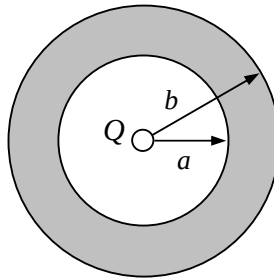


Tentamen Wis- en Natuurkunde 2 (SK-BWSNK2)  
(deel Natuurkunde)  
29 januari 2015

- De tijd voor deze toets is 2 uur.
- Schrijf op elk vel dat je inlevert, je naam en studentnummer.
- Laat bij elke opgave duidelijk zien hoe je aan het antwoord komt.
- De puntentelling staat bij elke opgave tussen vierkante haken (totaal 100).
- Veel succes!

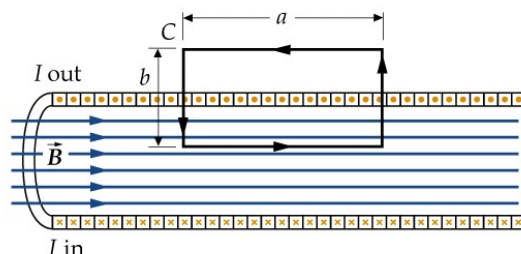
1. De onderstaande tekening laat de doorsnede zien door een holle metalen bol met in het middelpunt een puntlading  $Q$ . De stralen van de binnen- en buitenkant van de holle bol zijn respectievelijk  $a = 3\text{ cm}$  en  $b = 5\text{ cm}$ . Gegeven is verder dat de elektrische veldsterkte op een afstand  $r = 2\text{ cm}$  van het middelpunt de waarde  $-15\text{ kN/C}$  heeft, en op een afstand  $r = 10\text{ cm}$  de waarde  $+5\text{ kN/C}$ .



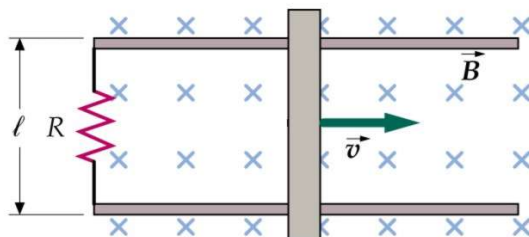
- (a) [10] Bepaal de grootte van de lading  $Q$  met behulp van de wet van Gauss. Laat duidelijk zien hoe je dit doet.
- (b) [15] Bepaal de netto lading op de holle metalen bol.
2. Twee puntladingen liggen op de  $x$ -as. Een positieve lading  $+Q$  bevindt zich op  $x = -a$  en een negatieve lading  $-2Q$  bevindt zich op  $x = +a$ .
- (a) [10] Bereken de arbeid die nodig is om een elektron vanuit het oneindige naar de oorsprong te brengen.
- (b) [15] Op de  $x$ -as liggen twee punten waar de potentiaal ten opzichte van oneindig precies nul is. Bepaal de plaatsen van deze punten.

Z.O.Z.

3. In de onderstaande figuur is een doorsnede te zien door een zeer lange spoel, die  $n$  windingen per lengte-eenheid heeft. Er loopt een elektrische stroom  $I$  door de spoel. Neem aan dat het magnetisch veld binnen de spoel uniform is, en buiten de spoel nul. Een rechthoekig pad C met zijden  $a$  en  $b$  wordt gekozen zoals in de figuur geschetst.



- (a) [5] Bepaal de door het pad C omcirkelde stroom,  $I_{omvat}$ , in de vorm van een formule.
- (b) [15] Gebruik de wet van Ampère om af te leiden dat de magnetische veldsterkte binnen de spoel gegeven wordt door  $B = \mu_0 n I$ . Laat duidelijk de stappen in de berekening zien.
4. In de figuur hieronder kan een metalen staafje wrijvingsloos rollen over twee parallelle, metalen rails op onderlinge afstand  $\ell = 5.0$  cm. De rails zijn met elkaar verbonden door een weerstand  $R$  van  $6.0 \Omega$ . Hierdoor ontstaat een gesloten stroomkring. Het geheel bevindt zich in een uniform magneetveld met sterkte  $B = 2.5$  T het vlak van de tekening in. Het staafje rolt met een constante snelheid van  $v = 5.0$  m/s.



- (a) [10] Leg uit in welke richting de inductiestroom loopt.
- (b) [10] Bereken de grootte van de inductiestroom.
- (c) [10] Toon aan dat, als het staafje een eindje heeft gerold, de totale lading die de weerstand is gepasseerd gegeven wordt door  $q = -\Delta\Phi_B / R$ . Hierin is  $\Delta\Phi_B$  de verandering van de door de stroomkring omvatte magnetische flux tijdens de verplaatsing van het staafje.

## Formuleblad Natuurkunde 2

### elektromagnetisme

|                          |                                                                                    |                                |                                                       |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------|
| wet van Coulomb:         | $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$                         | kracht op testlading:          | $\vec{F}_0 = q_0 \vec{E}$                             |
| elektrische flux:        | $\Phi_E = \int E \cos \theta dA = \int E_{\perp} dA = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$ |                                |                                                       |
| wet van Gauss:           | $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q_{\text{enclosed}} / \epsilon_0$                  |                                |                                                       |
| elektrische potentiaal:  | $\Delta V_{AB} = \frac{\Delta U_{AB}}{q} = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r}$      |                                |                                                       |
| potentiaal puntlading:   | $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$                                         |                                |                                                       |
| potentiële energie:      | $U = q_0 V$                                                                        |                                |                                                       |
| energiedichtheid E-veld: | $u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$                                                 |                                |                                                       |
| condensator:             | $C = Q/V_{ab}$                                                                     | vlakke plaatcondensator:       | $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$                          |
| energie condensator:     | $U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} Q^2 / C$                                       | diëlektrikum:                  | $\kappa = \frac{C}{C_0}$                              |
| elektrische dipool:      | $\vec{p} = q\vec{d}$                                                               |                                |                                                       |
| dipool in extern E-veld: | $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$                                              | $U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$   |                                                       |
| elektrische stroom:      | $I = \frac{dq}{dt} = n q Av_d$                                                     |                                |                                                       |
| wet van Ohm:             | $V = IR$                                                                           | $R = \frac{\rho L}{A}$         |                                                       |
| elektrisch vermogen:     | $P = IV$                                                                           |                                |                                                       |
| kracht bewegende lading: | $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$                                                | rechte stroomdraad:            | $\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$                  |
| magnetische flux:        | $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$                                             |                                |                                                       |
| Gauss voor magn. veld:   | $\Phi_B = \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$                                        |                                |                                                       |
| wet v. Biot-Savart:      | $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$              | stroomdraad:                   | $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$                          |
| wet v. Ampère:           | $\oint \vec{B} \cdot d\vec{r} = \mu_0 (i_C + i_D)_{\text{encirc}}$                 | verplaatsingsstroom:           | $i_D = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$                 |
| energiedichtheid B-veld: | $u_B = \frac{1}{2\mu_0} B^2$                                                       |                                |                                                       |
| magnetische dipool:      | $\vec{\mu} = I \vec{A}$                                                            |                                |                                                       |
| dipool in extern B-veld: | $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$                                            | $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$ |                                                       |
| inductiewet v. Faraday:  | $\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$                                               | bewegende draad:               | $\mathcal{E} = vBl$                                   |
|                          |                                                                                    | stat. stroomkring:             | $\oint \vec{E} \cdot d\vec{r} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$ |

**constanten**

$$e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

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

**wiskundig**

gradiënt  $\text{grad } U = \frac{\partial U}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial U}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial U}{\partial z} \hat{k}$

inproduct  $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z = AB \cos \theta$

uitproduct  $\vec{A} \times \vec{B} = AB \sin \theta \hat{n} \quad (\hat{n} \text{ staat loodrecht op } \vec{a} \text{ en } \vec{b})$

Taylorbenaderingen:  $\sin x = x - \frac{1}{6}x^3 + \dots \quad (x \ll 1)$

$$\cos x = 1 - \frac{1}{2}x^2 + \dots \quad (x \ll 1)$$

binomiaalformule  $(1+x)^n = 1 + nx + \frac{n(n-1)}{2!}x^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!}x^3 + \dots$

cirkel omtrek  $= 2\pi R$  oppervlak  $= \pi R^2$

bol oppervlak  $= 4\pi R^2$  volume  $= 4\pi R^3/3$