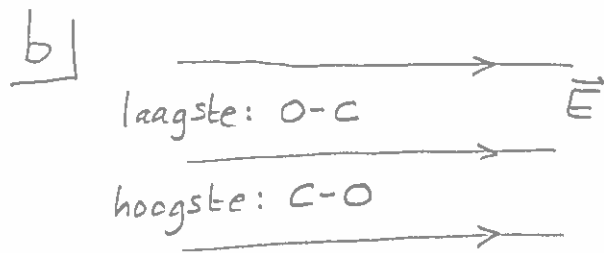


Tentamen Natuurkunde 2
30 jan. 2018

1a) $\begin{array}{c} \text{C} \\ | \\ \text{O} \end{array} = \begin{array}{c} (+q) \\ \updownarrow d = \vec{P} \\ (-q) \end{array} \quad p = qd \Rightarrow q = \frac{p}{d} = \frac{0.407 \times 10^{-30}}{1.13 \times 10^{-10}} = 3.60 \times 10^{-21} \text{ C}.$

Dus de lading op het O-atoom: $q_0 = -3.60 \times 10^{-21} \text{ C}$
Uitgedrukt in elementaire ladingen
is dit: $\frac{q_0}{e} = \frac{-3.60 \times 10^{-21}}{1.60 \times 10^{-19}} = -0.0225.$



c) De energie van een dipool in een E-veld is:

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E},$$

dus het verschil tussen de twee standen is:

$$\Delta U = -pE \cos(180^\circ) - \{-pE \cos(0^\circ)\} \\ = 2pE$$

$$= 2 \times 0.407 \times 10^{-30} \times 2000$$

$$= 1.63 \times 10^{-27} \text{ J}.$$

2a Volgens de wet van Gauss wordt deze flux gegeven door de omvatte lading:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{omvat}}}{\epsilon_0} = \boxed{-\frac{\lambda L}{\epsilon_0}}$$

b Wegens de cilindersymmetrie is het veld radieel gericht. Beide deksels hebben een normaal loodrecht op $\vec{E}$; hun bijdrage aan de flux is dus nul.

Op de mantel van de cilinder staat de normaal parallel aan $\vec{E}$. Hier geldt dus:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int_{\text{mantel}} \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int_{\text{mantel}} E dA$$

Wegens symmetrie is E overal op de mantel gelijk:

$$\Phi_E = E \int_{\text{mantel}} dA = E \cdot 2\pi r L$$

Dit moest ook gelijk zijn aan $-\lambda L/\epsilon_0$:

$$E \cdot 2\pi r L = -\lambda L/\epsilon_0$$
$$\Rightarrow \boxed{E = \frac{-\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}}$$

c Het potentiaalverschil kan worden berekend door een recht, radieel gericht pad te kiezen tussen $r=a$ en $r=b$:

$$\Delta V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{r} = -\int_a^b E(r) dr$$
$$= -\int_a^b \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

Als $E(a) = -3.0 \times 10^6 \text{ V/m}$ dan moet kennelijk:

$$\lambda = -2\pi\epsilon_0 a E = 4.2 \times 10^{-9} \text{ C/m.}$$

Het potentiaalverschil wordt daarmee:

$$\Delta V = \frac{4.2 \times 10^{-9}}{2\pi \times 8.854 \times 10^{-12}} \ln\left(\frac{20}{0.025}\right) = 505 \text{ V} = \boxed{5.0 \times 10^2 \text{ V}}$$

3a)

De twee condensatoren kunnen vervangen worden door één met capaciteit:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{2.0} + \frac{1}{4.0} \Rightarrow C_{eq} = 1.33 \mu F.$$

Hier staat 3.0 V over, dus:

$$Q = C_{eq} V = 1.33 \times 10^{-6} \times 3.0 = 4.0 \mu C.$$

Voor een serieschakeling is $Q_1 = Q_2$, dus

$$\boxed{Q_2 = 4.0 \mu C.}$$

b)
$$V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{4.0 \times 10^{-6}}{4.0 \times 10^{-6}} = \boxed{1.0 V}$$

c) Hierdoor neemt de capaciteit van C_2 toe met een factor 2.3. Nu wordt:

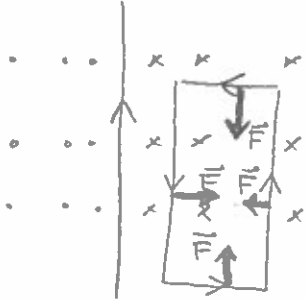
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{2.3 C_2} \Rightarrow C_{eq} = 1.64 \mu F.$$

De lading is dan:

$$Q = C_{eq} V = 1.64 \times 10^{-6} \times 3.0 = 4.92 \mu C.$$

Er stroomt dus $4.93 - 4.0 = \boxed{0.9 \mu C}$ lading naar C_2 .

4a) Het B-veld van de lange draad bestaat uit cirkelvormige veldlijnen rond de draad. Volgens de rechterhandregel lopen ze rechts van de draad het papier in:



Met $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$ bepalen we de kracht op elk van de 4 lijnstukken.

De krachten op de stukken van 5 cm lengte heffen elkaar op. De krachten op de stukken van 10 cm zijn ook tegengesteld, maar niet even groot. Het B-veld bij het stuk op 2 cm is groter, dus de kracht hierop ook. De netto kracht is dus naar rechts (afstotend).

b) Het veld van de draad wordt gegeven door

$$B = \frac{\mu_0 I_{dr}}{2\pi r}$$

De kracht op elk van de lijnstukken van 10 cm:

$$F = ILB \sin 90^\circ = ILB.$$

Hiermee vinden we:

$$F_{\text{linker stuk}} = I_{rh} L \frac{\mu_0 I_{dr}}{2\pi r_{2cm}} = 5 \times 0.10 \times \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{2\pi \times 0.02} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$F_{\text{rechter stuk}} = -I_{rh} L \frac{\mu_0 I_{dr}}{2\pi r_{7cm}} = -5 \times 0.10 \times \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{2\pi \times 0.07} = -0.29 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$\text{Dus } F_{\text{net}} = (1.0 - 0.29) \times 10^{-4} = \boxed{0.7 \times 10^{-4} \text{ N}}$$

c) $\vec{\mu} = I_{rh} \vec{A}$, dus:

$$\mu = 5 \times 0.10 \times 0.05 = 2.5 \times 10^{-2} \text{ A} \cdot \text{m}^2.$$

Richting: rechterhand kring beetpakken in stroomrichting $\rightarrow$ duim papier uit.

5a De inductiespanning is dus:

$$\mathcal{E} = IR = 0.026 \times 8.0 = 0.208 \text{ V.}$$

Volgens de wet van Faraday is:

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = - \frac{\Phi_{\text{eind}} - \Phi_{\text{begin}}}{\Delta t} \\ &= - \frac{\vec{B} \cdot \vec{A}_{\text{eind}} - \vec{B} \cdot \vec{A}_{\text{begin}}}{\Delta t} \\ &= - \frac{BL^2 \cos(180^\circ) - BL^2 \cos(0^\circ)}{\Delta t} \\ &= \frac{2NBL^2}{\Delta t}\end{aligned}$$

Dan is dus:

$$B = \frac{\mathcal{E} \Delta t}{2NL^2} = \frac{0.208 \times 0.10}{2 \times 100 \times (0.02)^2} = \boxed{0.026 \text{ T.}}$$

c Net als hierboven bij a combineren we

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{en} \quad \mathcal{E} = IR$$

$$\Rightarrow IR = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Maar de stroomsterkte is de snelheid waarmee lading passeert, $I = \frac{dq}{dt}$, dus

$$R \frac{dq}{dt} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Als we integreren over de tijd van het omklappen, vinden we:

$$R \int_0^{\Delta t} \frac{dq}{dt} dt = - \int_0^{\Delta t} \frac{d\Phi_B}{dt} dt$$

$$\text{ofwel} \quad R \int_0^{\Delta q} dq = - \int_{\Phi_{\text{begin}}}^{\Phi_{\text{eind}}} d\Phi_B$$

$$\Rightarrow R \Delta q = - (-NBL^2 - NBL^2)$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta q = \frac{2NBL^2}{R}}$$