

Aanwijzingen

Voor de toets zijn **2 uren** beschikbaar. Vul op alle ingeleverde vellen uw naam en studentnummer duidelijk in.

Bij de toets mag een formuleblad gebruikt worden dat maximaal 10 magnetische beschrijvingen bevat. Dit formuleblad moet met het tentamen worden ingeleverd.

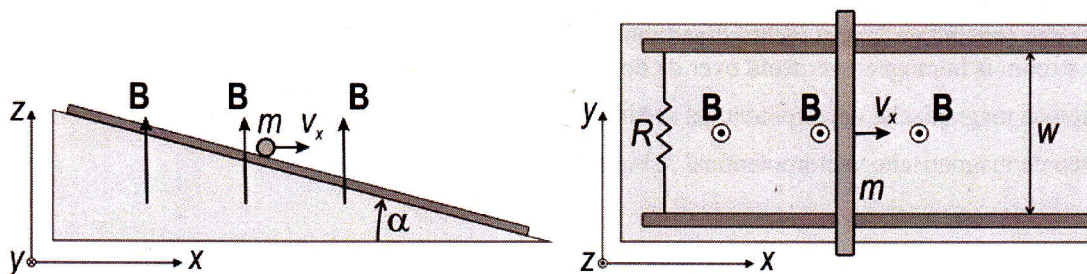
Lees voor het beantwoorden de tekst van de opgaven eerst helemaal & zorgvuldig door.

Het aantal te behalen punten per opgave staat na het vraagnummer.

Vraag 1 (20pt/100)

Een ronde staaf met massa m rolt vanuit stilstand over twee evenwijdige rails (op onderlinge afstand w) een helling af. Zowel de staaf als de rails zijn elektrisch geleidend. Bovenaan zijn de rails met elkaar doorverbonden via een elektrische weerstand R . De helling heeft een stijgingshoek α en bevindt zich in een homogeen verticaal magneetveld \mathbf{B} (figuur 1).

- 1.1 Na verloop van tijd wordt de snelheid van de staaf (asymptotisch) constant. Leg met een schets en maximaal 5 zinnen kwitatief uit waarom dit zo is. Benoem hierbij de wetten en krachten die je in je argumentatie gebruikt.
- 1.2 Beschouw het probleem nu kwantitatief en bepaal de horizontale component v_x van die uiteindelijke constante snelheid. (Neem daarbij aan dat de weerstand van de staaf en rails verwaarloosbaar zijn vergeleken met R .)



Figuur 1: Zij aanzicht (links) en bovenaanzicht (rechts) van een helling waarover een geleidende staaf door een magneetveld naar beneden rolt (vraag 1).

Vraag 2 (20pt/100)

Hieronder vind je een achttal stellingen. Geef voor elke stelling aan of ze waar (W) of niet waar (NW) is. Verantwoord je antwoord met minimaal 1 en maximaal 5 zinnen. (Lees aandachtig, elk woord kan belangrijk zijn!)

- 2.1 De rotatie van de magnetische vector potentiaal is altijd nul in statische situaties.
- 2.2 In een statisch probleem is de divergentie van de volume-stroomdichtheid altijd gelijk aan nul.
- 2.3 Een ruimte met alleen een homogene stroom dichtheid bevat geen magnetisch veld.
- 2.4 Magnetische veldlijnen moeten altijd sluiten en mogen elkaar snijden.
- 2.5 De totale statische magnetische flux (flux van het \mathbf{B} -veld) doorheen een gesloten oppervlak is altijd nul (ongeacht materiaalgrenzen en vrije stromen).
- 2.6 De zelfinductie van een spoel is evenredig met de stroom die door de stroom loopt.

- 2.7 Een stuk weekijzer ($\mu_r > 1$) wordt geplaatst in een magnetisch veld waarbij de normaal van het oppervlak niet parallel loopt aan de magnetische veldlijnen. Binnen in het ijzer breken de magnetische veldlijnen dan naar de normaal toe.
- 2.8 Een metalen schijf draait om zijn as in een homogeen magnetische veld. De draairichting van de schijf (dat is de vector die loodrecht staat op de schijf en volgens de rechterhandregel uit het oppervlak steekt) staat parallel aan de magnetische veldlijnen. Het centrum van de schijf wordt hierdoor negatief.

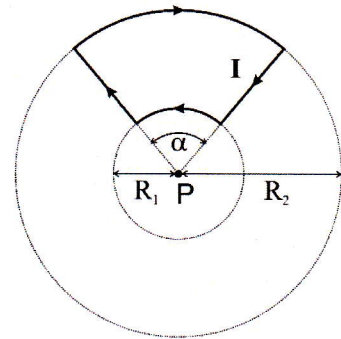
Vraag 3 (20pt/100)

Een draadraam in het xy -vlak voert een kringstroom I (zie figuur 2). Het raam bestaat uit twee rechte lijnstukken met ingesloten hoek α en twee concentrische cirkelbogen met straal R_1 en R_2 .

We zoeken de magnetische inductie $\mathbf{B}(P)$ in het snijpunt P van de 2 lijnstukken.

3.1 Toon aan dat $\mathbf{B}(P) = \frac{\mu_0 I R_2 - R_1}{4\pi R_1 R_2} \alpha \hat{\mathbf{z}}$ (hint: werk in cilindercoördinaten).

3.2 Gebruik de uitdrukking in deelvraag a om het veld in het centrum van een stroomvoerende cirkel te bepalen.



Figuur 2: Kringstroom tussen 2 cirkelsegmenten (vraag 3).

Vraag 4 (15pt/100)

Beschouw een (oneindige lange) rechte draad met ronde doorsnede (straal R), waar een stroom I_0 doorheen loopt. De stroom is homogeen verdeeld over de doorsnede van de draad.

- 4.1 Bereken de magnetische vectorpotentiaal \mathbf{A} binnen in de draad;
- 4.2 Bereken de magnetische vectorpotentiaal \mathbf{A} buiten de draad.

Vraag 5 (25pt/100) Werk weer in cilindercoördinaten.

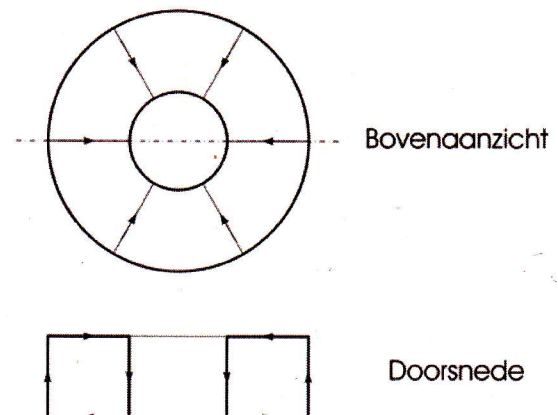
Een toroidale spoel heeft een binnendiameter $2R$ en een vierkante doorsnede met zijde a (zie figuur 3). Ze is gewikkeld met N windingen en draagt een stroom I_f . Het veld buiten de spoel mag worden verwaarloosd.

5.1 Wat is de magnetische inductie $\mathbf{B}(s, \phi, z)$ in de lege spoel? Geef zowel grootte als richting.

De spoel wordt nu van $s = R$ tot $s = R + a/2$ en over de hele hoogte a gevuld met een magnetiseerbaar medium met relatieve permeabiliteit $\mu_r = 2$.

5.2 Schets, op dezelfde schaal, de grootte van \mathbf{B} , van $\mu_0 \mathbf{H}$ en van $\mu_0 \mathbf{M}$ als functie van s .

5.2 Bepaal de grootte en richting van de gebonden volumestroom \mathbf{J}_b en alle gebonden oppervlaktestromen \mathbf{K}_b .



Figuur 3: Bovenaanzicht en doorsnede van een toroidale spoel. De pijlen geven de richting van de vrije stroom I_f aan (vraag 5).