

Aanwijzingen

Voor de toets zijn **3 uren** beschikbaar. Vul op alle ingeleverde vellen uw naam en studentnummer duidelijk in.

Bij de toets mag een formuleblad gebruikt worden dat maximaal 10 elektrische en 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.

De mensen die alleen de E-toets herhalen, doen de vragen 1 t/m 4

De mensen die alleen de M-toets herhalen, doen de vragen 5 t/m 9

De mensen die beide delen herhalen doen de vragen 1, 3, 5, 6 en 9

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

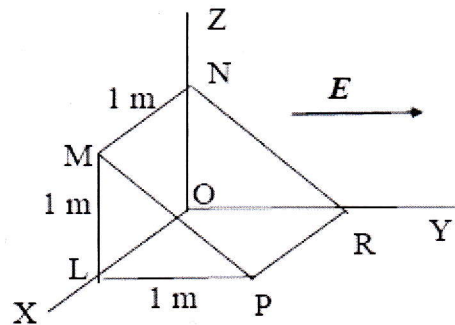
Vraag 1 (20pt/100)

Een uniform **E**-veld (5 N/C) is gericht in de $+y$ -richting (zie figuur). Hoe groot is de flux van **E** door de oppervlakken:

- 1.1 LMNO
- 1.2 MNRP
- 1.3 LMP
- 1.4 LORP
- 1.5 het totale oppervlak van het prisma.

Gebruik telkens één van de volgende vier mogelijke antwoorden : A) 0, B) $+5 \text{ Nm}^2/\text{C}$, C) $-5 \text{ Nm}^2/\text{C}$ of D) geen van deze.

Geef ook een korte toelichting

**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 Beschouw een condensator bestaande uit twee platen op afstand d met vrije oppervlakte ladingen $+\sigma$ en $-\sigma$. Er wordt een geïsoleerde dikke *metalen* plaat, dikte $d/3$, midden tussen de platen geschoven. De spanning over de condensatorplaten gaat hierdoor omlaag.
- 2.2 De coulomb kracht tussen een elektron en een proton is sterker dan tussen twee elektronen op dezelfde afstand van elkaar.
- 2.3 Als de lading van twee deeltjes wordt verdubbeld, dan verviervoudigt de Coulomb kracht tussen de deeltjes.
- 2.4 Als er een discontinuïteit zit in **E** bij een continue **D**, dan moet er vrij oppervlakte lading aanwezig zijn.
- 2.5 Elektrische veldlijnen lopen van positieve naar negatieve lading.
- 2.6 Als binnen een gesloten oppervlak evenveel positieve als negatieve lading aanwezig is, dan is de elektrische flux door elk deel van het oppervlak nul.
- 2.7 Om een vrije proeflading stil te houden in een elektrisch veld moet een kracht worden uitgeoefend die gericht is volgens de gradiënt van de potentiaal.
- 2.8 Een elektrisch veld dat 2 maal zo sterk is bevat 8 maal zoveel energie.

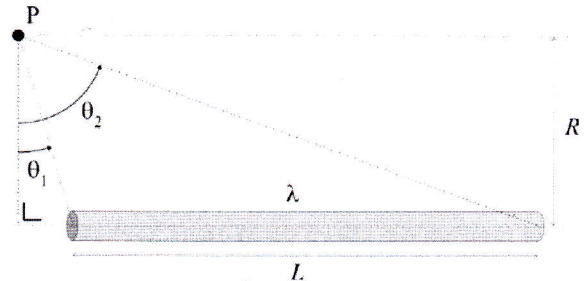
Vraag 3 (20pt/100)

Een dunne draad met lengte L draagt een homogene ladingsdichtheid λ [C/m] (zie figuur).

- 3.1 Bewijs dat de elektrische veldsterkte in een punt P op een loodrechte afstand R van de draad as wordt gegeven door:

$$E_{\perp} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sin\theta_2 - \sin\theta_1}{R}$$

$$E_{\parallel} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{\cos\theta_2 - \cos\theta_1}{R}$$

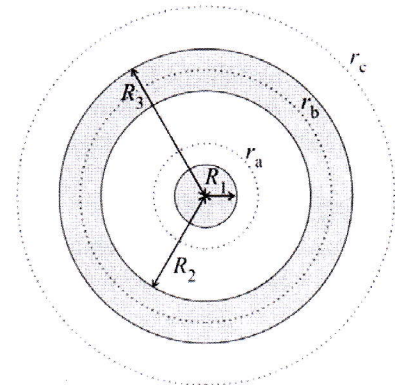


waarin E_{\perp} en E_{\parallel} de componenten loodrecht resp. evenwijdig aan de draad, en θ_1 en θ_2 de hoeken zijn die lijnen uit P naar de uiteinden van de draad met de loodlijn op de draad maken. (hint: integratie gaat hier makkelijker met θ als integratievariabele)

- 3.2 Bereken de veldsterkte als het punt P even ver van beide einden van de draad ligt. Druk je antwoord uit in λ , L en R .
- 3.3 Bereken de veldsterkte als de draad zich van $-\infty$ tot $+\infty$ uitstrekt.

Vraag 4 (15pt/100)

Een bolvormige geleider met straal R_1 bevat een elektrische lading $+Q_1$. Concentrisch om deze eerste geleider heen zit een dikke geleidende bolschil met binnenstraal R_2 en buitenstraal R_3 . Deze tweede geleider bevat een lading $-Q_2$. De stippellijnen in de figuur stellen drie bolvormige Gauss-oppervlakken met stralen r_a , r_b en r_c voor.



- 4.1 Bereken de flux van het elektrisch veld door
het Gauss-oppervlak met straal r_a ;
het Gauss-oppervlak met straal r_b ;
het Gauss-oppervlak met straal r_c ?

Licht je antwoorden ook kort toe.

- 4.2 Hoe groot is de lading
op het *binnen*oppervlak van de holle bolschil?
op het *buiten*oppervlak van de holle bolschil?

Licht ook deze antwoorden kort toe.

- 4.3 Bereken de potentiaal in het midden van de middelste bol t.o.v. oneindig.

Vraag 5 (25pt/100)

Cilindervormige spoelen worden gewikkeld door op een draaiende as een draad heen en weer te laten lopen. Beschouw een dikke spoel waarbij de diameter voor de laatste laag ($4R$) tweemaal zo groot is als de diameter van de eerste laag ($2R$). Stel dat het aantal windingen per lengte-eenheid in de as-richting (n) gelijk is voor alle lagen en dat de spoel veel langer is dan de diameter. Stel dat er 100 lagen wikkelingen zitten op de spoel. Stel de stroom is I . De spoel heeft een lengte $L \gg R$ en mag als oneindig lang worden beschouwd.

- 5.1 Schets het magnetische veld in de spoel als functie van de afstand tot de as van 0 tot $3R$. Geef de richting van de stroom en het magnetische veld aan.
- 5.2 Geef een uitdrukking voor de kracht die de binnenste laag ondervindt als gevolg van het veld van alle andere lagen en geef de richting van die kracht.

Vraag 6 (20pt/100)

- 6.1 Een reguliere hoogspanningslijn staat op 150kV, transporteert een vermogen van 300MW en hangt op een hoogte van 50m. Het aardmagnetisch veld heeft een sterkte van ongeveer $50\mu\text{T}$. Kun je een kompas vertrouwen onder een hoogspanningslijn?
- 6.2 Twee even grote cirkelvormige stroomkringen met straal R liggen in het xy -vlak, één met z'n centrum op $(x, y, z) = (-R, 0, 0)$; de andere op $(+R, 0, 0)$. Maak een schets in het xz -vlak (dus het vlak $y = 0$) van enkele representatieve veldlijnen van het magneetveld gegenereerd door de twee kringen, voor de volgende twee situaties:
- 1) In beide kringen loopt een stroom I in positieve zin t.o.v. het coördinatenstelsel (rechtsom gezien in de richting van de positieve z -as)
 - 2) In beide kringen loopt een stroom I , maar nu één in positieve zin, en één in negatieve zin.

Vraag 7 (20pt/100)

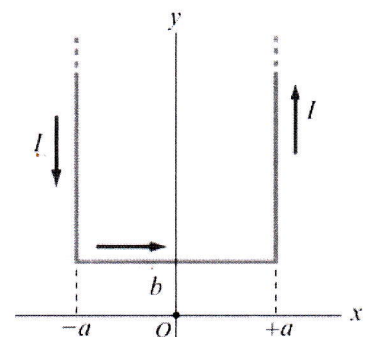
Hieronder vind je een achttal stellingen. Geef voor elke stelling aan of ze waar (W) of niet waar (NW) is. Verantwoord je antwoord met minimaal 1 en maximaal 5 zinnen. (Lees aandachtig, elk woord kan belangrijk zijn!)

- 7.1 Als een gesloten lus van een geleider met een vaste vorm (cirkel) wordt bewogen door een inhomogeen magnetisch veld dan zal er een stroom door de lus gaan lopen.
- 7.2 Bij een magnetisch veld in $+x$ richting en een stroom in de $+y$ richting hoort in een cartesiaans coördinatenstelsel een Lorentz kracht in de $+z$ richting.
- 7.3 De energie in een spoel wordt bepaald door het magnetisch veld én door de afmetingen van de spoel.
- 7.4 Een magneetveld met eindige divergentie impliceert de aanwezigheid van een magnetische monopool.
- 7.5 Als een brok materiaal met magnetisatie \mathbf{M} wordt verplaatst langs de as van een oneindig lange stroomvoerende spoel, hangt het van de bewegingsrichting af of dit energie kost dan wel energie oplevert.
- 7.6 Gebonden stroom van positieve lading komt alleen voor in paramagnetische materialen.
- 7.7 De magnetische flux doorheen een spoel opgewekt door een stroom I in een tweede spoel is gelijk aan de flux doorheen die tweede spoel wanneer die stroom I in de eerste spoel loopt.
- 7.8 Een magneetveld \mathbf{B} oefent alléén maar arbeid uit op een bewegende lading wanneer die lading een snelheidscomponent heeft die loodrecht staat op \mathbf{B} .

Vraag 8 (20pt/100)

Bereken de magnetische inductie B op een willekeurig punt P op de x -as in de situatie zoals gegeven in de figuur hiernaast door de volgende stappen te doorlopen:

- 8.1 Bereken de magnetische inductie B van een stroomvoerend lijnstuk op afstand y van de x -as dat loopt van x_1 tot x_2 (x_1 en x_2 niet symmetrisch t.o.v. het punt waar het veld wordt berekend).
- 8.2 Gebruik het resultaat van 8.1 om het effect van de drie verschillende lijnstukken te berekenen.

**Vraag 9 (15pt/100)**

Een vlakke dunne plaat geleider in het xy -vlak (dus bij $z = 0$) draagt een homogene stroom dichtheid die we aanduiden als een oppervlaktestroomdichtheid (vanwege de kleine dikte van de plaat) K_1 in de *positieve* x -richting. Op een afstand d daarboven (bij $z = d$) is eenzelfde plaat met een oppervalkte stroomdichtheid K_2 in de *negatieve* x -richting.

9.1 Bereken het magneetveld \mathbf{H} (grootte en richting) tussen de platen en buiten de platen. Geef aan hoe je tot je antwoord komt (hoe je de Ampère loops kiest). Maak een schets van $|\mathbf{H}|$ als functie van z .

Nu wordt de ruimte tussen de platen voor de helft (tot $z = d/2$) gevuld met een materiaal met een relatieve magnetische permeabiliteit $\mu_r = 3$.

9.2 Bereken de magnetische inductie \mathbf{B} (grootte en richting) als functie van z . Schets in één figuur $|\mathbf{B}|$, $|\mu_0\mathbf{H}|$ en $|\mu_0\mathbf{M}|$.

9.3 Bereken de gebonden stroom (gebonden volumestroomdichtheid \mathbf{J}_b en/of gebonden oppervlakte stroomdichtheid \mathbf{K}_b).

9.4 Bereken de magnetische vector potentiaal \mathbf{A} (grootte en richting) als functie van z .