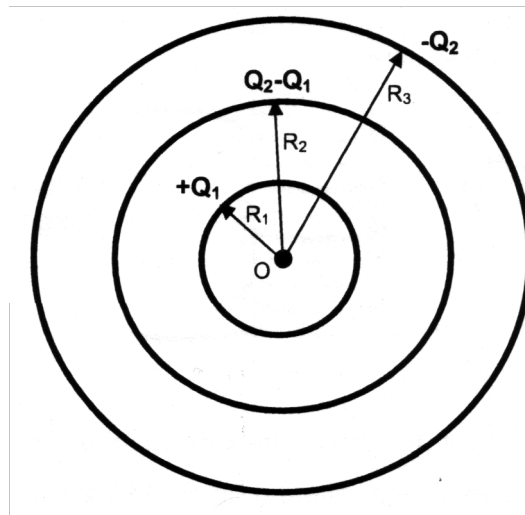


## Elektrodynamica 2 (NS-251B) 19 augustus 2009

*Bij dit tentamen mocht een zelfgemaakt formuleblad gebruikt worden.*

### Opgave 1

Drie zeer dunne, metalen bolschillen met stralen  $R_1$ ,  $R_2$  en  $R_3$  zijn concentrisch opgesteld zoals in onderstaande figuur. Overal elders in de ruimte heerst vacuüm. Het middelpunt van de bolschillen kiezen we als oorsprong  $O$ . De binnenste bolschil (straal  $R_1$ ) is geladen met een positieve lading  $+Q_1$ , de buitenste bolschil (straal  $R_3$ ) met negatieve lading  $-Q_2$  en de middelste bolschil (straal  $R_2$ ) met lading  $Q_2 - Q_1$ . de potentiaal in het oneindige kiezen we 0.



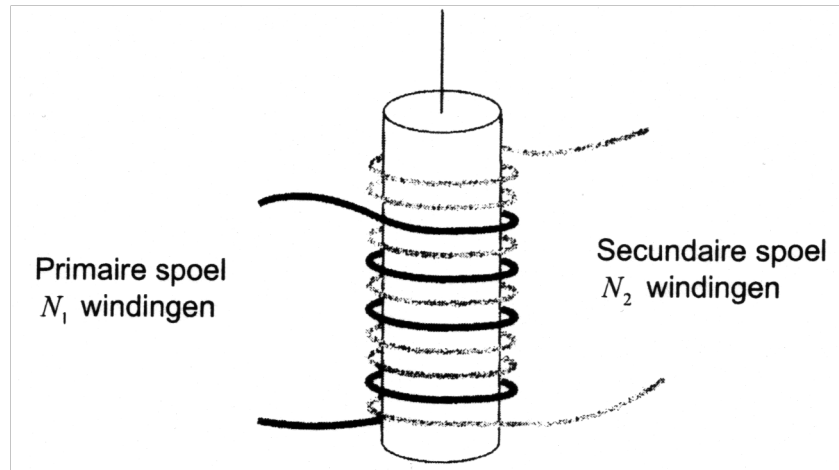
- Geef aan hoe de lading over de middelste bolschil is verdeeld en geef aan waarom. (5 punt)
- Bereken overal in de ruimte het elektrostatische veld  $\vec{E}$ , naar richting en grootte. (10 punt)
- Hoe groot is de potentiaal van de buitenste bolschil  $V(R_3)$ ? Bereken hiermee de potentialen van de beide andere bolschillen. (10 punt)
- Bereken de capaciteit van deze bolcondensator (beschouw de condensator als een serieschakeling van twee condensatoren). (10 punt)

De binnenste bolschil (straal  $R_1$ ) en de buitenste bolschil (straal  $R_3$ ) worden nu elektrisch met elkaar doorverbonden (bijvoorbeeld door een zeer dun verbindingsdraadje).

- Leg kwalitatief uit wat er gebeurt. (5 punt)
- Bereken hoeveel lading er op de binnenste bolschil zit en hoeveel op de buitenste bolschil. Druk uw antwoord uit in  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $Q_1$  en  $Q_2$ . (10 punt)

### Opgave 2

Een ideale transformator bestaat in de meest simpele vorm uit twee spoelen gewonden rond een cilinder, waardoor dezelfde magnetische flux door alle windingen van beide spoelen wordt omvat (zie tekening). De primaire spoel heeft  $N_1$  windingen, de secundaire spoel  $N_2$ .



- a) Toon door berekening aan dat de EMK in de secundaire spoel,  $\epsilon_2$ , zich tot de EMK in de primaire spoel,  $\epsilon_1$ , verhoudt als

$$\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

(10 punt)

- b) Neem aan de de zelfinducties van de primaire en secundaire spoel  $L_1$  en  $L_2$  zijn. Laat door berekening zien dat de wederzijdse inductie  $M$  gegeven wordt door

$$M = \sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

Hint: Maak gebruik van het feit dat de totale flux door de primaire spoel,  $\phi_1$ , gegeven wordt door  $\phi_1 = I_1 L_1 + I_2 M = N_1 \phi$ . Hierbij is  $\phi$  de flux door één winding van de spoel. (10 punt)

- c) We sluiten de primaire spoel aan op een wisselspanningsbron  $V_{in}(t) = V_1 \cos(\omega t)$ . Laat zien dat de stroom door de primaire spoel,  $I_1$ , en de stroom door de secundaire spoel,  $I_2$ , voldoen aan de volgende vergelijkingen

$$\begin{aligned} L_1 \frac{dI_1}{dt} + M \frac{dI_2}{dt} &= V_1 \cos(\omega t) \\ L_2 \frac{dI_2}{dt} + M \frac{dI_1}{dt} &= -I_2 \cdot R \end{aligned}$$

(10 punt)

- d) Laat door berekening zien dat

$$I_1(t) = \frac{V_1}{L_1} \left( \frac{1}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{L_2}{R} \cos(\omega t) \right)$$

Hint: maak gebruik van de resultaten in b) en c) (10 punt)

- e) Bereken het input vermogen ( $P_{in} = V_{in} I_1$ ) en het output vermogen ( $P_{out} = V_{out} I_2$ ) en laat zien dat hun tijdsgemiddelden gelijk zijn. (10 punt)