

## Tussentoets NS-251B Electrodynamicica, 23 april 2010

**Duur: 3 uur**

**Open-boek tentamen: nee**

**Formuleblad: ja, 1 verstrekt op tentamen en 1 zelf meegenomen (1 A4)**

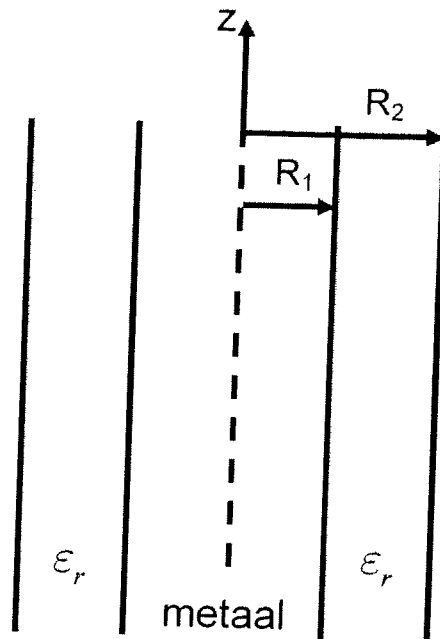
**Gebruik van rekenmachine toegestaan**

**Normering zoals aangegeven in de opgaven**

**Opgaven 1, 2 en 3 s.v.p. op aparte vellen maken en ieder vel voorzien van naam**

### Opgave 1

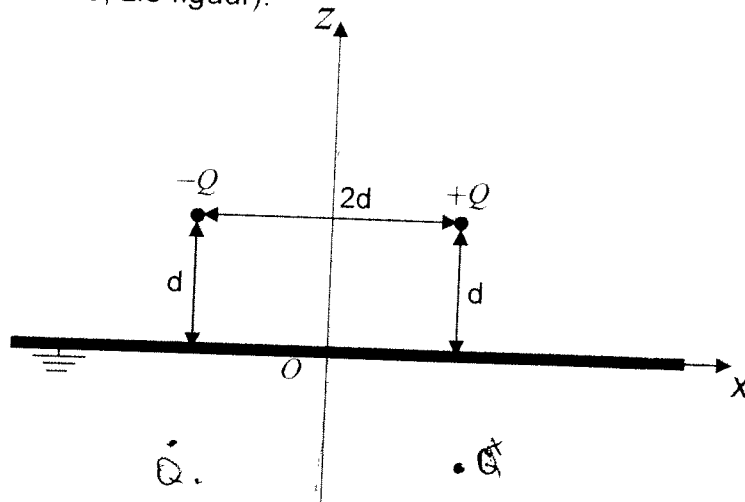
Het oppervlak van een oneindig lange, metalen cilinder is geladen met een vrije, positieve, homogene oppervlakteladingsdichtheid  $\sigma_f$ . De centrale as van de cilinder valt samen met de z-as; de afstand tot de z-as geven we aan met de straal  $r$ . De straal van de metalen cilinder is  $R_1$ . De metalen cilinder is nauw omgeven door een cilinder van diëlektrisch materiaal. In de figuur is een lengtedoorsnede van een stuk van de cilinder weergegeven. Het diëlektrische materiaal bevindt zich tussen  $r = R_1$  en  $r = R_2$  en is van het type LIH met relatieve permittiviteit  $\epsilon_r$ . Buiten de cilinder ( $r > R_2$ ) heerst vacuüm.



- [7 punten] Bepaal het  $\vec{D}$ -veld overal in de ruimte naar richting en grootte.
- [7 punten] Bereken het  $\vec{E}$ -veld en de polarisatievektor  $\vec{P}$  overal in de ruimte.
- [7 punten] Bereken de gebonden volumeladingsdichtheid  $\rho_b$  en de gebonden oppervlakteladingsdichtheid  $\sigma_b$ .
- [4 punten] Hoe groot is de totale lading (dus vrije en gebonden ladingen) van een stuk cilinder met lengte  $l$ ?
- [7 punten] Bereken de potentiaal overal in de ruimte, waarbij de potentiaal op de buitenrand van de diëlektrische cilinder 0 wordt gekozen (dus  $V(R_2) = 0$ ).
- [3 punten] Wat is het energieverschil tussen een positieve puntlading  $Q$  op de buitenrand van de metalen cilinder en een positieve puntlading  $Q$  op de buitenrand van de diëlektrische cilinder?

## Opgave 2

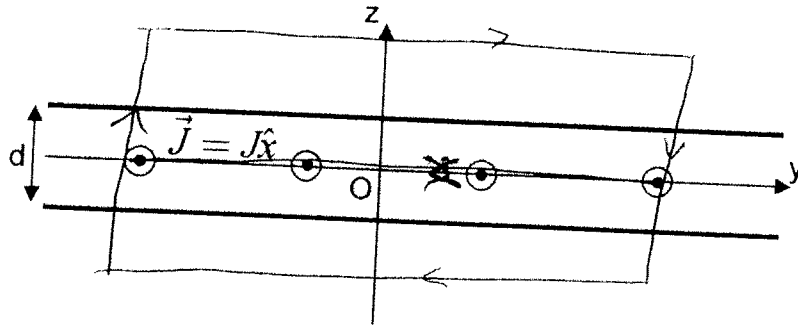
Twee puntladingen,  $+Q$  en  $-Q$  (met  $Q > 0$ ), bevinden zich op afstand  $d$  van een oneindig grote, vlakke, geaarde metalen plaat. De afstand tussen de beide puntladingen is  $2d$ . We kiezen een assenstelsel dusdanig dat de metalen plaat in het  $z=0$  vlak ligt en de beide puntladingen in het  $y=0$  vlak met coördinaten  $(+d, 0, +d)$  voor  $+Q$  en  $(-d, 0, +d)$  voor  $-Q$  (voor dwarsdoorsnede, zie figuur).



- [6 punten] Met welke 4 puntladingen in vacuüm kan het  $\vec{E}$ -veld in de ruimte met  $z \geq 0$  beschreven worden? Geef ook aan waarom dit is toegestaan.
- [4 punten] Wat is het karakter van het  $\vec{E}$ -veld op grote afstand van de oorsprong (afstand  $r \gg d$ )? Hoe hangt  $\vec{E}$  af van deze afstand?
- [10 punten] Bepaal het  $\vec{E}$ -veld naar richting en grootte op de x-as voor  $x \geq 0$ . Geef ook aan hoe het veld benaderd kan worden voor  $x \gg d$ .
- [5 punten] Bepaal de oppervlakteladingsdichtheid  $\sigma$  op de x-as voor  $x \geq 0$ . Schets het verloop van  $\sigma$  op de gehele x-as.
- [5 punten] Hoe groot is het  $\vec{E}$ -veld op de y-as? En  $\sigma$ ?

### Opgave 3

Door een in twee richtingen oneindig grote plaat, met dikte  $d$ , loopt een stroom met uniforme volumestroomdichtheidsvector  $\vec{J}$ . We kiezen de  $z$ -as loodrecht op de plaat en de  $x$ -as in de richting van de stroom (loodrecht op vlak van tekening, naar ons toe gericht; zie onderstaande figuur). De magnetische eigenschappen van de plaat mogen in deze opgave worden verwaarloosd.



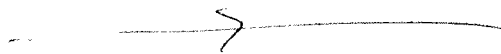
- [7 punten] Gebruik symmetrie om de richting van het  $\vec{B}$ -veld overal in de ruimte te bepalen. Gebruik tevens symmetrie om te laten zien dat het  $\vec{B}$ -veld in het  $z=0$  vlak overal gelijk 0 is.
- [9 punten] Bereken het  $\vec{B}$ -veld overal in de ruimte.
- [5 punten] Schets het verloop van het  $\vec{B}$ -veld op de  $z$ -as.

Op de positieve  $z$ -as, voor  $z=a$  (met  $a>0.5d$ ), wordt een positief geladen deeltje met lading  $q$  en massa  $m$  loodrecht omhoog geschoten (in de positieve  $z$ -richting).

- [5 punten] In welk vlak gaat het deeltje bewegen? Leg uit waarom het deeltje een cirkelbaan doorloopt zolang het zich buiten de plaat bevindt.
- [9 punten] Hoe groot moet de snelheid  $v$  van het deeltje worden gekozen opdat de baan van het deeltje precies raakt aan de stroomplaat?

B

$$J = \frac{I}{m^3}$$



$$\vec{B}(z) = \frac{\mu_0 J d}{2} \begin{cases} z < -d/2 \\ z > d/2 \\ -d/2 < z < d/2 \end{cases}$$

$B(z)$