

Tentamen Elektromagnetisme I, 28 juni 2004, 14.00 – 17.00 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 een A4 vel met formules gebruiken bij deel B.
- 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 V , E en ρ (4 punten)

De elektrische potentiaal van een ladingsverdeling wordt gegeven door de uitdrukking

$$V(\vec{r}) = A \frac{e^{-\lambda r}}{r}, \text{ waarbij } A \text{ en } \lambda \text{ constanten zijn. } r \text{ is de lengte van } \vec{r}.$$

Bereken het elektrische veld $E(r)$, de ladingsdichtheid $\rho(r)$, en de totale lading Q .

OPGAVE 2: De elektrische dipool (4 punten)

Een elektrische dipool p bevindt zich op een afstand r van een puntlading q . De richting van p is zodanig dat p een hoek θ maakt met de vector r van q naar p .

- Wat is de kracht op p ?
- Wat is de kracht op q ?

Let goed op tekens en richting, en be-argumenteer waar gewenst.

OPGAVE 3: Elektrische polarisatie (5 punten)

Een dikke bolschil (binnenstraal a , buitenstraal b) is gemaakt van elektrisch gepolariseerd diëlektrisch materiaal met polarisatie

$$\vec{P}(\vec{r}) = \frac{k}{r} \hat{r}, \text{ waarbij } k \text{ een constante is, en } r \text{ de afstand tot het middelpunt van de bolschil (er is}$$

geen vrije lading).

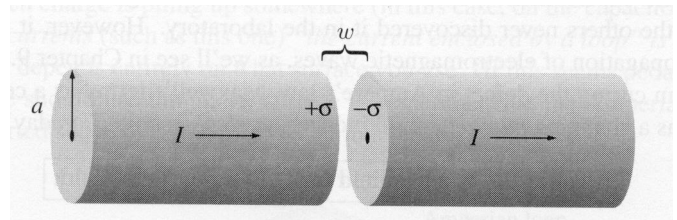
- Bepaal alle gebonden lading, en leg uit waar die zich bevindt.
- Bereken het elektrische veld in de 3 gebieden (binnen, in en buiten de bolschil).

OPGAVE 4: Lange rechte spoel (6 punten)

- Be-argumenteer en bereken waar mogelijk wat het magnetisch veld B (grootte en richting) is binnen en buiten een zeer lange rechte spoel met lengte l , aantal wikkelingen N , en straal a . Neem aan $l \gg a$. Door de spoel gaat een stroom I .
- Be-argumenteer en bereken wat de magnetische vectorpotentiaal A is binnen en buiten deze spoel.
- Be-argumenteer wat er gebeurt met de magnetische energie van de spoel wanneer de spoel geheel gevuld wordt met paramagnetisch materiaal met susceptibiliteit $\chi_m = 10^{-2}$, onder de aanname dat het magnetisch veld B in de spoel hetzelfde gehouden wordt. Leg uit of en hoe het magnetisch veld B in de spoel gelijk gehouden kan worden.

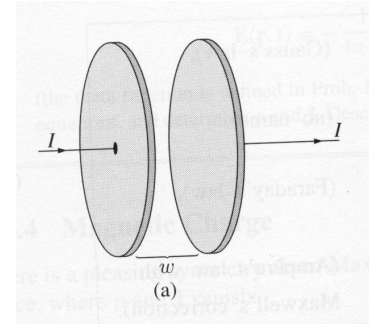
OPGAVE 5: Verplaatsingsstroom (5 punten)

Een dikke draad, met straal a , voert een constante stroom I , die uniform over de draaddoorsnede verdeeld is. Een smalle spleet in de draad, met breedte $w \ll a$, vormt een condensator, zie figuur hiernaast.



a. Geef het magnetisch veld in de spleet, als functie van de afstand $s < a$ vanaf de as van de draad.

Een meer realistisch model voor het opladen van een condensator is hieronder geschetst, waar dunne draden verbonden zijn naar het centrum van de condensatorplaten. Opnieuw is de stroom I constant, de straal van de condensatorplaat is a , en de plaatafstand is $w \ll a$. Neem aan dat de stroom vanaf het centrum zich zodanig over de plaat verdeelt, dat de oppervlaktelading uniform is op elk tijdstip t , en gelijk aan nul op $t = 0$.



- b. Geef het elektrisch veld tussen de platen, als functie van t .
- c. Geef de verplaatsingsstroom door een cirkel met straal s in het vlak midden tussen de condensatorplaten. Gebruik deze om het magnetisch veld te berekenen op een afstand s van de as van de draad.

EINDE DEEL B

NAAM:

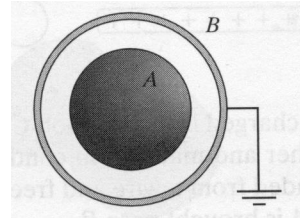
DEEL A: U moet dit deel eerst maken. Omcirkel **elk goed** deelantwoord. Na 30 min dit vel inleveren.

(5 punten)

1. In de figuur hiernaast is A een massieve geleidende bol, en B een concentrische geleidende bolschil. A is positief geladen, en B is ge-aard.

Geef dan aan welke bewering(en) correct is(zijn).

- Er is een elektrisch veld buiten B
- Er is een elektrisch veld binnen A
- Er is een elektrisch veld tussen A en B
- Er is nergens een elektrisch veld.



2. Geef aan welke van de volgende bewering(en) waar is (zijn):

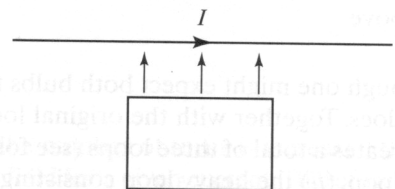
- Het elektrische veld van een puntlading is altijd van die lading af gericht.
- Elektrische veldlijnen divergeren nooit vanuit een punt in de ruimte
- Elektrische veldlijnen kunnen elkaar nooit snijden in een punt in de ruimte
- Alle moleculen hebben een elektrisch dipoolmoment in de aanwezigheid van een elektrisch veld.
- Als het elektrische veld nul is in een bepaald gebied van de ruimte, moet ook de elektrische potentiaal daar gelijk aan nul zijn
- Als de potentiaal nul is in een bepaald gebied in de ruimte, moet ook het elektrische veld daar gelijk aan nul zijn

3. Twee ge-isoleerde geleidende bollen hebben elk een lading Q . De bollen hebben een verschillende straal, zeg R en r , met $R > r$. Dan is de potentiaal aan het oppervlak van bol met straal R

- groter dan de potentiaal aan het oppervlak van bol met straal r .
- kleiner dan de potentiaal aan het oppervlak van bol met straal r .
- gelijk aan de potentiaal aan het oppervlak van bol met straal r .

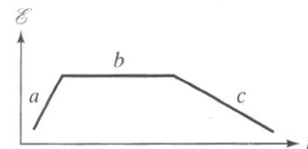
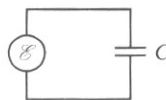
4. Een lange rechte draad heeft een stationaire stroom I . Een rechthoekig draadraam ligt in hetzelfde vlak als de draad, met twee zijden evenwijdig en twee zijden loodrecht op de draad. Wanneer nu het draadraam in de richting van de stroomdraad beweegt, dan is de ge-induceerde stroom in het draadraam

- rechtsom (met de wijzers van de klok mee)
- linksom (tegen de klok in)
- onbekend – er is meer informatie nodig.



5. Een condensator is verbonden met een variabele spanningsbron (emf), met uitgangsspanning als aangegeven. De arbeid die door de spanningsbron verricht wordt gedurende de tijds intervallen a, b en c is achtereenvolgens

- positief, negatief, en nul
- negatief, positief, en nul
- altijd positief
- positief, nul, en negatief
- altijd negatief
- nul, negatief, en nul
- positief, nul, en positief



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. Beschouw een ge-isoleerde vlakke plaatcondensator met elektrode-afstand d . De bovenste elektrode heeft oppervlaktelading $+\sigma$, de onderste $-\sigma$. Nu wordt een metalen plaat met dikte $l < d$ tussen de elektroden geschoven, die geen van beide elektroden raakt. Na het aanbrengen van de metalen plaat is het potentiaalverschil tussen de elektroden

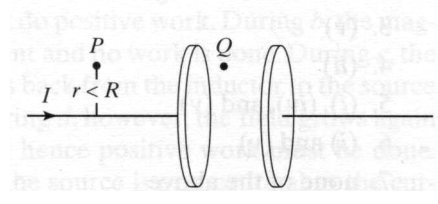
- a. groter geworden.
- b. kleiner geworden.
- c. niet veranderd.

8. Twee identieke cirkelvormige stroomkringen hebben een gelijke stroom i (zie diagram). Welke pijl geeft het best de richting aan van het magnetisch veld in punt P, midden tussen de stroomkringen?



9. Wanneer een condensator wordt opgeladen, is de totale verplaatsingsstroom tussen de elektroden gelijk aan de totale geleidingsstroom I in de draden. De condensatoren in de schets hieronder hebben cirkelvormige elektroden met straal R . De punten P en Q zijn elk op afstand $r < R$ vanaf de hartlijn. Het magnetisch veld in Q is

- a. kleiner dan het veld in P
- b. groter dan het veld in P
- c. gelijk aan het veld in P
- d. onbekend; meer informatie is nodig



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.