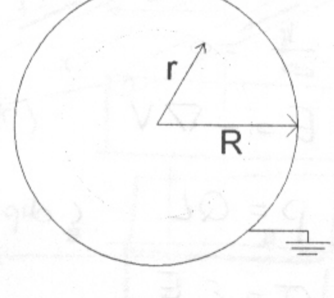
MAAK ELKE OPGAVE OP EEN APART VEL, voorzien van je **naam**.
Op vel 1: **studentnummer, naam, adres, postkode, woonplaats en studierichting.**
De onderdelen van de opgaven zijn veelal onafhankelijk van elkaar op te lossen. Ook al kun je een bepaald onderdeel niet oplossen, **probeer dan toch het vervolg** van de opgave.

cijfer = (Σ punten)*3/7 + 1

BIJ DIT TENTAMEN MAG JE HET BOEK GEBRUIKEN

Opgave 1. Geladen bol

Een dunne metalen bol met straal R is geaard. In de metalen bol bevindt zich een lading Q die uniform over de ruimte binnen de bol verdeeld is.



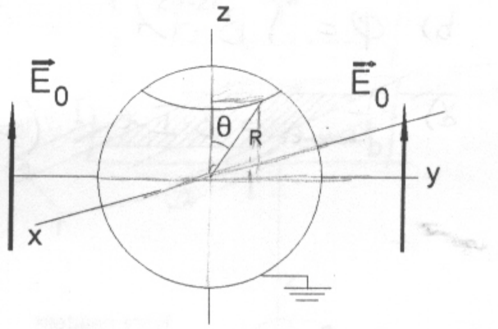
2 a. Bereken de elektrische veldsterkte E(r) binnen de bol als functie van de afstand r tot het centrum.

3 b. Bereken de potentiaal V(r) voor $0 < r < R$ en voor $r > R$.

3 c. Bereken de totale elektrische energie van de bol met daarin de lading Q. ?

Opgave 2. Inductie

Een goed geleidende, geaarde, metalen bol met straal R bevindt zich in een homogeen elektrisch veld met veldsterkte $\vec{E}_0$ die in de richting van de positieve z-as gericht is. Als gevolg daarvan wordt op de bol lading verschoven. De ene kant wordt positief en de ander kant negatief. De ladingsverdeling is niet uniform, maar hangt, vanwege de symmetrie, alleen af van de hoek θ met de z-as (zie figuur).
De oppervlakte ladingsdichtheid is dus: $\sigma = \sigma(\theta)$



Het totale elektrisch veld wordt bepaald door het uitwendige veld en het veld ten gevolge van de ladingsverdeling op de bol. Vanwege de symmetrie hangt dit veld alleen af van de afstand tot het centrum van de bol (dat samenvalt met de oorsprong van het assenstelsel) en de hoek θ met de z-as.

Voor de potentiaal in de ruimte om de bol blijkt nu te gelden: $V(r,\theta) = (Ar + \frac{B}{r^2})\cos\theta$

1 a. Leidt de relatie af tussen de constanten A en B door uit te gaan van de potentiaal op de bol.

Voor een punt op de z-as ($\theta = 0$) dat zeer ver van de bol verwijderd is, geldt dat het veld ten gevolge van de lading op de bol verwaarloosd kan worden.

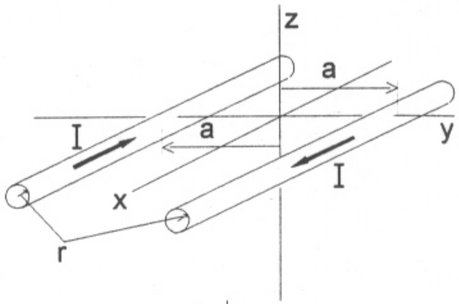
2 b. Bereken voor een ver verwijderd punt op de z-as de potentiaal en bereken hiermee de constanten A en B uitgedrukt in E_0. [NB mocht je a. niet hebben kunnen beantwoorden, neem dan een zinvol verband tussen A en B aan.]

2 c. Bereken uit de relatie tussen de elektrische veldsterkte $E(R,\theta)$ vlak bij een elektrische geleider en de oppervlakte ladingsdichtheid σ op de bol, op welke wijze σ afhangt van R en θ.

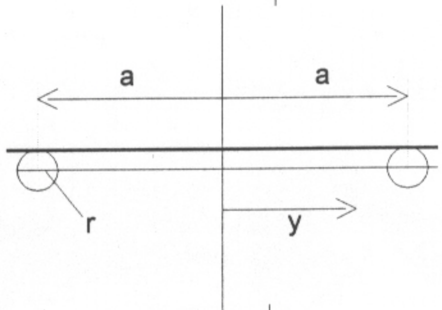
3 d. Bereken het dipoolmoment ten gevolge van de ladingsverdeling op de bol. [NB mocht je c. niet hebben kunnen beantwoorden, neem dan aan (wat overigens onjuist is) dat $\sigma = \varepsilon_0 E_0$ voor $z > 0$ en $\sigma = -\varepsilon_0 E_0$ voor $z < 0$.]

Opgave 3. Lorentz-kracht

Twee zeer lange, ronde rails met straal r staan evenwijdig aan elkaar en hebben een onderlinge afstand 2a. Door beide rails loopt een stroom I in tegenovergestelde richting.
We beschouwen het magnetisch veld tengevolge van de stromen door de rails.
Er is een assen-stelsel waarvan de oorsprong precies tussen beide rails ligt (zie figuur).

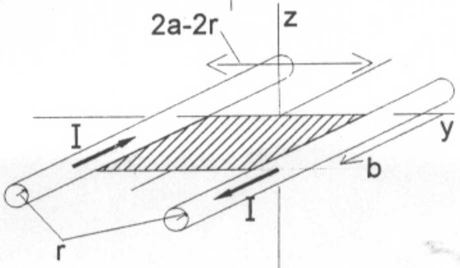


2 a. Bereken de grootte van het magneetveld tussen de rails ten gevolge van de stromen door beide rails in het vlak { x , y } als functie van y.



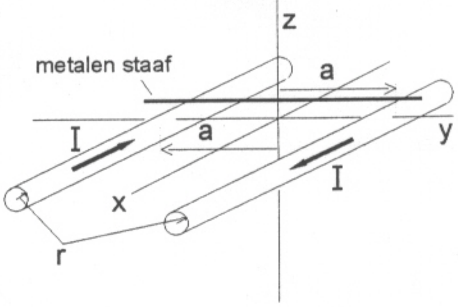
2 b. Bereken de flux ϕ in het gearceerde vlak tussen de rails met een breedte b in de x-richting en een lengte 2a-2r in de y-richting. Maak eventueel gebruik van de standaardintegraal

$$\int \frac{dx}{a^2 - x^2} = \frac{1}{2a} \ln \left| \frac{a+x}{a-x} \right|$$



Op de rails wordt nu een goed geleidende, metalen staaf gelegd waar ook een stroom I doorheen gaat lopen. Verwaarloos de bijdrage aan het magneetveld tengevolge van de stroom door deze metalen staaf.

1 c. Bereken de Lorentz-kracht die op de staaf wordt uitgeoefend, uitgedrukt in ϕ, I en b.



f. De stroom I_2 loopt volgens een e-macht op tot de eindwaarde $I_2(\infty) = \dfrac{5}{5 \cdot 10^5} = 0{,}00001$ A omdat de stijgtijd $\tau = \dfrac{L_2}{R} = 2 \cdot 10^{-6}$ s 1000 keer korter is dan de tijd waarin I_1 van 0 naar 10A stijgt.