 0,13 \text{ m}$$

Sehingga  $V_p = \frac{k(+142)}{\sqrt{d^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}} = \frac{(8,99 \times 10^9)(+14)(9 \times 10^{-6})}{\sqrt{(0,13)^2 + \left(\frac{0,13}{2}\right)^2}}$

$$V_p = +7,8 \times 10^6 \text{ V}$$



3



→ Pada awalnya ketiga muatan terpisah sejauh dari tak hingga, kemudian kita tempatkan satu persatu. Kita misalkan  $q_1 = 8 \mu C$  pada awalnya di tempatkan pada sudut 3 dan partikel tidak mempunyai energi potensial,  $EP_1 = 0$

→ Pada titik 2, terdapat potensial listrik  $V_2$ , yakni,

$$V_2 = \frac{k q_1}{r_{21}} \quad \text{dengan } r_{21} = 5 \text{ m}, \quad q_1 = 8 \mu C$$

$$|r_{21}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$$

Sehingga  $EP_2 = q_2 V_2 = q_2 \left( \frac{k q_1}{r_{21}} \right) = \frac{20 \times 10^{-6} (8,9 \times 10^9) (8 \times 10^{-6})}{5}$

$$EP_2 = 0,288 \text{ J}$$

→ Pada titik 3, potensial listrik pada sisa yang kosong, yakni :

$$V_3 = \frac{k q_1}{r_{31}} + \frac{k q_2}{r_{32}}$$

$$EP_3 = q_3 V_3 = q_3 \left( \frac{k q_1}{r_{31}} + \frac{k q_2}{r_{32}} \right)$$

$$= k q_3 \left( \frac{q_1}{r_{31}} + \frac{q_2}{r_{32}} \right)$$



3

$$EP_3 = -15 \times 10^{-6} (8,9 \times 10^9) \left( \frac{8 \times 10^{-4}}{3} + \frac{20 \times 10^{-6}}{4} \right) = -1,034 \text{ J}$$

Jadi, energi potensial untuk susunan ketiga muatan nya adalah :

$$EP = EP_1 + EP_2 + EP_3$$

$$EP = 0 + 0,288 \text{ J} + (-1,034 \text{ J})$$

$$EP = -0,746 \text{ J}$$

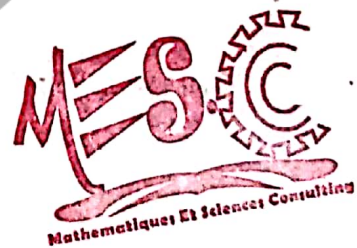
4

a) Titik B.

Karena partikel mempunyai muatan negatif dan sebuah muatan negatif berakselerasi dari potensial rendah menuju potensial tinggi.

b) Beda potensial antara  $V_B - V_A$

$$V_B - V_A = \frac{EP_B - EP_A}{q_0}$$



Kita ketahui bahwa sistem konservatif, sehingga

$$\Delta EM = 0$$

$$EM_B = EM_A$$

$$EK_B + EP_B = EK_A + EP_A$$

$$\frac{1}{2} m v_B^2 + EP_B = \frac{1}{2} m v_A^2 + EP_A$$



4

b)

$V_A = 0$ , sehingga :

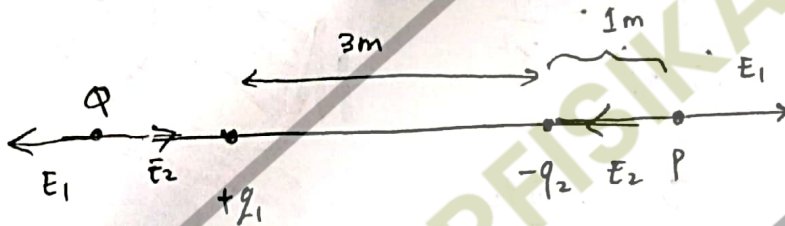
$$E_P - E_A = \frac{1}{2} m v_A^2 - \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$V_B - V_A = \frac{E_P - E_A}{q_0} = \frac{\frac{1}{2} m v_A^2 - \frac{1}{2} m v_B^2}{q_0}$$

$$V_B - V_A = \frac{-m v_B^2}{2 q_0} = \frac{-(2,5 \times 10^{-6}) (42)^2}{2 (-1,5 \times 10^{-6})} = 1500 \text{ V}$$

Jawabannya adalah positif, karena kita tahu dari bagian (a) bahwa titik B mempunyai potensial yang lebih tinggi.

5



Medan Listrik di titik P adalah nol,

maka:  $E_P = 0$

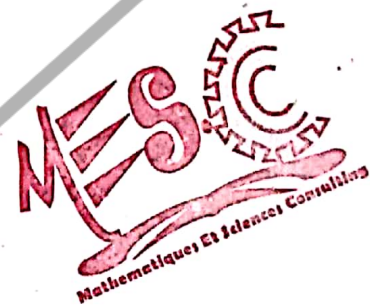
$$E_1 - E_2 = 0 \rightarrow E_1 = E_2$$

$$\frac{k q_1}{r_1^2} = \frac{k q_2}{r_2^2}$$

$$\frac{q_1}{4^2} = \frac{q_2}{1^2}$$

$$q_1 = 16 q_2$$

kita ketahui,  $E = - \frac{\partial V}{\partial x}$



⑤

$V=0$  saat  $E=0$ ,  $E=0$  terjadi di P dan satu lagi pada sebelah kiri muatan  $+q_1$

sehingga,  $E$  di  $Q=0$

$$E=0$$

$$E_2 - E_1 = 0$$

$$E_2 = E_1$$

$$k \frac{q_2}{r_2^2} = k \frac{q_1}{r_1^2}$$

$$\frac{q_2}{(3+x)^2} = \frac{q_1}{x^2}$$

$$\frac{q_2}{(3+x)^2} = \frac{16q_2}{x^2}$$

$$\frac{1}{3+x} = \frac{4}{x}$$

$$x = 12 + 4x$$

$$-3x = 12$$

$$x = -4 \text{ m}$$

Jadi, posisi dua titik relatif muatan negatif adalah :

$$x = 1 \text{ m} \text{ dan } x = -7 \text{ m}$$

⑥

$$\text{Energi} = \frac{1}{2} CV^2$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \text{ Energi}}{C}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(73)}{120 \times 10^{-6}}}$$

$$V = 1,1 \times 10^3 \text{ V}$$



⑦

Gaya luar hanya gaya non konservatif yang bekerja pada partikel.

Usaha  $W_{nc}$  oleh gaya luar merubah energi mekanik total  $E = E_k + E_p$

atau  $W_{ext} = \Delta E_M + W_{gesek}$

$$W_{nc} = \Delta K + \Delta P + 0$$

$$W_{nc} = (K_B - K_A) + (E_{pB} - E_{pA})$$

↓

$W_{non konservatif}$

maka :

$$W_{nc} = \left( \frac{1}{2} m V_B^2 - \frac{1}{2} m V_A^2 \right) + (2 V_B - 2 V_A)$$

$$= \frac{1}{2} m (V_B^2 - V_A^2) + 2(V_B - V_A)$$

$$= \frac{1}{2} (5 \times 10^{-2}) [(3)^2 - (2)^2] + 4 \times 10^{-5} (7850 - 5650)$$

$$W_{nc} = 0,213 \text{ J}$$



8

$$C = 1,2 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$V = 12 \text{ V}$$

$$Q = 2,6 \times 10^{-5} \text{ C}$$

tambahan

muatan mula-mula.

$$Q_0 = C_0 V$$
$$= 1,2 \times 10^{-6} (12)$$

$$Q_0 = 14,4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$Q_0 = 1,44 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$Q' = 2,6 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$Q' = C' V$$

$$Q' = k C_0 V$$

$$2,6 \times 10^{-5} = k (1,44 \times 10^{-5})$$

$$k = 1,8$$

Jadi, konstanta dielektriknya adalah 1,8

⑨ luas lingkaran  $= A_l = \pi (R)^2$

luas persegi  $= A_{\text{persegi}} = L^2$

kita ketahui bahwa :

$$C = \frac{k \epsilon_0 A}{d}$$

Sehingga :

$$C = \frac{k_{\text{lingkaran}} \epsilon_0 \pi (R)^2}{d} \quad \text{--- (1)}$$

$$C = \frac{k_{\text{persegi}} \epsilon_0 L^2}{d} \quad \text{--- (2)}$$

karena nilai C sama, maka : kita bagi pers(1) dan pers (2)

$$\frac{\frac{k_l \epsilon_0 \pi R^2}{d}}{\frac{k_p \epsilon_0 L^2}{d}} = 1$$

$$k_l \epsilon_0 \pi R^2 = k_p \epsilon_0 L^2$$

$$k_{\text{lingkaran}} = \frac{k_p L^2}{\pi R^2} = \frac{3}{\pi} \frac{L^2}{R^2}$$

$$k_{\text{lingkaran}} = 0,96 \frac{L^2}{R^2}$$



(10)

Kapasitansi dengan diisi dielektrik, dapat dituliskan

$$C = \frac{k \epsilon_0 A}{d}$$

dengan  $C = qV$

sehingga  $q = \left( \frac{k \epsilon_0 A}{d} \right) V$

• untuk  $q_1 = \frac{k_1 \epsilon_0 \left( \frac{A}{2} \right)}{d} V = \frac{k_1 \epsilon_0 A}{2d} V$

• untuk  $q_2 = \frac{k_2 \epsilon_0 \left( \frac{A}{2} \right)}{d} V = \frac{k_2 \epsilon_0 A}{2d} V$

muatan total pada kapasitor

$$q_{\text{tot}} = q_1 + q_2 = CV$$

sehingga :

$$q_1 + q_2 = CV$$

$$\frac{k_1 \epsilon_0 A}{2d} V + \frac{k_2 \epsilon_0 A}{2d} V = CV$$

$$\frac{k_1 \epsilon_0 A + k_2 \epsilon_0 A}{2d} V = CV$$

$$\frac{(k_1 + k_2) \epsilon_0 A}{2d} V = CV$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A (k_1 + k_2)}{2d}$$

