



Aanwijzingen

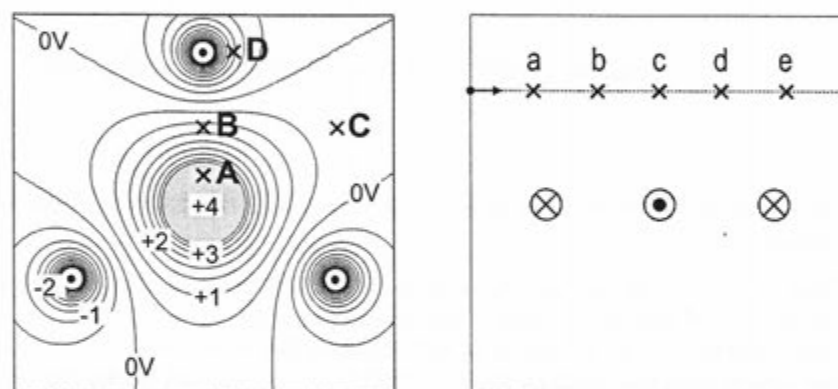
De toets bestaat uit twee delen. Het eerste deel behelst begripsvragen en moet na **60 minuten** worden ingeleverd. De antwoorden op de begripsvragen moeten op een apart vel worden gemaakt. Vergeet niet uw naam, studentnummer en opleiding duidelijk in te vullen.

Het tweede deel van de toets bestaat uit opgaven met wat meer rekenwerk.

Lees voor het beantwoorden de tekst van de opgave eerst helemaal zorgvuldig door.

Het aantal te behalen punten per opgave staat in de hokjes in de kantlijn.

Deel 1: Begripsvragen



Figuur 1: (links) elektrisch potentiaallandschap en (rechts) stroom-voerende draden met bewegend geladen deeltje

1. Het linker gedeelte van figuur 1 stelt het elektrisch potentiaallandschap voor in de buurt van een centrale verdeelde lading die omringd is door 3 identieke puntladingen. Equipotentiaalijnen zijn getekend in stappen van 0.5V (behalve vlakbij de 3 puntladingen, waar ze te dicht op elkaar liggen en weggelaten zijn). De grijze cirkel in het midden is een equipotentiaaloppervlak, alle punten in de cirkel bevinden zich op +4V.

10 pt

- Zijn de 3 identieke puntladingen positief of negatief?
- Beschrijf kwalitatief het elektrische veld in de 4 locaties aangeduid met een kruisje: schik ze in volgorde van toenemende grootte en geef telkens hun richting aan.
(bijvoorbeeld: $E_A(\text{naar rechts}) < E_B(\text{linksonder}) < E_C(\text{onder}) < E_D(\text{rechtsboven})$)

Het rechter gedeelte van figuur 1 stelt 3 stroom-voerende draden voor die loodrecht op het blad staan. Alle draden dragen dezelfde stroom, de middelste het blad uit en de 2 buitenste het blad in. Een positief geladen deeltje doorkruist de tekening over de stippellijn van links naar rechts.

- Neem het rechterplaatje over en teken de veldlijnen van de magnetische inductie **B** erbij (het magneetveld t.g.v. het bewegende deeltje mag worden verwaarloosd).
- Geef in elk van de 5 locaties aangeduid met een kruisje de richting van de **kracht** aan die het deeltje ondervindt t.g.v. de stroom-voerende draden. Neem hierbij aan dat de snelheid van het deeltje nauwelijks beïnvloed wordt en dus hoofdzakelijk van links naar rechts blijft.
(bijvoorbeeld: a) naar boven; b) het blad in; c) naar links; d) geen e) het blad uit.)



2. Hieronder staan 8 stelling. Zijn de stellingen waar of niet waar en waarom? Geef een toelichting van minimaal 1 en maximaal 5 zinnen.

10 pt

- Het elektrische veld van een enkele positieve lading is even sterk als dat van een enkele negatieve lading.
- Zonder gebonden oppervlakte lading is het D veld continu.
- Een condensator van een lagere capaciteit heeft een lagere spanning voor dezelfde lading.
- In een diëlektrisch materiaal is het interne elektrische veld lager dan het externe veld.
- Het elektrische veld binnen een perfecte geleider is altijd nul.
- De totale elektrische flux door het oppervlak van een kubus die een lading omsluit is hetzelfde als de flux door een bol.
- De rotatie van de magnetische vector potentiaal is altijd nul.
- Magnetische veldlijnen moeten altijd sluiten en mogen elkaar snijden.
- De energie in een spoel wordt bepaald door het magnetisch veld.
- De kracht tussen twee platen van een condensator is lineair in de hoeveelheid lading op de platen.

Heb je overal een (paar zinnen) uitleg bij?

3. Stel dat er een lading Q aanwezig is in het centrum van een bol met een dikke metalen wand (zonder netto vrije lading).

8 pt

- Teken een doorsnede (xy vlak) en teken daarin de veldverdeling binnen en buiten de bol.
- Stel dat de helft van de bol wordt weggesneden (de onderste helft, $y < 0$). Teken opnieuw een doorsnede en de veldverdeling binnen en buiten de bol.
- Hoe verandert de functie $|E(r)|$ als de puntlading wordt uitgerekt tot een lijn (langs x) en de halve bol wordt uitgerekt tot een halve cilinder (langs x).

4. Gegeven een magnetische inductie \mathbf{B} die wordt gegeven door $B = B_\phi \hat{\phi}$ and $B_\phi = B_0 \frac{s_0}{s}$

10 pt

- Schets de veldverdeling (kies zelf een relevant aanzicht) en schets (in een grafiek) het verloop van $|\mathbf{B}|$ als functie van s .
- Bereken de magnetische vector potentiaal \mathbf{A} .
- Schets \mathbf{A} en het verloop van $|\mathbf{A}|$.



Deel 2: 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.

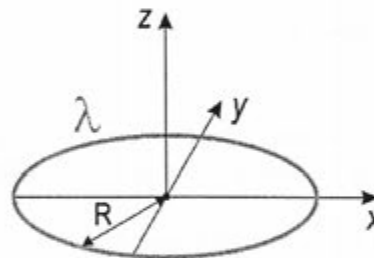
5. Een ring met straal R draagt een uniforme ladingsdichtheid λ [C/m]. Neem het vlak van de ring als xy -vlak en neem zijn middelpunt als oorsprong van je coördinatenstelsel (zie figuur 3).

20 pt

- a. Toon aan dat de grootte van het elektrische veld E op de z -as (dus loodrecht boven het middelpunt van de ring) kan geschreven worden als

$$E(z) = \frac{R\lambda}{2\epsilon_0} \frac{z}{(R^2 + z^2)^{3/2}}.$$

- b. Waartoe herleidt bovenstaande uitdrukking zich wanneer $z \gg R$? Verwachtte je dit? Waarom?
- c. We kiezen de elektrische potentiaal $V(z)$ op de z -as nul voor $z \rightarrow \infty$. Wat is dan de potentiaal in het centrum van de ring, m.a.w. bij $z = 0$?



Figuur 3: Elektrisch veld en potentiaal boven het centrum van een geladen ring?

6. De ruimte tussen de platen van een vlakke condensator wordt geheel gevuld met twee homogene lagen isolerend materiaal. De diktes van deze lagen zijn d_1 en d_2 , de diëlektrische constanten zijn ϵ_{r1} en ϵ_{r2} waarbij $\epsilon_{r1} < \epsilon_{r2}$. Er staat een spanning V over de condensator.

20 pt

- a. Schets een doorsnede van de condensator en duidt daarin de locatie van alle lading aan (vrije én gebonden).
- b. Schets ook het E - en D -veld in elke laag en let daarbij op de (relatieve) grootte van de vectoren in de verschillende stukken.
- c. Bereken de E en D velden in de verschillende stukken (uitdrukken in V , d en ϵ)
- d. Bereken de netto gebonden lading tussen de twee diëlektrica.
- e. Bewijs dat de capaciteit van de condensator wordt gegeven door

$$C = A\epsilon_0 \frac{\epsilon_{r1}\epsilon_{r2}}{\epsilon_{r1}d_2 + \epsilon_{r2}d_1},$$

waarbij A het oppervlak van de platen is.



7. Een lange, dunne spoel met straal a heeft n windingen per lengte-eenheid en draagt een stroom $I_{\text{spoel}} = I_0$. Om de spoel heen zit een enkele gesloten draadlus met daarin een weerstand R (figuur 2). Op het tijdstip $t = 0$ begint men I_{spoel} met een constant tempo terug naar nul te regelen. Na een tijd t_0 is I_{spoel} nul:

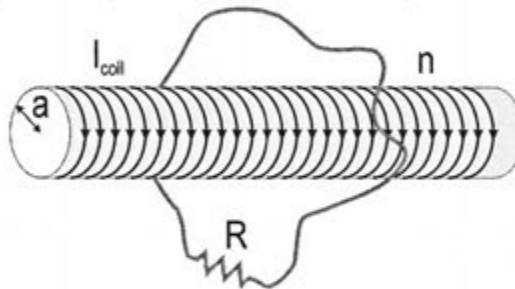
7 pt

$$I_{\text{spoel}}(t) = I_0 \quad (t \leq 0)$$

$$I_{\text{spoel}}(t) = I_0 \left(1 - \frac{t}{t_0} \right) \quad (0 \leq t \leq t_0)$$

$$I_{\text{spoel}}(t) = 0 \quad (t_0 \leq t)$$

- Hoe groot is tijdens het afregelen van I_{spoel} de geïnduceerde stroom I_{lus} in de draadlus? In het aanzicht van figuur 2, loopt I_{lus} van achter naar voor of van voor naar achter?
- Hoeveel warmte U [J] wordt er tijdens het afregelen van de spoel in de weerstand gedumpt?



Figuur 2: lange spoel met omsluitende draadlus.

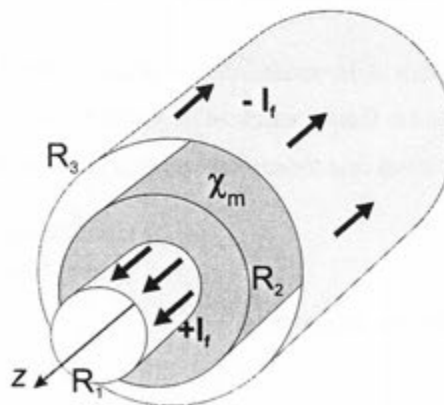
8. We beschouwen een lange coaxiale geleiders met een magnetiseerbare tussenmantel (figuur 4). De geleiders worden voorgesteld als 2 oneindig lange dunwandige metalen cilinders gecentreerd omheen de z -as, met als stralen R_1 resp. R_3 .

De binnenste cilinder draagt een uniform verdeelde netto stroom I_f in de z -richting en diezelfde netto stroom keert uniform verdeeld terug over de buitenste geleider.

Strak om de binnenste heen geleider zit een dikke mantel (met binnenstraal R_1 en buitenstraal $R_2 < R_3$) met een homogene magnetische susceptibiliteit $\chi_m > 0$.

15 pt

- Bepaal overal in de ruimte (dus voor $0 < s < R_1$; voor $R_1 < s < R_2$; voor $R_2 < s < R_3$ en voor $R_3 < s$) de magnetische veldsterkte \mathbf{H} . Geef zowel de grootte als de richting.
- Bepaal alle gebonden oppervlakte- en volume-stromen \mathbf{K}_B en \mathbf{J}_B . Geef duidelijk aan waar ze lopen en geef weer zowel grootte als richting. Hoe groot is de netto totale gebonden stroom in de z -richting?
- Geef overal in de ruimte de magnetische inductie \mathbf{B} (eens temeer zowel grootte als richting).



Figuur 4: Coaxiale geleiders met magnetiseerbare tussenmantel.