

Hertentamen Elektromagnetisme I, 5 aug 2003, 10.00 – 13.00 uur

Opmerkingen:

- U moet eerst deel A (laatste pagina) van dit tentamen maken, zonder hulp. Geef elk goed antwoord duidelijk aan. U moet deel A inleveren na 30 minuten.
- Daarna krijgt u 120 minuten voor deel B (5 vraagstukken); U mag uw boek (Griffiths) bij deel B van dit tentamen gebruiken; geen aantekeningen of uitwerkingen van vraagstukken.
- Schrijf duidelijk, en leg uit wat u doet en waarom. Werk zorgvuldig.
- Vergeet niet uw naam op ieder vel papier.
- Geef niet alleen een antwoord, ook argumenten of berekeningen.
- Vergeet niet de eenheden en/of de richting als dat van toepassing is.

DEEL B:

OPGAVE 1: Verband \mathbf{E} en ρ .

a. Als het elektrisch veld in een bepaald gedeelte van de ruimte gegeven wordt (in bolcoördinaten)

door de formule $\vec{E}(\vec{r}) = \frac{A\hat{r} + B \sin\theta \cos\phi \hat{\phi}}{r}$, met A en B constanten, wat is dan de ladingsdichtheid $\rho(\mathbf{r})$ in dat gebied?

b. Bepaal uit de uitdrukking voor het elektrische veld van een dipool,

$\vec{E}_{dip}(r, \theta) = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} (2\cos\theta \hat{r} + \sin\theta \hat{\theta})$, de ladingsverdeling $\rho(\vec{r})$. Bespreek het resultaat.

OPGAVE 2: De coaxiaal kabel

Een coaxiaal kabel bestaat uit een massieve cilindrische binnengeleider (straal a), omringd door een cilindrische holle buitengeleider, met binnenstraal 3a en buitenstraal 4a.

De binnengeleider heeft een positieve lading $+\lambda$ per lengte-eenheid, de buitengeleider een tegengestelde lading, $-\lambda$ per lengte-eenheid. U mag de kabel oneindig lang denken.

- Geef de grootte en richting van het elektrische veld \mathbf{E} binnen en buiten de geleiders.
- Maak een grafiek van de waarde van E als functie van r.
- Geef ook de elektrische potentiaal $V(r)$.
- Bereken de capaciteit C per lengte-eenheid.

OPGAVE 3: Geladen bol in diëlektrisch materiaal

Beschouw een bol met straal a en een ladingsdichtheid $\rho=k/r$ (k een positieve constante), omringd door een laag diëlektrisch materiaal van straal a tot straal b, met susceptibiliteit χ_e .

- Geef de uitdrukkingen voor het elektrische veld E, de diëlektrische verplaatsing D, en de polarisatie P binnen en buiten de bol.
- Geef de uitdrukking voor de potentiaal binnen en buiten de bol, met de randvoorwaarde dat $V=0$ in het oneindige. Schets de waarde van de potentiaal als functie van r, en geef de waarde in het middelpunt.
- Bereken de elektrische energie in het diëlektrisch materiaal.

ZOZ voor opgave 4 en 5.

OPGAVE 4: Dipool in magnetisch veld

Beschouw een magnetische dipool $\vec{m} = m_0 \hat{z}$, geplaatst in de oorsprong van een ruimte, waar al een homogeen magnetisch veld $\vec{B} = -B_0 \hat{z}$ aanwezig is (B_0 en m_0 zijn positieve constanten)

- Geef de uitdrukking voor het totaal magnetisch veld $\vec{B}(r, \theta, \phi)$ in bolcoördinaten.
- Maak een schets van het veldlijnenpatroon.
- Toon aan dat er een bolvormig oppervlak is, met de oorsprong als middelpunt, waarvoor geldt dat het niet doorsneden wordt door magnetische veldlijnen.
- Geef de straal van dat bolvormig oppervlak, uitgedrukt in B_0 en m_0 (u kunt dit berekenen zelfs als u deel c. niet kunt oplossen).
- Denkt u dat een dergelijke constructie ook mogelijk is voor een elektrische dipool in een homogeen elektrisch veld, en waarom?

OPGAVE 5: Magnetisch materiaal in solenoïde

Een homogeen preparaat bevindt zich midden in een rechte spoel (solenoïde), die als oneindig lang beschouwd mag worden. Het bolvormig preparaat heeft een diameter van 2 mm, en de binnendiameter van de spoel is 3 mm. De spoel heeft 100 wikkelingen per cm, en de stroom door de spoel is 2 A.

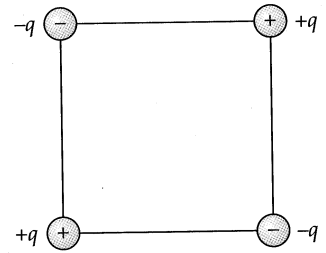
- Bereken het magnetisch veld \mathbf{B} , en het \mathbf{H} -veld in de spoel, ver buiten het preparaat. Geef de richting aan.
- Gemeten wordt dat het magnetisch dipoolmoment van het preparaat $\mathbf{m} = 2.50 \cdot 10^{-4} \text{ Am}^2$, evenwijdig aan het magnetisch veld in de spoel. Bereken het magnetisch veld \mathbf{B} , het \mathbf{H} -veld, en de magnetische susceptibiliteit χ_m binnenin het preparaat.
- Hoe kan het materiaal, in magnetische zin, geclassificeerd worden?

EINDE DEEL B

NAAM:

DEEL A: U moet dit deel eerst maken. Omcirkel elk goed deelantwoord. Na 30 min dit vel inleveren.

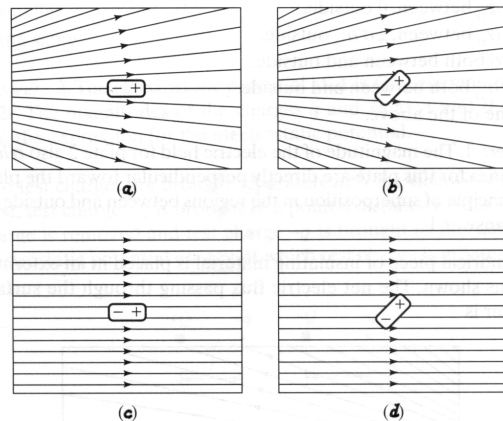
- Als vier ladingen geplaatst worden op de hoekpunten van een vierkant, als aangegeven in de figuur, is het elektrisch veld $\mathbf{E} = 0$ op
 - alle midpunten op de ribben (midden tussen elke twee ladingen op een zijkant)
 - het middenpunt van het vierkant
 - midden tussen de twee bovenste ladingen en midden tussen de twee onderste ladingen
 - nergens, behalve in het oneindige



- Geef aan welke van de volgende bewering(en) waar is (zijn):
 - Het elektrische veld van een puntlading is altijd van die lading af gericht
 - Alle macroscopische ladingen Q kunnen geschreven worden als $Q = \pm Ne$, waarbij N een geheel getal is, en e de lading van het elektron.
 - Elektrische veldlijnen divergeren nooit vanuit een punt in de ruimte
 - Elektrische veldlijnen kunnen elkaar nooit snijden in een punt in de ruimte
 - Alle moleculen hebben een elektrisch dipoolmoment in de aanwezigheid van een elektrisch veld.

3. Een neutrale elektrische dipool wordt geplaatst in een extern veld. In welke van de hieronder aangegeven situaties is de resulterende (netto) kracht op de dipool gelijk aan nul?

- a
- c
- b en d
- a en c
- c en d
- een andere combinatie
- geen van alle



4. Een lithium kern en een alpha-deeltje zijn in rust. De lithium kern heeft een lading $+3e$ en een massa van $7u$ (u is de eenheid van atomaire massa); het alpha-deeltje heeft een lading $+2e$ en een massa van $4u$.

Welke methode(s) versnelt (versnellen) beide deeltjes tot dezelfde kinetische energie?

- Versnelling van de deeltjes met hetzelfde elektrische potentiaal verschil.
- Versnel alpha-deeltje met spanning V , en de lithium kern met spanning $2/3 V$.
- Versnel het alpha-deeltje met een spanning V , en de lithium kern met spanning $7/4 V$.
- Versnel het alpha-deeltje met spanning V , en de lithium kern met spanning $(2 \times 7)/(3 \times 4) V$.
- Geen enkel antwoord is goed.

5. Een ${}^7\text{Li}$ kern met een lading van $+3e$ en een massa $7 u$ ($1 u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$) en een proton met lading $+e$ en massa $1 u$ bewegen beide in een vlak loodrecht op een magneetveld \mathbf{B} . De twee deeltjes hebben dezelfde impuls. De verhouding van de straal van de baan van het proton, R_p , en de straal van de baan van de lithium kern, R_{Li} , wordt gegeven door

- $R_p / R_{\text{Li}} = 3$
- $R_p / R_{\text{Li}} = 1/3$
- $R_p / R_{\text{Li}} = 1/7$
- $R_p / R_{\text{Li}} = 3/7$
- $R_p / R_{\text{Li}} = 3$

6. Wanneer een bepaalde condensator is verbonden met een 100 V spanningsbron, is de opgeslagen energie gelijk aan U . Veronderstel nu dat twee identieke condensatoren in serie met de 100 V spanningsbron verbonden worden. Wat is nu de totaal opgeslagen energie?

- a. $4U$
- b. $2U$
- c. U
- d. $U/2$
- e. $U/4$

7. Een vlakke plaat condensator is verbonden aan een accu, die een konstant spanningsverschil V tussen de platen in stand houdt. Terwijl de accu verbonden is, wordt een glazen plaat aangebracht zodanig dat de ruimte tussen de condensatorplaten precies opgevuld is. Door dit aanbrengen van de glazen plaat wordt de opgeslagen energie

- a. groter
- b. kleiner
- c. niet veranderd.

8. Geef aan welke bewering(en) waar is (zijn):

- a. De magnetische kracht op een bewegend geladen deeltje is altijd loodrecht op de snelheid van het deeltje.
- b. De magnetische kracht op een deeltje geeft geen versnelling omdat de kracht loodrecht staat op de snelheid van het deeltje.
- c. Het koppel (krachtmoment) op een magneet wil het magnetisch moment oriënteren in de richting van het magnetisch veld.
- d. Een stroomkring in een uniform magnetisch veld gedraagt zich als een kleine magneet.
- e. Wanneer een deeltje in een cirkelbeweging in een magneetveld beweegt, is de periode evenredig met de straal van de cirkel.

9. Een lange rechte draad ligt langs de x -as en draagt een stroom van elektronen die in de positieve x -richting bewegen. Het magneetveld ten gevolge van deze stroom is ter plaatse van punt P op de negatieve y -as in de richting gegeven door

- a. $+x$
- b. $-x$
- c. $+y$
- d. $-y$
- e. $+z$
- f. $-z$

10. Geef aan welke bewering(en) waar is (zijn):

- a. Het magnetisch veld van een stroom-elementje is evenwijdig aan dat stroom-element.
- b. Het magnetisch veld van een stroom-element verandert omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tot het stroom-element.
- c. Het magnetisch veld van een lange rechte draad verandert omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tot de draad.
- d. De Wet van Ampere geldt alleen als er voldoende symmetrie aanwezig is.