

Tentamen Elektromagnetisme I, 30 juni 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:

1. Beschouw de situatie van een elektrisch veld dat in bol-coördinaten gegeven wordt door $\mathbf{E} = ar^3\hat{r}$, met a een constante.
 - a. Wat is de ladingsdichtheid ρ waardoor dit elektrisch veld opgewekt wordt?
 - b. Bereken de totale lading in een bol met straal R en de oorsprong als middelpunt.
2. Beschouw een bol met straal R en een ladingsdichtheid $\rho = kr$ (k is een constante).
 - a. Geef de uitdrukking voor het elektrische veld binnen en buiten de bol.
 - b. Geef de uitdrukking voor de potentiaal binnen en buiten de bol.
 - c. Schets de grootte van de potentiaal als functie van de afstand tot het middelpunt van de bol.
 - d. Laat zien dat de potentiaal voor $r > R$ gelijk is aan de potentiaal van een puntlading Q , en geef de waarde van Q .
 - e. Bereken de elektrische energie van deze ladingsconfiguratie (in k en R). U kunt dit eventueel op twee manieren doen.
3. Beschouw een zuivere (ofwel mathematische) elektrische dipool $\mathbf{p} = p\hat{z}$ in de oorsprong.
 - a. Wat is de kracht van de dipool op een puntlading q in het punt $(a,0,0)$?
 - b. Wat is de kracht van de dipool op een puntlading q in het punt $(0,0,a)$?
 - c. Hoeveel arbeid kost het om de puntlading q te verplaatsen van $(a,0,0)$ naar $(0,0,a)$?
 - d. Wat is de kracht van een puntlading q in het punt $(a,0,0)$ op de dipool (nog in de oorsprong)?
4. Beschouw een massieve oneindig lange cilinder met straal R , waardoor evenwijdig aan de as van de cilinder een stroom I loopt, waarbij de grootte van de stroomdichtheid \mathbf{J} gelijk is aan bs , met s de afstand tot de as van de cilinder en b een constante. Het materiaal van de cilinder is homogeen en heeft een magnetische susceptibiliteit χ_m . Het materiaal mag als een lineair medium worden beschouwd.
 - a. Geef de uitdrukking voor het hulpveld \mathbf{H} binnen en buiten de cilinder.
 - b. Geef de uitdrukking voor het magnetische veld \mathbf{B} binnen en buiten de cilinder.
 - c. Geef de uitdrukking voor de magnetisatie \mathbf{M} in de cilinder.
 - d. Geef de uitdrukking voor de gebonden volume-stroomdichtheid \mathbf{J}_b .
 - e. Geef de uitdrukking voor de gebonden oppervlakte-stroomdichtheid \mathbf{K}_b .
 - f. Maak een schets met daarin de verschillende vectoren/vectorvelden.

ZOZ voor opgave 5.

5. Beschouw een cirkelvormige stroomkring (straal R) waar een stroom I door loopt. Op een afstand R loodrecht boven het middelpunt bevindt zich een klein (zeer klein t.o.v. R) bolvormig preparaat. Het preparaat heeft een permanent magnetisch moment \mathbf{m} , gericht naar het middelpunt van de cirkelvormige geleider.

a. Schets een grafiek van de kracht F uitgeoefend op het preparaat als functie van de stroom I door de draad.

Het permanent gemagnetiseerde preparaat wordt nu vervangen door een preparaat, dat paramagnetisch is, d.w.z. magnetiseerbaar met \mathbf{m} evenredig aan \mathbf{H} .

b. Schets opnieuw een grafiek van de kracht F uitgeoefend op het preparaat als functie van de stroom I door de draad.

Einde deel B.

Deel A: U moet dit deel eerst maken. Omcirkel elk goed (deel)antwoord.

1. Twee puntladingen met gelijke grootte maar tegengesteld teken bevinden zich op de x-as, $+Q$ op het punt $x = -a$ en $-Q$ op het punt $x = +a$. In de oorsprong geldt dan voor elektrisch veld en potentiaal
 - a. $E = 0$ en $V = 0$
 - b. $E = 0$ en $V = Q/2\pi\epsilon_0 a$
 - c. $\mathbf{E} = (Q/2\pi\epsilon_0 a^2) \hat{x}$ en $V = 0$
 - d. $\mathbf{E} = (Q/2\pi\epsilon_0 a^2) \hat{x}$ en $V = Q/2\pi\epsilon_0 a$
 - e. geen van bovenstaande 4 is correct

2. Een geleidende bolschil met dikte d bevat een puntlading $-Q$. Als de bolschil verbonden is met aarde, welke van de volgende beweringen is dan waar:
 - a. De lading op het binnenoppervlak van de bolschil is $+Q$, en de lading op het buitenoppervlak is $-Q$.
 - b. De lading op het binnenoppervlak van de bolschil is $+Q$, en de lading op het buitenoppervlak nul.
 - c. De lading op beide oppervlakken van de bolschil is $+Q$.
 - d. De lading op beide oppervlakken van de bolschil is nul.

3. Twee geleidende bollen zijn verbonden met een koperdraad. De straal R van de eerste bol is driemaal zo groot als de straal van de tweede bol: $R = 3r$. Op de grote bol wordt dan een lading Q aangebracht. Nadat evenwicht ontstaan is, welke van de volgende beweringen beschrijft dan korrekt de verhouding van de elektrische velden vlakbij het oppervlak van de bollen?
 - a. Elektrisch veld aan oppervlak van grote bol is groter dan bij kleine bol
 - b. Elektrisch veld aan oppervlak van grote bol is kleiner dan bij kleine bol
 - c. Elektrisch veld aan oppervlak van grote bol is hetzelfde als bij kleine bol

4. Geef aan welke van de volgende beweringen waar is (zijn):
 - a. Als het elektrische veld nul in een bepaald gebied van de ruimte, moet ook de elektrische potentiaal daar gelijk aan nul zijn
 - b. Als de elektrische potentiaal nul is in een bepaald gebied van de ruimte, moet het elektrische veld ook nul zijn in dat gebied
 - c. Als de elektrische potentiaal nul is in een bepaald punt, moet het elektrische veld ook nul zijn in dat punt
 - d. Elektrische veldlijnen zijn altijd gericht naar gebieden met een lagere potentiaal
 - e. De waarde van de elektrische potentiaal kan gelijk aan nul gekozen worden in elk punt, waar dat handig is
 - f. Elektrostatisch is het oppervlak van een geleider een equipotentiaal vlak

5. Beschouw een eenvoudige vlakke plaat-condensator, waarvan de platen op een afstand d van elkaar zijn, en gelijke maar tegengestelde lading hebben. De platen worden nu uit elkaar getrokken tot een afstand $D > d$. De elektrostatische energie opgeslagen in de condensator is nu
 - a. groter dan
 - b. hetzelfde als
 - c. kleiner danvoor het vergroten van de afstand.

6. Een dielektrisch materiaal bevindt zich tussen de platen van een condensator. Het systeem wordt opgeladen en dan wordt het dielektrisch materiaal verwijderd. De elektrostatische energie opgeslagen in de condensator is nu

- a. groter dan
- b. hetzelfde als
- c. kleiner dan

wanneer het dielektricum op zijn plaats gebleven was.

7. Twee ladingen q en Q bewegen met een bepaalde snelheid ten opzichte van een vast assenstelsel.

De magnetische kracht op q ten gevolge van Q is

- a. loodrecht op de snelheid van q en hangt alleen van de snelheid van Q af.
- b. loodrecht op de snelheid van q en hangt zowel van de snelheid van q als van de snelheid van Q af
- c. loodrecht op de snelheid van Q en alleen afhankelijk van de snelheid van q
- d. loodrecht op de snelheid van Q en afhankelijk van zowel de snelheid van Q als van de snelheid van q

8. Een bol met straal R wordt geplaatst vlak naast een lange, rechte draad die een stationaire stroom I draagt. De stroom genereert een magnetisch veld B . De totale magnetische flux door de bol is gelijk aan

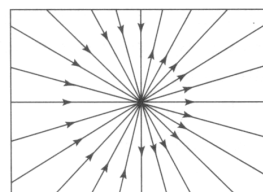
- a. $\mu_0 I$
- b. $\mu_0 I / 4\pi R^2$
- c. $4\pi R^2 \mu_0 I$
- d. nul
- e. meer informatie is nodig

9. Als de magnetische susceptibiliteit positief is,

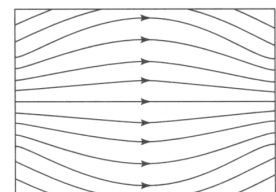
- a. zijn de paramagnetische of ferromagnetische effecten sterker dan de diamagnetische effecten
- b. zijn de diamagnetische effecten sterker dan de paramagnetische effecten.
- c. zijn de diamagnetische effecten sterker dan de ferromagnetische effecten.
- d. zijn de ferromagnetische effecten sterker dan de paramagnetische effecten.

10. Kijk eens goed naar de vier veldlijnpatronen hieronder. Aangenomen dat er geen ladingen in de hier getoonde gebieden zijn, welk van de patronen representeert (representeren) een mogelijk elektrostatisch veld?

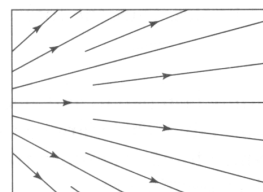
- 1. a
- 2. b
- 3. b en d
- 4. a en c
- 5. b en c
- 6. een andere combinatie
- 7. geen van alle



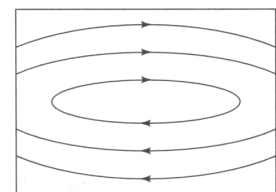
(a)



(b)



(c)



(d)