

# Hertentamen Elektromagnetisme I, 2 aug 2005, 14.00 – 17.00 uur

## LEES DIT EERST:

- U moet eerst deel A (laatste pagina) van dit tentamen maken, zonder hulp. Geef elk goed antwoord duidelijk aan. U moet deel A inleveren binnen 30 minuten.
- Daarna krijgt u tenminste 150 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.

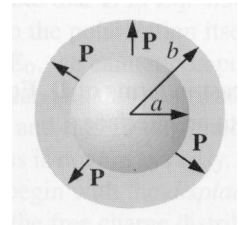
DEEL B: Let op: Vectoren worden aangegeven met vet ( $\mathbf{A}$ ) of met een pijltje ( $\vec{A}$ ).

## OPGAVE 1: Elektrische polarisatie (7 punten)

Een holle dikke bolschil (binnenstraal  $a$ , buitenstraal  $b$ ) is gemaakt van elektrisch gepolariseerd

diëlektrisch materiaal met polarisatie  $\vec{P}(\vec{r}) = \frac{k}{r} \hat{r}$ , waarbij  $k$  een constante is, en  $r$  de afstand tot het middelpunt van de bolschil (er is geen vrije lading).

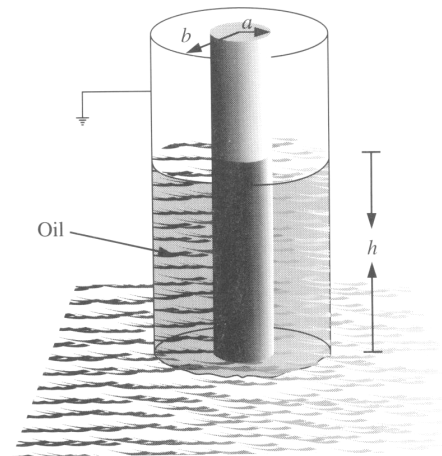
- Bepaal alle gebonden lading ( $\sigma_b$  en  $\rho_b$ ), en leg uit waar die zich bevindt.
- Bepaal de totale lading in de bolschil en bespreek uw resultaat.
- Bereken het elektrische veld  $\mathbf{E}$  in de 3 gebieden (binnen, in en buiten de bolschil).
- Geef ook de diëlektrische verplaatsing  $\mathbf{D}$ .



## OPGAVE 2: Krachten op diëlectrica (7 punten)

Twee lange coaxiale cilindrische metaal buizen (straal van binnengeleider is  $a$ , van buitengeleider is  $b$ ) staan rechtop in een bak met diëlektrische vloeistof (susceptibiliteit  $\chi_e$ , dichtheid  $\rho_m$ ). De binnengeleider is op potentiaal  $V$ , en heeft een lading  $\lambda$  per lengte-eenheid; de buitengeleider is geaard ( $V = 0$ ). Zie de figuur hiernaast.

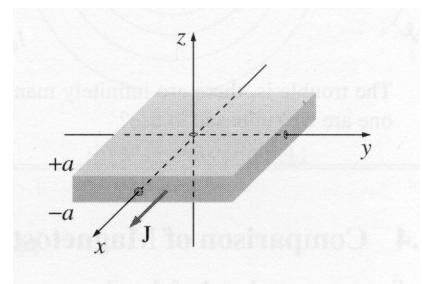
- Bepaal het elektrische veld tussen de geleiders.
- Bepaal de capaciteit van de geleiders.
- Bereken tot welke hoogte  $h$  de vloeistof zal opstijgen in de ruimte tussen de geleiders.



## OPGAVE 3: Magnetisch veld (5 punten)

In een dikke metalen plaat met dikte  $2a$ , van  $z = -a$  tot  $z = +a$ , en met 'oneindige' lengte in  $x$ - en  $y$ -richting, is een stroom met een uniforme stroomdichtheid  $\vec{J} = J\hat{x}$  (zie figuur).

- Bereken het magnetisch veld (grootte en richting) binnen en buiten de plaat.
- Maak een grafiek van de grootte van  $\mathbf{B}$  als functie van  $z$ .



#### OPGAVE 4: Gemagnetiseerde bol (6 punten)

Het elektrische veld  $\mathbf{E}(\mathbf{r})$  van een ladingsverdeling  $\rho(\mathbf{r})$  wordt gegeven door

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{\text{ruimte}} \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \rho(r') d\tau' .$$
 Vergelijk dit met de uitdrukking voor het vectorveld  $\mathbf{A}(\mathbf{r})$  van

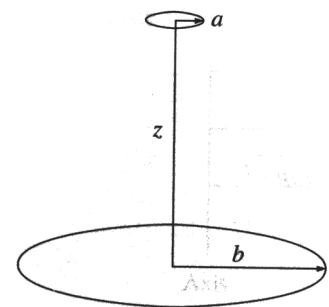
een gemagnetiseerd voorwerp met magnetisatie  $\mathbf{M}(\mathbf{r})$ : 
$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{\text{allspace}} \frac{\vec{M}(\vec{r}') \times (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} d\tau' .$$

Wanneer de ladingsverdeling  $\rho(\mathbf{r})$  en de magnetisatie  $\mathbf{M}(\mathbf{r})$  uniform zijn, hebben beide uitdrukkingen dezelfde integraal. Bereken met behulp van dit inzicht de vector potentiaal  $\mathbf{A}(\mathbf{r})$  van een uniform gemagnetiseerde bol met  $\mathbf{M}(\mathbf{r}) = \mathbf{M}_0$  binnen en buiten die bol.

Bereken daartoe eerst het elektrische veld binnen en buiten een uniform geladen bol met  $\rho(\mathbf{r}) = \rho_0$ .

#### OPGAVE 5: Inductie (6 punten)

Een zeer kleine stroomkring (straal  $a$ ) ligt op een afstand  $z$  boven het middelpunt van een grote stroomkring (straal  $b$ ), zoals aangegeven in de figuur. De vlakken van de stroomringen zijn evenwijdig, en loodrecht op de gemeenschappelijke as.



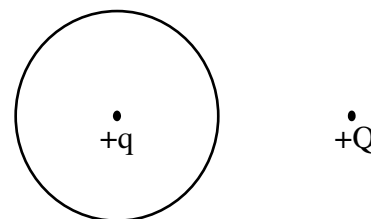
- Veronderstel dat er een stroom  $I$  loopt in de grote stroomkring. Bereken de flux omvat door de kleine stroomkring, aangenomen dat het magnetisch veld van de grote kring constant is over het vlak van de kleine kring.
- Veronderstel nu dat er een stroom  $I$  loopt in de kleine stroomkring (klein genoeg om als een magnetische dipool opgevat te kunnen worden). Bereken nu de flux omvat door de grote stroomkring.
- Bereken in beide gevallen de mutuele inductie, en ga na of met de gekozen benaderingen ook geldt dat  $M_{12} = M_{21}$ .

EINDE DEEL B

NAAM:

DEEL A: U moet dit deel eerst maken. Omcirkel **elk volledig goed** deelantwoord. Na 30 min DIT VEL inleveren. Dit deel is **9 punten** waard.

1. De figuur hiernaast toont een elektrische lading  $q$  in het middelpunt van een ongeladen geleidende bolschil. Buiten de bolschil is een tweede lading  $Q$ , eveneens positief. Welke bewering beschrijft het beste de netto elektrische krachten op elk van de ladingen in deze situatie.



- (a) Beide ladingen ondervinden dezelfde netto kracht gericht van elkaar af.
- (b) Geen van beide ladingen ondervindt een netto kracht.
- (c) Er is geen kracht op  $Q$ , maar wel een kracht op  $q$ .
- (d) Er is geen kracht op  $q$ , maar wel een kracht op  $Q$ .
- (e) Beide ladingen ondervinden een netto kracht, maar de krachten zijn verschillend.

2. Een elektron wordt geplaatst op een positie op de  $x$ -as waar de elektrische potentiaal  $10\text{ V}$  is.

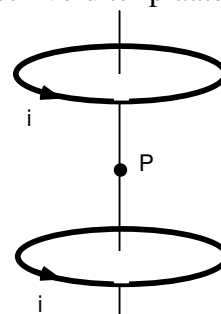
Welke bewering beschrijft het beste de beweging die het elektron ondergaat?

- (a) Het elektron gaat naar links ( $-x$ ) bewegen, want het is negatief geladen.
- (b) Het elektron gaat naar rechts ( $+x$ ) bewegen, want het is negatief geladen
- (c) Het elektron gaat naar links ( $-x$ ) bewegen, want de potentiaal is positief.
- (d) Het elektron gaat naar rechts ( $+x$ ) bewegen, want de potentiaal is positief.
- (e) De beweging kan met de gegeven informatie niet voorspeld worden.

3. Beschouw een ongeladen (neutrale) geleidende bolschil. Een kleine hoeveelheid negatieve lading wordt plotseling geplaatst op een punt  $P$  op deze bolschil. Als we enige tijd later nagaan waar deze extra negatieve lading is zullen we ontdekken dat :

- (a) alle extra lading bij  $P$  is blijven zitten.
- (b) de extra lading zich gelijkmatig over het buitenoppervlak van de bolschil heeft verdeeld.
- (c) de extra lading gelijkmatig over binnen- en buitenoppervlak verdeeld is.
- (d) de meeste lading zich nog bij  $P$  bevindt, maar dat een deel zich over de bolschil heeft verspreid.
- (e) er geen extra lading meer is.

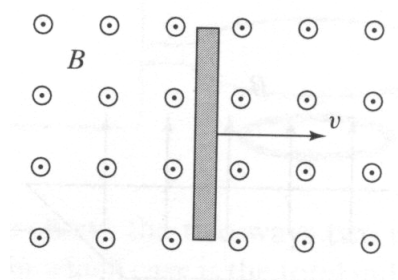
4. Twee identieke stroomkringen hebben een gelijke stroom  $i$ . De stroomkringen zijn geplaatst op dezelfde as (zie tekening). Welke bewering beschrijft het beste het magnetisch veld ter plaatste  $P$ , precies midden tussen de twee stroomkringen.



- (a) Het magnetisch veld in  $P$  is naar beneden gericht.
- (b) Het magnetisch veld in  $P$  is naar boven gericht.
- (c) Het magnetisch veld in  $P$  is naar links gericht..
- (d) Het magnetisch veld in  $P$  is naar rechts gericht.
- (e) Het magnetisch veld in  $P$  is nul.

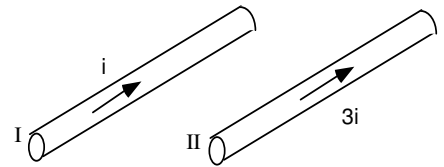
5. Een metaalstaaf beweegt naar rechts in een uniform magnetisch veld, dat uit de pagina wijst – zie figuur. Het elektrisch veld in de metaalstaaf

- a. is naar beneden gericht
- b. is nul
- c. is naar boven gericht
- d. is afwisselend naar boven en naar beneden gericht



6. Wat gebeurt er met een positieve lading die geplaatst wordt in rustpositie in een uniform magnetisch veld?
- De lading gaat bewegen met constante versnelling, want de kracht heeft een constante grootte.
  - De lading beweegt in een cirkel met constante snelheid, want de kracht is altijd loodrecht op de snelheid.
  - De lading beweegt zich in een versnelde cirkelbeweging, want de kracht is altijd loodrecht op de snelheid.
  - De lading blijft in rust want de beginsnelheid en de kracht zijn nul

7. Twee evenwijdige draden I en II zijn dicht bij elkaar en dragen een stroom  $i$  en een stroom  $3i$  in dezelfde richting. Vergelijk de krachten die de draden op elkaar uitoefenen.

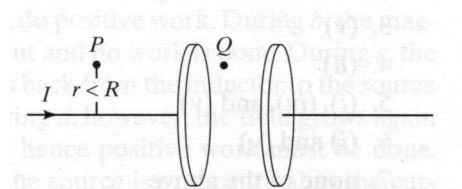


- Draad I oefent een grotere kracht uit op II dan draad II op I.
- Draad II oefent een grotere kracht uit op I dan draad I op II.
- De draden oefenen een gelijke aantrekkende kracht uit op elkaar.
- De draden oefenen een gelijke afstotende kracht uit op elkaar..
- De draden oefenen geen kracht uit op elkaar..

8. 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 elektrische energie in de condensator

- groter
- kleiner
- niet veranderd.

9. Wanneer een condensator wordt opgeladen, is de totale verplaatsingsstroom tussen de elektroden gelijk aan de totale geleidingsstroom  $I$  in de draden. De condensator in de schets hieronder heeft 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



- kleiner dan het veld in P
- groter dan het veld in P
- gelijk aan het veld in P
- onbekend; meer informatie is nodig