Aanwijzingen

De toets bestaat uit twee delen, waarvan het eerste deel binnen 60 minuten moet worden ingeleverd. In het eerste deel worden met name begripsvragen gesteld. De antwoorden moeten op een apart vel worden gemaakt.
Vul daarom uw naam, studentennummer en groep duidelijk in.
Het tweede deel van de toets bestaat uit opgaven met wat meer rekenwerk om de operationele kennis te testen. Voor het tweede deel van de toets is 120 minuten aan tijd beschikbaar (plus de tijd die men overhoud van het eerste deel van de toets).
Bij het tentamen mag een formuleblad gebruikt worden dat maximaal 20 formules bevat met een korte aanduiding, waarvan er maximaal 10 elektrische beschrijvingen mogen bevatten en maximaal 10 magnetische. Dit formuleblad moet met het tentamen worden ingeleverd.
Het aantal te behalen punten per opgave staat in de hokjes in de kantlijn.

Begripsvragen

6 pt

1. Beschouw een cilindercondensator die bestaat uit twee holle buizen die concentrisch in elkaar zijn geschoven en waar een dielectricum de tussenliggende ruimte vult. De buizen zijn aanvankelijk aangesloten aan een spanningsbron maar worden afgekoppeld nadat ze zijn opgeladen. Daarna wordt de ruimte binnen de binnenste cilinder ook gevuld met een dielectricum. Randeffecten mogen worden verwaarloosd. Is de potentiaal tussen de condensator platen na het vullen gedaald/gestegen/gelijk gebleven? Waarom/waarom niet?

8 pt

2. Beschouw een serie holle bollen met straal R, 2R, 3R, 4R enz. met hetzelfde middelpunt (oorsprong van assenstelsel). Alle bollen hebben dezelfde totale positieve lading (Q) homogeen verspreid over hun oppervlak. Stel dat in een aanvankelijk lege ruimte de bollen een voor een worden aangebracht, te beginnen met de kleinste. De toevoeging van iedere volgende bol betekent een volgende term voor de potentiaal in de oorsprong (t.o.v. oneindig). Hoe ziet die reeks ontwikkeling van de potentiaal er uit?

8 pt

3. Zijn de volgende stellingen **waar** of **niet waar** en waarom, Geef een toelichting van minimaal 1 en maximaal 5 zinnen.

- ***a.*** Electrische veldlijnen lopen van positieve naar negatieve lading.
- ***b.*** De totale magnetische flux door een oppervlak wordt bepaald door de vorm van het oppervlak EN door stroom die het oppervlak omsluit.
- ***c.*** Als binnen een gesloten oppervlak evenveel positieve als negatieve lading aanwezig is dan is de electrische flux door elk deel van het oppervlak nul.
- ***d.*** Bij de overgang tussen een dielectricum (zonder vrije lading) en vacuüm moeten de lijnen van het **D**-veld continu zijn.
- ***e.*** Twee parallelle draden met stroom in dezelfde richting trekken elkaar aan.
- ***f.*** Twee stroomvoerende en kruisende draden op afstand *a* van elkaar oefenen geen kracht, maar wel een moment op elkaar uit.
- ***g.*** Als een gesloten lus van een geleider met een vaste vorm (cirkel) wordt bewogen door een inhomogeen magnetisch veld dan zal er een stroom door de lus gaan lopen.
- ***h.*** In een ruimte met 4 puntladingen die niet in hetzelfde vlak liggen is er geen enkel gesloten equipotentiaalvlak te vinden dat slechts enkele van de ladingen bevat.

8 pt

4. Schets het magnetisch veld in een dikke torroïdale spoel met een vierkante doorsnede (schets verschillende doorsneden, kies zelf de relevante doorsneden, denk aan richting en amplitude van het veld).

Rekenvragen:

- Lees de vragen goed door alvorens met het oplossen te beginnen.
- Maak schetsen van de situatie zoals deze in de tekst wordt voorgesteld
- Teken alle relevante grootheden in de schets.
- Begin elke vraag op een nieuwe pagina.

---

20 pt

1. Beschouw een massieve oneindig lange draad gecentreerd op de z-as met een diameter van 0.02m(2 cm dus) waarin de stroomdichtheid gegeven wordt door $\mathbf{j}_{(r,j,z)}(r)=\left(0,0,25000\cdot r^2\right)\hat{\mathbf{e}}_z\left[\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{m}^2}\right]$(de stroom is volledig langs de *z*-as gericht). De relatieve magnetische permeabiliteit $m_r=100$.

a. Bereken de totale stroom door de draad

b. Bereken de richting en grootte van het magnetische veld (**H**) en de magnetische inductie (**B**) als functie van de straal *r* binnen in de draad.

c. Bereken de grootte en richting van **B** en **H** buiten de draad.

Nu wordt een holle mantel concentrisch om de draad heen geschoven (evenwijdig aan de draad). De mantel heeft eveneens een relatieve permeabiliteit m_r van 100 maar er loopt geen vrije stroom doorheen. De mantel heeft een binnendiameter van 0.05 m en een buitendiameter van 0.06 m.

d. Bereken het veld **B** net binnen en buiten het binnenoppervlak en het buitenoppervlak van de mantel

e. Bereken de gebonden stroom op het binnen- en buitenoppervlak.

15 pt

2. beschouw een bolvormige ruimteladingsdichtheidverdeling $r(r,J,j)$ voor $r<R$.

a. Geef twee functies voor de ruimteladingsdichtheidverdeling (met een verschillende afhankelijkheid van ten minste één van de variabelen) die op elk punt buiten de bol ($r>R$) een veld genereren dat te vervangen is door een puntlading in het centrum van de bol. Geef daarbij aan welke keuze is gemaakt en motiveer uw antwoord.

b. Geef een functie voor een ruimteladingsdichtheidverdeling die een veld in de bol genereert dat lineair toeneemt met *r*, waarbij *r* de coördinaat is waarvan de oorsprong samenvalt met het centrum van de bolvormige ruimteladingsdichtheidverdeling.

Neem nu voor de ruimteladingsdichtheidverdeling de functie:

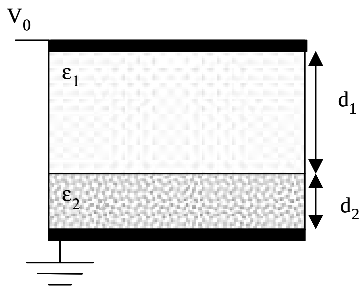
$$r(r,J,j)=\left|\sin(2\cdot J)\right|$$

c. Bereken het E-veld (grootte en richting) voor een punt buiten de ladingsverdeling ($r>R$) in het vlak $J=\frac{p}{2}$.

d. Bereken de potentiaal voor hetzelfde punt buiten de ladingsverdeling ten opzichte van de potentiaal in oneindig.

15 pt

3. Beschouw een condensator gevuld met twee verschillende diëlectrische materialen. De condensator bestaat uit twee metalen platen op een afstand d_0. Die afstand is gevuld met twee lagen van verschillende materialen met diktes d_1 en d_2. Beide materialen zijn *niet* geleidend, de diëlectrische constanten zijn ε_1 en ε_2. De condensator is aangesloten is op een spanningsbron met spanning V_0.

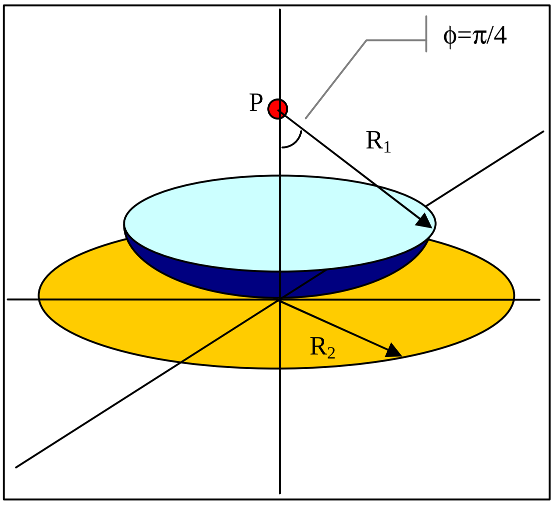


a. Waar zit vrije lading?
b. Waar zit (netto) gebonden lading?
c. Druk het veld in materiaal 1 uit in de gegevens
d. Druk de oppervlakteladingsdichtheid op het grensvlak *tussen de twee materialen* uit in de gegevens

20 pt

4. Beschouw een deel van een bolschil waarvan het oppervlak beschreven kan worden met:

$A = \int_0^{\pi/4} \int_0^{2\pi} R_1^2 \sin(\varphi)\, d\vartheta\, d\varphi$. Zie ook naastgaande figuur. Dit bolschilsegment is bedekt met een oppervlakteladingsdichtheid σ .



a. Bereken het **E**-veld in het centrum van de (denkbeeldig hele) bolschil (punt P).
b. Bereken de potentiaal in dit punt met de potentiaal in het oneindige als referentie.

Indien nu een ronde platte schijf rakend aan het midden van het bolschilsegment wordt geplaatst met dezelfde oppervlakteladingsdichtheid.

c. Hoe groot moet de straal R_2 van de schijf worden gekozen om hetzelfde **E**-veld op afstand R_1 van de schijf te krijgen als dat door het bolschilsegment wordt geproduceerd?
d. Geven de schijf en het bolschilsegment ook dezelfde potentiaal in punt P? Geef een rekenkundig bewijs of een sluitende argumentatie.