

Tentamen: Elektriciteit en Magnetisme

Docent: J. F. J. van den Brand

Datum: 30 Mei 2005

Zaal: KC137

Tijd: 09.30 - 12.30 uur

- Vermeld je naam op elke pagina.
- Vermeld je collegenummer.
- Alle benodigde vectorrelaties zijn te vinden in de bijlage.
- Het gebruik van een half A4-tje met formules is toegestaan.
- Voor het deeltentamen maak je opgaven 1, 5, 6, 7 en 8.
- Voor het hele tentamen maak je opgaven 2 tot en met 7.
- Motiveer je resultaat teneinde een maximale score te bereiken.

BIJLAGE:

FUNDAMENTELE CONSTANTEN

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

permittiviteit van het vacuum

$$k = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}\text{C}^{-2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$$

$$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

lichtsnelheid

$$e = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

lading van het elektron

$$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

massa van het elektron

CARTESIAANSE COÖRDINATEN

$$d\mathbf{l} = dx \hat{\mathbf{x}} + dy \hat{\mathbf{y}} + dz \hat{\mathbf{z}} = dx \mathbf{i} + dy \mathbf{j} + dz \mathbf{k}$$

lijn-element

$$d\tau = dx dy dz$$

volume-element

SFERISCHE COÖRDINATEN

$$d\mathbf{l} = dr \hat{\mathbf{r}} + r d\theta \hat{\boldsymbol{\theta}} + r \sin \theta d\phi \hat{\boldsymbol{\phi}}$$

lijn-element

$$d\tau = r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi$$

volume-element

CILINDRISCHE COÖRDINATEN

$$d\mathbf{l} = ds \hat{\mathbf{s}} + s d\phi \hat{\boldsymbol{\phi}} + dz \hat{\mathbf{z}}$$

lijn-element

$$d\tau = s ds d\phi dz$$

volume-element

Opgave 1.

Korte vragen.

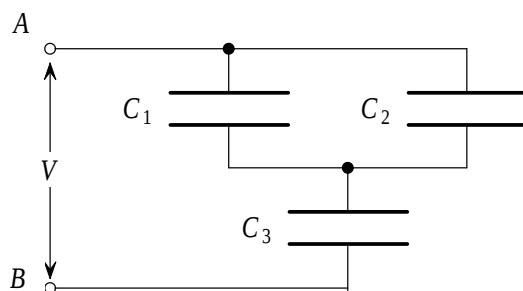
- Hoe luiden de Maxwell vergelijkingen voor het magnetostatische veld?
- Welke gevolgen hebben deze vergelijkingen voor hoe magnetische veldlijnen lopen?
- Bereken de netto magnetische flux door een imaginair gesloten oppervlak dat een willekeurige lading- en stroomverdeling omhult.
- Een diamagnetisch staafje wordt in een inhomogeen magnetisch veld geplaatst. Verklaar waarom het staafje in de richting van afnemend veld wordt getrokken.
- Wat is paramagnetisme en hoe ontstaat het?

Opgave 2.

Een massieve geleidende bol met straal R_1 wordt omsloten door een geleidende holle bol met binnen straal R_2 en buiten straal R_3 (de bollen hebben de oorsprong als middelpunt). De buitenste bol is ongeladen. Men brengt een lading $+Q$ aan op de binnenste bol.

- Schets het geheel in bijvoorbeeld het (y, z) vlak en geef in de tekening globaal aan waar ladingen zullen gaan zitten.
- Schets vervolgens in een grafiek kwalitatief hoe je denkt dat de grootte van de elektrische veldsterkte E en de elektrische potentiaal V er zo uit zullen zien. Kies het nulpunt van de potentiaal op oneindig. Wat voor verschil maakt het als je het nulpunt ergens anders kiest?
- Bereken vervolgens kwantitatief E en daarna V als functie van r . Klopt wat je nu vindt globaal met wat je onder b) getekend hebt?

Opgave 3.



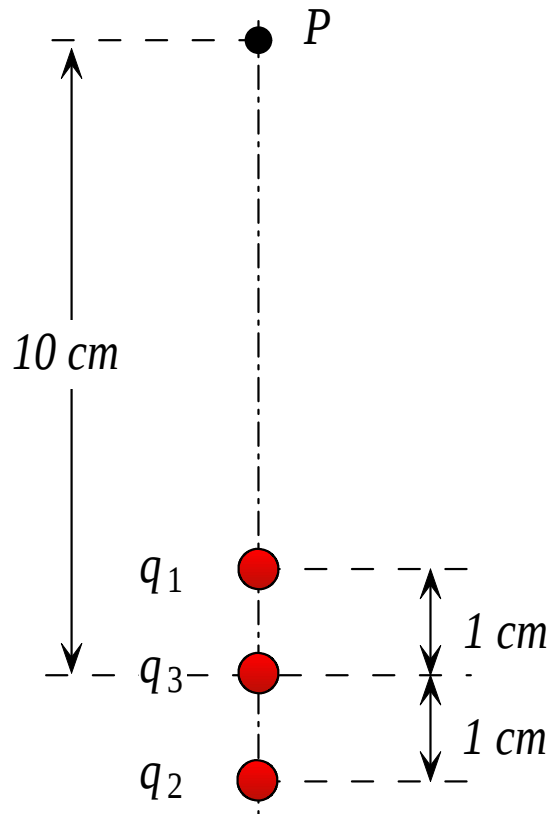
Voor de hierboven getoonde condensatoren geldt $C_1 = 12,0 \mu\text{F}$, $C_2 = 5,3 \mu\text{F}$ en $C_3 = 4,5 \mu\text{F}$.

- Bereken de equivalente capaciteit van enkel de combinatie C_1 en C_2 .
- Bereken de totale equivalente capaciteit van de combinatie van de drie condensatoren.

Een potentiaalverschil van $V = 12,5 \text{ V}$ wordt aangebracht over de einden A en B van de condensatorschakeling.

- c) Wat is de totale lading die in de drie condensatoren opgeslagen is.
- d) Wat is het spanningsverschil over C_2 ?
- e) Hoeveel lading is opgeslagen in C_1 ?

Opgave 4.

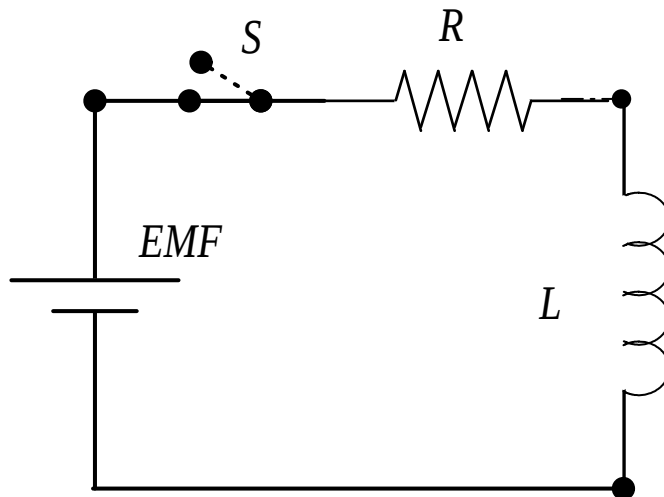


Bovenstaande figuur toont drie elektrische ladingen, $q_1 = q_2 = -1,0 \times 10^{-6}\text{ C}$ en $q_3 = +2,0 \times 10^{-6}\text{ C}$, die op een as gefixeerd zijn met q_3 in het midden en q_1 en q_2 op $d = 1,0\text{ cm}$ erboven en eronder.

- a) Bereken de elektrische potentiële energie van het systeem. De energie wordt gelijk aan 0 gedefinieerd in oneindig.
- b) Bereken het elektrisch veld in punt P (zie figuur), op een afstand van 10 cm boven de middelste lading.
- c) Bereken de elektrische potentiaal V in punt P.
- d) Indien deze configuratie ladingen (een elektrische quadrupool) in een uniform elektrisch veld met $E = 100\text{ N/C}$ geplaatst wordt, waarbij het veld loodrecht staat op de as van ladingen, wat is dan de grootte van de torsie?

Opgave 5.

Een spoel met $L = 3,56\text{ H}$ wordt in serie geschakeld met een $R = 12,8\ \Omega$ weerstand. Als schakelaar S gesloten wordt, wordt een EMF van $3,24\text{ V}$ plotseling over de schakeling gezet.



- Bereken op $0,278$ s (dit komt overeen met één inductieve tijdconstante $\tau_L = L/R$) na sluiten van S de stroom i die door de weerstand loopt.
- Bereken op $0,278$ s na sluiten van S het vermogen P (de hoeveelheid energie per seconde) dat door de batterij geleverd wordt.
- Bereken op $0,278$ s het vermogen P_R dat thermisch verstoekt wordt in de weerstand.
- Bereken op $0,278$ s de energie die per tijdseenheid P_B wordt opgeslagen in het magnetisch veld van de spoel.

Opgave 6.



Een condensator bestaat uit twee evenwijdige platen op een afstand d van elkaar. De bovenste plaat heeft totale lading Q , de onderste plaat $-Q$. Beide platen zijn uniform geladen met een oppervlakteladingsdichtheid $\pm\sigma$. De condensator beweegt met een snelheid v in de x -richting (zie figuur).

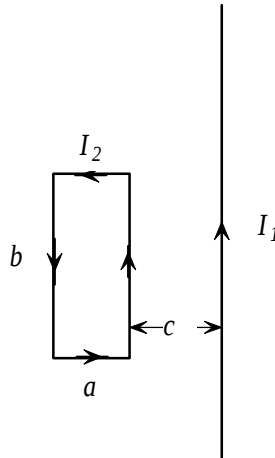
- Bereken het magnetische veld tussen de platen, erboven en eronder.
- Bereken de magnetische kracht op de bovenste plaat. Geef in een schets de richting aan.
- Bij welke snelheid heft de magnetische kracht de elektrische kracht op?

Opgave 7.

Een stroom I_1 loopt door een oneindig lange, rechte stroomgeleider.

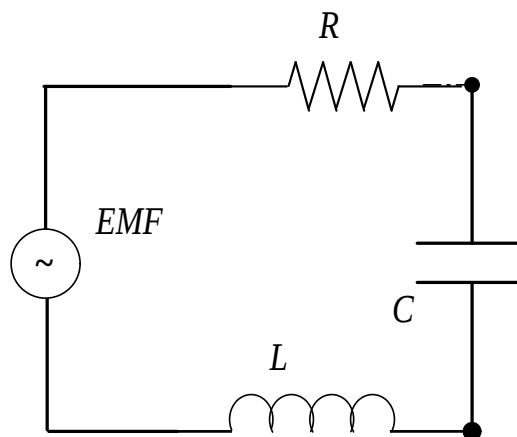
- a) Bereken het magnetische veld op afstand s van deze oneindig lange, rechte stroomgeleider, waardoor stroom I_1 loopt.

Vervolgens beschouwen we een rechthoekig stroomkringetje, zoals getekend in de figuur (de stroomgeleider en het kringetje liggen in één vlak). Er loopt een stroom I_2 door het kringetje.



- b) Bereken de kracht op het rechthoekige stroomkringetje.
c) Bepaal het koppel op het stroomkringetje.

Opgave 8.



Een $R = 160 \, \Omega$ weerstand, een condensator met $C = 150 \, \mu\text{F}$ en een spoel met $L = 230 \, \text{mH}$ worden in serie geschakeld en aangesloten aan een generator (EMF) met $\mathcal{E} = 36,0 \, \text{V}$ en frequentie $f = 60,0 \, \text{Hz}$.

- a) Bereken de capacatieve X_C en inductieve reactantie X_L .
- b) Teken de 'phasors' die de wisselspanningen (AC) over de weerstand, condensator en spoel voorstellen (teken het faseverschil ten opzichte van de wisselstroom).
- c) Bereken de impedantie Z van de schakeling.
- d) Bepaal de amplitude van de stroom.
- e) Bepaal de waarde van de constante fasehoek δ tussen impedantie Z en weerstand R .
- f) Bepaal de rms-waarde van de EMF en stroom i : $\mathcal{E}_{\text{rms}}$ en i_{rms} .
- g) Bereken het gemiddeld gedissipeerd vermogen P_{av} .