

Instructies

U heeft **2 uur voor de toets**. Schrijf duidelijk je naam en nummer op ieder vel dat je inlevert.

Je mag een handgeschreven velletje met 10 formules meenemen. Dit formuleblad moet worden ingeleverd met de uitwerkingen.

Lees eerst alle opgaven door.

Het aantal te behalen punten staat aangegeven bij de opgaves.

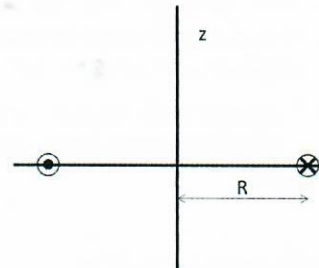
Probleem 1 (14pts/100)

Door een cirkelvorming draad in het xy vlak loopt een stroom I . De cirkel is gecentreerd op de z -as

1.a. Neem de tekening over en schets het $\mathbf{B}$ -veld

1.b. Laat zien dat de magnetische inductie $\mathbf{B}$ op de z -as als functie z gegeven wordt door:

$$B_z = \frac{\mu_0 I R}{2} \frac{1}{(z^2 + R^2)^{3/2}}$$



1.c. Wat kun je op grond van de symmetrie zeggen over de richting en de grootte van de magnetische vector potentiaal $\mathbf{A}$ op de z -as?

Probleem 2 (25pts/100)

Een vlakke ronde schijf in het xy -vlak met straal R_0 draait rond met een hoeksnelheid $\boldsymbol{\omega} = \omega_0 \hat{\mathbf{z}}$ [rad/s] in een homogeen magnetisch veld $\mathbf{B} = B_0 \hat{\mathbf{z}}$ langs de positieve z -as.

2.a. Bereken de Lorentzkracht $\mathbf{F}_L$ op een lading $+q$ in de schijf als functie van de afstand s tot de z -as (geef de grootte én de richting).

2.b. Welk elektrisch veld $\mathbf{E}$ is er nodig om de lading in evenwicht te houden (grootte en richting)?

2.c. Toon aan dat het potentiaalverschil ΔV tussen de rand en de z -as van de schijf geschreven kan worden als $\Delta V = \frac{\omega_0 B_0 R_0^2}{2}$.

2.d. Op tijdstip $t = 0$ worden met behulp van sleepcontacten de z -as en de rand van de schijf elektrisch met elkaar doorverbonden via een elektrische weerstand R_{res} . Het traagheidsmoment van een draaiende vlakke schijf is $I_0 = \frac{m R_0^2}{2}$ en z'n kinetische energie is $E_k = I_0 \frac{\omega^2}{2}$, met m de massa van de schijf. Toon aan dat de draaisnelheid van de schijf exponentieel afneemt als $\omega(t) = \omega_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$, met als tijdsconstante $\tau = \frac{m R_{\text{res}}}{2 B_0^2 R_0^2}$.

Probleem 3 (16pts/100)

Hieronder staan 8 stellingen. Geef voor ieder stelling aan of ze Waar (**W**) is of Niet Waar (**NW**). Geef ook een korte motivatie, **minimaal 1 & maximaal 5** regels per stelling. Lees de stellingen zorgvuldig, ieder woord kan belangrijk zijn!

3.a. Twee stroomvoerende draden die elkaar loodrecht kruisen op afstand a van elkaar oefenen geen netto kracht, maar wel een krachtmoment op elkaar uit.

- 3.b.** De total flux van het **B**-veld door een gesloten oppervlak is altijd nul, ongeacht de verdeling van elektrische stromen binnenin dat oppervlak.
- 3.c.** Een vectorveld **A** met een divergentie die niet nul is, kan niet de vectorpotential van een magnetisch inductie **B** zijn.
- 3.d.** Op het oppervlak van een uniform gemagnetiseerde bol met straal R is de grootte van de gebonden oppervlakte stroomdichtheid $\mathbf{K}_B$ evenredig met R .
- 3.e.** Een stuk ijzer ($\mu_r \gg 1$) wordt in magneetveld geplaatst. Dit vervormt het veld buiten het ijzer zó dat de **B**-veld lijnen nagenoeg loodrecht komen te staan aan het oppervlak van het ijzer.
- 3.f.** De zelfinductie van een spoel neemt toe wanneer er een diamagnetische kern wordt ingestopt.
- 3.g.** Een metalen ring ligt coaxiaal op het uiteinde van een cilindrische spoel. Wanneer een wisselstroom door de spoel wordt gestuurd, wordt de ring $\frac{1}{2}$ de tijd aangetrokken en $\frac{1}{2}$ de tijd afgestoten door de spoel.
- 3.h.** Indien een draadraam wordt voortbewogen in een homogeen magnetisch veld ontstaat geen inductiespanning (emf) zolang de oriëntatie van het draadraam constant is t.o.v. het magnetische veld.

Probleem 4 (25pts/100)

Een stroom I loopt door een toroïdale spoel in het xy vlak in de richting van de klok, gezien langs de positieve z -as. De straal van de hartlijn van de torus is R_1 . De torus heeft N windingen die draaien in de klokrichting gezien langs de stroomrichting in de torus. De ronde dwarsdoorsnede van de torus zelf heeft een straal R_2 die verwaarloosbaar klein is t.o.v. R_1 , zodat de sterkte van het veld in de spoel gezien mag worden als constant. Over de helft van de omloop van de torus (ϕ van 0 tot π) wordt de spoel gevuld met een materiaal met een relatieve magnetische permeabiliteit van $\mu_r=2$.

- 4.a.** Bereken de magnetische inductie **B** en het magnetische veld **H** op de hartlijn van de torus (sterkte en richting).
- 4.b.** Bereken de magnetisatie **M** in het materiaal (sterkte en richting).
- 4.c.** Bereken de sterkte en richting van alle gebonden stromen $\mathbf{J}_B$ en $\mathbf{K}_B$ en schets die stromen.

Probleem 5 (20pts/100)

Op tijdstip $t < 0$ loopt een stroom I door de N windingen een dunwandige cilindrische spoel met lengte ℓ en straal R . De spoel is lang t.o.v. de straal ($\ell \gg R$) zodat het veld **B** binnen in de spoel als homogeen mag worden verondersteld.

- 5.a.** Bereken de zelfinductie L van deze spoel.

Op $t = 0$ wordt er een weekijzeren kern ($\mu_r=1000$) in de spoel geschoven terwijl de stroom I constant wordt gehouden.

- 5.b.** Wat is na het inschuiven de nieuwe waarde van de magnetische inductie B in de spoel?
- 5.c.** Stel dat het inschuiven van de kern met constant snelheid $v = \ell / t_1$ gebeurde, wat is dan de emf die tijdens het inschuiven over de aansluitingen van de spoel verscheen?
- 5.d.** Wat is de totale hoeveelheid werk die de stroombron tijdens het inschuiven moest leveren om de stroom constant te houden?