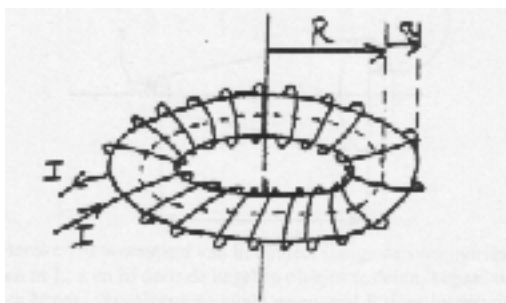


Electrodynamica (NS-251b)

30 juni 2004

Opgave 1

Om een ring van ferromagnetisch materiaal is een spoel met N windingen gewikkeld. De hartlijn van de ring heeft straal R . De doorsnede van de ring loodrecht op de hartlijn is een cirkel met straal a . Door de spoel loopt een stroom I .



- a) Beredeneer m.b.v. symmetrie-overwegingen wat de richting van het \vec{H} -veld is. Bepaal tevens de grootte van het \vec{H} -veld overal in de ruimte. (7 punten)

Voor kleine stroom I is het gedrag van het ferromagnetische materiaal lineair. Neem aan dat in dit stroomgebied de magnetische susceptibiliteit gegeven wordt door χ_m .

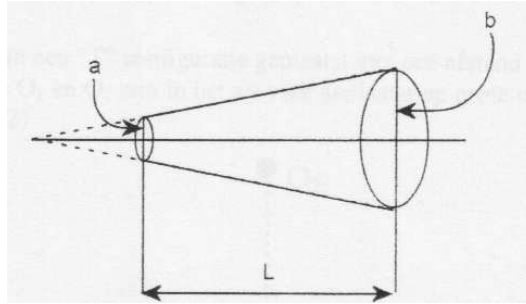
- b) Bereken het magneetveld \vec{B} en de magnetisatie \vec{M} overal in de ruimte. (7 punten)
- c) Het bij onderdeel b) berekende \vec{B} -veld is voor een deel afkomstig van het gemagnetiseerde ferromagnetische materiaal en voor een deel van de stroom door de spoel. Bepaal de grootte van deze beide bijdragen. (7 punten)

De stroom I door de spoel wordt nu dusdanig opgevoerd dat de magnetisatie van het ferromagnetische materiaal verzadigd wordt. Neem aan dat de waarde van de verzadigingsmagnetisatie gegeven wordt door M_s .

- d) Bereken opnieuw het \vec{B} -veld overal in de ruimte. (7 punten)
- e) Bepaal het totale magnetische dipoolmoment \vec{m} van de spoel met ferromagnetisch materiaal voor de bovengegeven ring. (3 punten)
- f) Bepaal het totale magnetische dipoolmoment \vec{m} van een cilinder (met straal a) die is ontstaan door de bovengegeven ring (met spoel) door te 'knippen' en uit te strekken (bij gelijke stroom I en magnetisatie M_s). (4 punten)

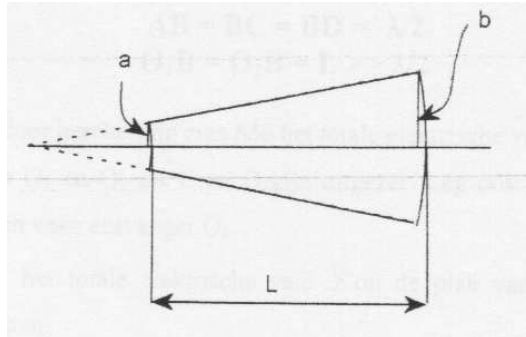
Opgave 2

We willen de Ohmse weerstand, R , bepalen van een kegelvormig object (zie figuur), gemaakt van een homogeen materiaal met soortelijke weerstand ρ , lengte L , en met een straal a van de ‘top’ van de kegel en een straal b van de ‘bodem’ van de kegel. Top en bodem van de kegel zijn beide vlak en kunnen worden verondersteld equipotentiaalvlakken te zijn.



- Bereken de weerstand van het object (langs de symmetrieas; antwoord uitdrukken in L , a , en b) door de kegel in plakjes te delen, de weerstand van elke plak te bepalen, en vervolgens de totale weerstand R te bepalen door integratie. (10 punten)
- Beargumenteer waarom deze benadering voor het berekenen van de totale weerstand niet juist is. Komt er een te kleine of te grote waarde uit de berekening in a)? (5 punten)

Stel dat de uiteinden van de kegel niet vlak zijn, maar sferische oppervlakken gecentreerd op de hypothetische tip van de kegel (zie figuur). L is de afstand tussen de middenpunten van de twee sferische vlakken.



- Beargumenteer waarom deze geometrie het bepalen van de totale weerstand eenvoudiger maakt. (5 punten)
- Toon aan dat de weerstand, R , in deze geometrie gegeven is door (10 punten)

$$R = \frac{\rho(b-a)^2}{2\pi ab} \left[\sqrt{L^2 + (b-a)^2} + L \right]^{-1}$$

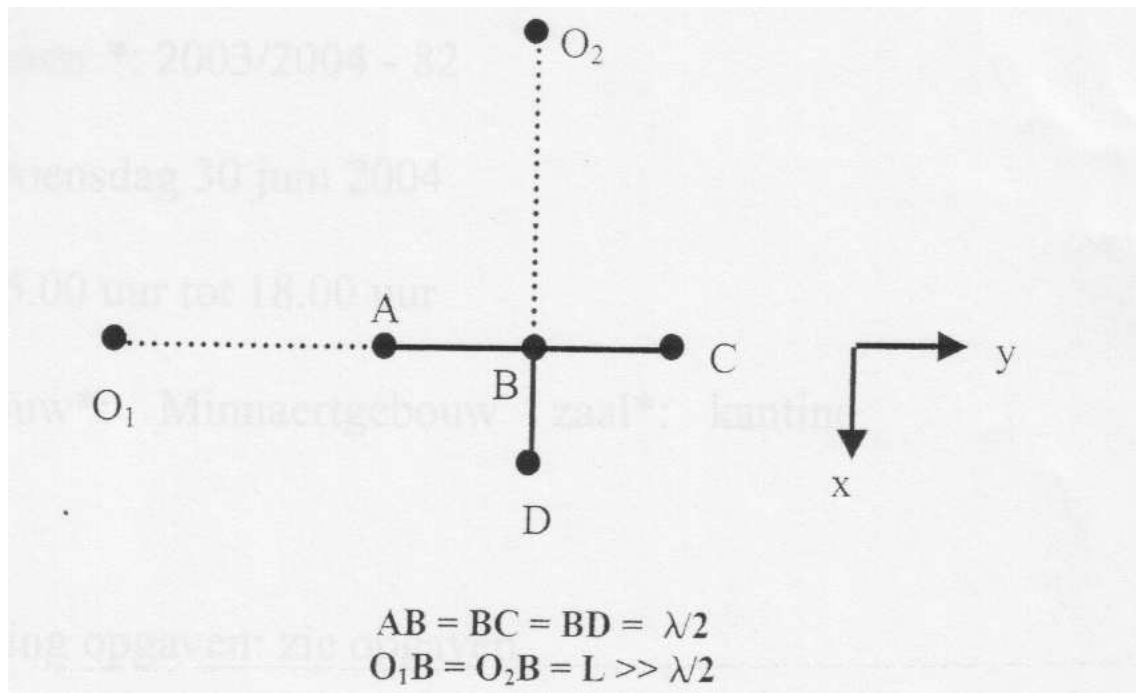
- In welke limiet wordt het resultaat van d) gelijk aan het antwoord in a)? (5 punten)

Opgave 3

Vier identieke, monochromatische en coherente (allemaal in fase) bronnen A , B , C , en D zijn opgesteld in vacuüm en zenden sferische golven in het xy -vlak uit, in complexe notatie:

$$\tilde{\mathbf{E}}(r, t) = \tilde{E}_0 \cdot (kr)^{-1} e^{i(kr - \omega t)} \cdot \hat{z}$$

De bronnen zijn in een 'T'-configuratie geplaatst met een afstand van $\lambda/2$ (zie figuur). Twee ontvangers, O_1 en O_2 , zijn in het xy -vlak geplaatst op grote maar gelijke afstand, L , van B ($L \gg \lambda/2$).



- Laat door berekening zien hoe het totale elektrische veld \bar{E} eruit ziet voor de ontvangers O_1 en O_2 als C en D zijn uitgezet. Leg ook uit waarom A en B elkaar uitdoven voor ontvanger O_1 . (7½ punten)
- Bepaal het totale elektrische veld \bar{E} op de plek van O_1 en O_2 als alle bronnen aanstaan. (5 punten)
- Bepaal met behulp van de Maxwellvergelijkingen het totale magnetische veld \bar{B} dat O_1 en O_2 ontvangen als alle bronnen aanstaan. (7½ punten)
- Welke ontvanger ontvangt het grootste (tijdsgemiddelde) signaal? (5 punten)
- Leg uit waarom ontvanger O_1 niet in staat is om te bepalen of B of D wordt uitgezet. (5 punten)