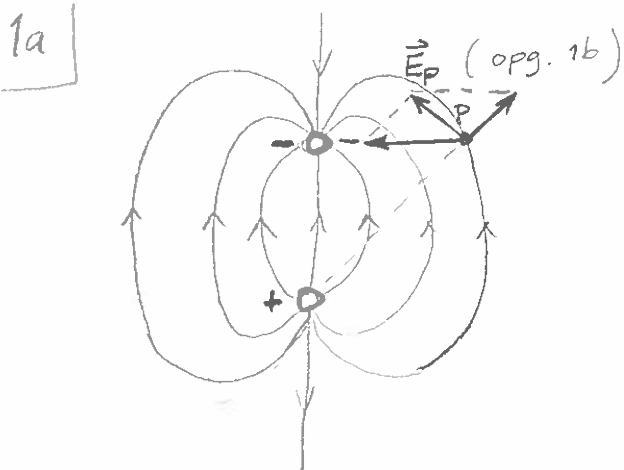




b) Wet van Coulomb:

$$\begin{aligned}
 \vec{E}_P &= k \cdot \frac{-q}{d^2} \hat{i} + k \cdot \frac{+q}{(\sqrt{2}d)^2} \cdot \left(\frac{\hat{i} + \hat{j}}{\sqrt{2}} \right) \\
 &= \frac{kq}{d^2} \left(\frac{\hat{i} + \hat{j}}{2\sqrt{2}} - \hat{i} \right) \\
 &= \frac{kq}{d^2} \left(\left(\frac{1}{2\sqrt{2}} - 1 \right) \hat{i} + \frac{1}{2\sqrt{2}} \hat{j} \right) \\
 &= \frac{9.0 \times 10^9 \times 2.5 \times 10^{-9}}{(0.050)^2} \times \left(-0.646 \hat{i} + 0.354 \hat{j} \right) \\
 &= \left(-5.8 \text{ kN/C} \right) \hat{i} + \left(3.2 \text{ kN/C} \right) \hat{j}
 \end{aligned}$$

c) $W = -q \Delta V_{\infty \rightarrow P} = -q (V_P - 0) = -q V_P$

$$\begin{aligned}
 &= -q \left(k \cdot \frac{-q}{d} + k \cdot \frac{+q}{\sqrt{2}d} \right) \\
 &= \frac{kq^2}{d} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \\
 &= \frac{9.0 \times 10^9 \times (2.5 \times 10^{-9})^2}{0.050} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 3.3 \times 10^{-7} \text{ J}$$

2a Kies een bolvormig Gauss-oppervlak met een straal net iets groter dan 3 cm. De elektrische flux door dit oppervlak is nul omdat $\vec{E} = \vec{0}$ in een geleider. Volgens de wet van Gauss is dan ook $q_{\text{omvat}} = 0$.
 $\Rightarrow$ op het binnenoppervlak zit $-Q$ (gelijkmatig verdeeld).

Omdat de overige lading van $-3Q$ ook alleen op een oppervlak kan zitten moet deze (gelijkmatig) verdeeld zijn over het buitenoppervlak.

b) Kies Gauss-oppervlak met straal $r < 3 \text{ cm}$: $q_{\text{omvat}} = +Q$
 $\Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (r < 3 \text{ cm})$

In de geleider is :

$$E = 0 \quad (3 \text{ cm} < r < 5 \text{ cm})$$

Kies Gauss-opp. met straal $r > 5 \text{ cm}$: $q_{\text{omvat}} = -3Q$

$$\Rightarrow E = \frac{-3Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$\begin{aligned} \underline{c)} \quad V_{\text{bol}} &= - \int_{\infty}^{R=5 \text{ cm}} \vec{E}(r > 5 \text{ cm}) \cdot d\vec{r} \\ &= - \int_{\infty}^R \frac{-3kQ}{r^2} dr \\ &= 3kQ \left[-\frac{1}{r} \right]_{\infty}^R \\ &= -\frac{3kQ}{R} \end{aligned}$$

Omdat $V_{\text{bol}} = -1000 \text{ V}$ vinden we

$$\begin{aligned} Q &= -\frac{R}{3k} \times (-1000 \text{ V}) \\ &= -\frac{0.050}{3 \times 9.0 \times 10^9} \times (-1000 \text{ V}) \\ &= 1.9 \times 10^{-9} \text{ C} \end{aligned}$$

$$\underline{3a)} \quad I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} = \frac{1.5}{2.0 + 3.0} = 0.30 \text{ A}.$$

$$V_C = V_{R_1} = IR_1 = 0.30 \times 3.0 = \boxed{0.90 \text{ V}}$$

$$Q_C = CV_C = 5.0 \times 10^{-6} \times 0.90 = \boxed{4.5 \mu\text{C}}.$$

$$\underline{b)} \quad \text{Nu is } C_{d.e.} = 3C = 12.5 \mu\text{F}.$$

$$I \text{ verandert niet, dus } V_C \text{ ook niet : } \boxed{V_C = 0.90 \text{ V.}}$$

$$Q_C = C_{d.e.} V_C = 12.5 \times 10^{-6} \times 0.90 = \boxed{11.3 \mu\text{C}}.$$

4a) $\vec{\mu} = I\vec{A}$

Volgens rechterhandregel: papier in.

$$\mu = IA = 6.0 \times \pi \times (0.025)^2 = \boxed{0.012 \text{ A}\cdot\text{m}^2}$$

b) Volgens Biot-Savart is de bijdrage van een stukje $d\vec{\ell}$:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I d\vec{\ell} \times \hat{r}}{r^2}$$

Omdat voor de rechte stukken $d\vec{\ell}$ en $\hat{r}$ parallel staan is $d\vec{\ell} \times \hat{r} = \vec{0}$.

c) Wet van Biot-Savart: voor alle stukjes $d\vec{\ell}$ van de cirkel staat $d\vec{B}$ loodrecht het papier in.

De grootte volgt uit:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I d\ell}{r^2} \quad \text{met } r = R.$$

Integreren:

$$\begin{aligned} B_M &= \int_0^{2\pi R} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\ell}{R^2} \\ &= \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int_0^{2\pi R} d\ell \\ &= \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \times 2\pi R \\ &= \frac{\mu_0 I}{2R} \\ &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6.0}{2 \times 0.025} \end{aligned}$$

$$\boxed{= 0.15 \text{ mT}}$$

5a) Wet van Faraday:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$= - \frac{d(BLx)}{dt}$$

$$= -BLv_x$$

$$= -0.80 \times 0.20 \times 5.0$$

$$= -0.80 \text{ V}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{-0.80}{2.0} = -0.40 \text{ A} \text{ ofwel } \boxed{0.40 \text{ A}}$$

De richting volgt uit de wet van Lenz: De magnetische flux van de inductiestroom werkt de verandering van de flux van het bestaande veld tegen, dus moet papier uit zijn. Met de rechterhandregel zie je dat de inductiestroom dan tegen de klok in is.

b) De inductiestroom in het staafje ondervindt een Lorentz-kracht $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$.

Volgens de rechterhandregel is deze kracht naar links. Een externe kracht naar rechts is dus nodig, met grootte:

$$F = ILB \sin \theta$$

$$= 0.40 \times 0.20 \times 0.80 \times 1$$

$$= \boxed{0.064 \text{ N}}$$