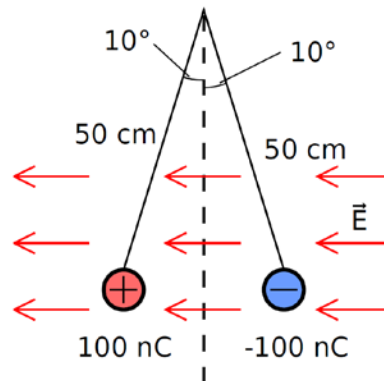
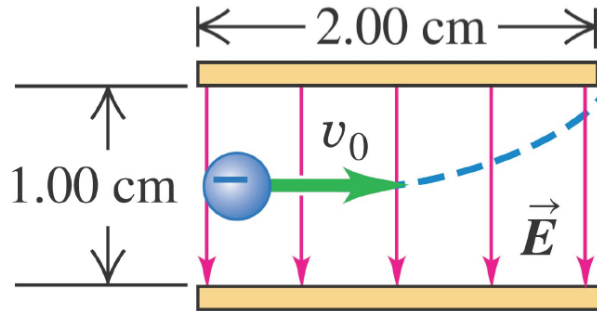


Vastaa kaikkiin tehtäviin 1-6.

1. Kaksi identtistä palloa on varattu $+100 \text{ nC}$ ja -100 nC varauksiin. Ne on laitettu roikkumaan eristävillä siimoilla 1 kV/cm sähkökenttään ja ne asettuvat tasapainotilaan kuvassa (alla) esitetyn geometrian mukaisesti. Mikä on kunkin pallon massa? (10 p)



2. Elektroni saapuu alkunopeudella $v_0 = 1.60 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ kahden yhdensuuntaisen levyn välissä olevaan sähkökenttään (ks. kuva seuraavalla sivulla). Oleta, että kenttä on levyjen välissä tasainen ja osoittaa kohtisuorasti kohti alemman levyn pintaa. Levyjen ulkopuolella kenttä on nolla. Saapuessaan levyjen väliin elektroni on yhtä kaukana kummankin levyn pinnasta.
- (a) Mikä on sähkökentän voimakkuus, kun elektroni poistuu levyjen välistä väistäen juuri ja juuri ylemmän levyn reunan? (3p)
- (b) Elektroni korvataan protonilla, jolla on sama nopeus. Osuuko protoni toiseen levyistä? Jos ei, kuinka paljon (ja mihin suuntaan) protoni on liikkunut pystysuunnassa poistuessaan levyjen välistä? (3p)
- (c) Vertaa elektronin ja protonin kulkemia ratoja ja selitä niiden erot. (2p)
- (d) Onko perusteltua jättää huomioimatta painovoiman vaikutus tarkasteltujen hiukkasten liikkeeseen? Miksi? (2p)



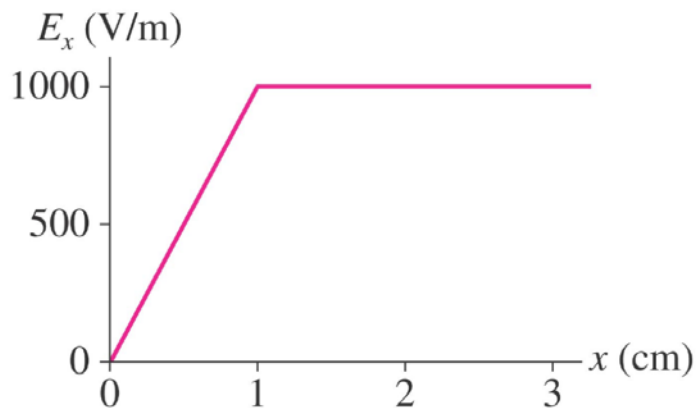
3. Johdekappale, joka on aluksi varaamaton, sisältää ontelon. Ontelon sisään tuodaan (tavalla tai toisella) pistevaraus $q_1 = +1.00 \cdot 10^{-7}$ C. Johdekappaleeseen siirretään varaus $q_2 = -5.00 \cdot 10^{-8}$ C. Mikä on tämän jälkeen varaus

- (a) ontelon sisäpinnalla? (5p)
 (b) johdekappaleen ulkopinnalla? (5p)

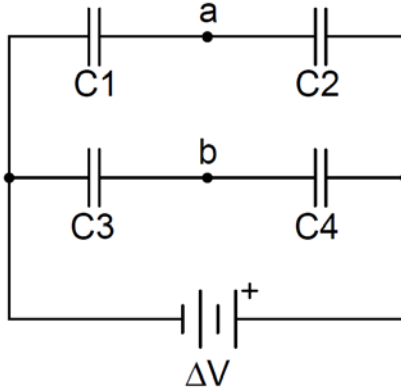
Perustele vastauksesi erittäin tarkasti - perustelu on tärkeämpi kuin itse vastaus!

4. Oheinen kuva esittää sähkökenttäkomponenttia E_x paikan funktiona x -akselilla.

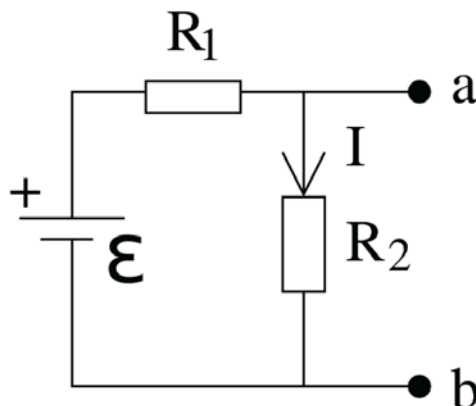
- (a) Laske ja piirrä graafinen kuvaaja potentiaalista x -akselilla välillä $0 \leq x \leq 3$ cm. Käytä normitusta $V = 0$, kun $x = 3$ cm. (5p)
 (b) Asetetaan x -akselille paikkaan $x = 0$ cm protoni ja annetaan sen liikkua vapaasti akselia pitkin. Laske protonin nopeus pisteessä $x = 2$ cm. (5p)



5. Neljä kondensaattoria ($C_1 = C_4 = 3.00 \mu\text{F}$ ja $C_2 = C_3 = 6.00 \mu\text{F}$) on kytketty kuvion mukaisesti jännitteeseen $\Delta V = 425 \text{ V}$. Laske pisteiden a ja b välinen potentiaaliero ja ilmoita kumpi piste on korkeammassa potentiaalissa? (10p)



6. Tarkastellaan kuvan mukaista kytkentää, missä $\varepsilon = 6.0 \text{ V}$ (pariston sisäinen vastus vähäinen), $R_1 = 2.0 \Omega$ ja $R_2 = 4.0 \Omega$. Laske vastuksen R_2 läpi kulkeva virta I, kun pisteiden a ja b välille kytketään
- ideaalinen virtamittari. (0.5p)
 - ideaalinen jännitemittari. (0.5p)
 - toinen 4.0Ω vastus. (1p)
 - varaamaton kondensaattori (laske virta I heti kytkemisen jälkeen). (2p)
 - aluksi varaamaton kondensaattori (laske virta I pitkän ajan kuluttua kytkemisestä). (2p)
 - ideaalinen 12.0 V paristo positiivinen napa a:n puolella. (2p)
 - ideaalinen 12.0 V paristo positiivinen napa b:n puolella. (2p)



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad E = \frac{\eta}{2\epsilon_0}$$

$$\vec{p} = q\vec{s} \quad \vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

$$\Phi_e = \oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{in}}}{\epsilon_0}$$

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r}$$

$$\Delta V = V_b - V_a = -\int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad E = \frac{\Delta V}{d}$$

$$\vec{E} = -\left(\hat{i} \frac{\partial V}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial V}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial V}{\partial z} \right) = -\vec{\nabla} V$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \epsilon = \kappa \epsilon_0$$

$$U_c = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2 \quad u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = n e v_d A \quad \vec{J} = n e \vec{v}_d$$

$$J = \sigma E \quad \rho = \frac{1}{\sigma} \quad R = \rho \frac{L}{A}$$

$$\Delta V = R I \quad \Delta V_p = \mathcal{E} - I r$$

$$P_R = I^2 R = \frac{\Delta V_R^2}{R} \quad P_p = I \Delta V_p$$

$$Q(t) = C \mathcal{E} (1 - e^{-t/RC}) \quad I(t) = I_0 e^{-t/\tau}$$

$$Q(t) = Q_0 e^{-t/RC} = Q_0 e^{-t/\tau}$$

$$c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1.6022 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$(4\pi\epsilon_0)^{-1} = 8.9876 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

$$u = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931.49 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_e = 9.1094 \times 10^{-31} \text{ kg} = 0.51100 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_p = 1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg} = 938.3 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_n = 1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg} = 939.6 \text{ MeV}/c^2$$

$$h = 6.6261 \times 10^{-34} \text{ Js} = 4.1357 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$R = 8.3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$N_A = 6.0221 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$k = 1.3807 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

$$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$