

MAAK BIJ DE BANTWOORDING VAN ELKE VRAAG
EEN TEKENING OF EEN SCHEMA

cijfer = $(\Sigma \text{punten})/2 + 1$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

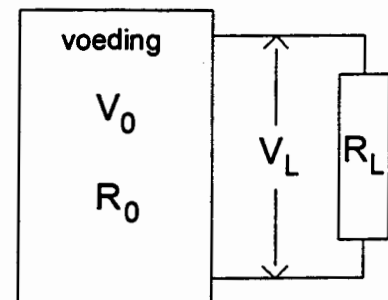
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

Opgave 1. Cumulo Nimbus is een soort onweerswolk die in de zomer ontstaat tengevolge van de sterke verticale luchtstromingen. Daarbij wordt de onderkant van de wolk negatief geladen en de bovenkant positief. We kunnen de wolk opvatten als een vlakke plaatcondensator. Op een gegeven moment bereikt de veldsterkte in de wolk de kritische waarde $E = 1,0 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ waarbij een doorslag (bliksem) in de wolk plaatsvindt. Veronderstel dat de wolk cilindervormig is met hoogte $H = 2 \text{ km}$ en de straal van het cirkelvormige boven- en ondervlak $R = 1 \text{ km}$. Voor de verhouding $H/R = 2$ is de fringing-factor $f = 1,8$.

- 1,5 a. Bereken de capaciteit van de wolk.
- 1,5 b. Bereken de grootte van de negatieve lading op de wolk.
- 1,5 c. Bereken de energie die vrijkomt als de wolk zich bij een doorslag volledig ontlaaft.

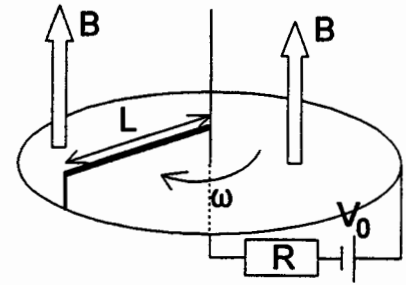
Opgave 2. Een voeding met een bronspanning V_0 en een inwendige weerstand R_0 wordt aangesloten op een weerstand R_L . Voor verschillende waarden van R_L wordt de klemspanning V_L over de uiteinden van de weerstand R_L gemeten. Men vindt de waarden zoals in de onderstaande tabel zijn weergegeven:

$R_L (\Omega)$	$V_L (V)$
1000	0,075
10000	0,717
100000	5,000



- 2,5 a. Bereken de grootte van de bronspanning V_0 en de inwendige weerstand R_0 van de voeding.
- 2,5 b. Bereken bij welke waarde van de weerstand R_L het daarin ontwikkelde vermogen maximaal wordt en bereken de grootte van dit vermogen.

Opgave 3. Een staaf met een lengte L kan met een uiteinde in een horizontaal vlak, wrijvingsloos om een verticale as draaien. Er heerst een vertikaal gericht, homogeen magnetisch veld met veldsterkte B . De uiteinden van de staaf worden via een weerstand R aangesloten op een batterij met een spanning V_0 . De weerstand van de staaf is te verwaarlozen ten opzichte van dat van de weerstand R .



- 1,5 a. Bereken het totale krachtmoment dat op de staaf wordt uitgeoefend, uitgedrukt in de gegeven grootheden.

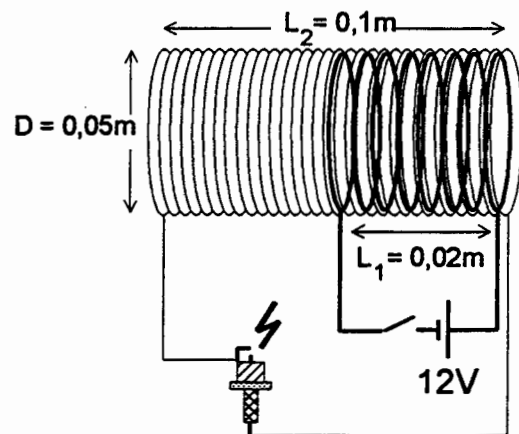
Tengevolge van het ondervonden krachtmoment gaat de staaf draaien. Daardoor ontstaat een inductiespanning E_{ind} in de staaf die afhankelijk is van de hoeksnelheid ω .

- 1,5 b. Bereken de fluxverandering per seconde ten gevolge van de beweging van de staaf door het magnetisch veld, uitgedrukt in de gegeven grootheden.

Op een gegeven moment blijft de hoeksnelheid ω constant: $\omega = \omega_0$.

- 1 c. Bereken ω_0 uitgedrukt in de gegeven grootheden.

Opgave 4. In de cilinders van een benzinemotor zitten bougies die met een vonk het gasmengsel ontsteken. Voor de vonk is een spanning nodig die veel hoger is dan de 12V die de accu levert. Daarvoor is de benzinemotor voorzien van een zogenaamde bobine, hetgeen niets anders is dan een transformator. De accu is via een stroomverdeler op de primaire spoel van de bobine aangesloten. De secundaire spoel is verbonden met de bougies. De stroomverdeler werkt als een schakelaar die de bougies met de bobine verbindt zodat, telkens op het juiste moment, een vonk opgewekt wordt.



De primaire spoel heeft $n_1 = 1000$ windingen per meter, een lengte $L_1 = 0,02\text{m}$ en heeft een weerstand $R_1 = 6\Omega$. De secundaire spoel, die vlak om de primaire gewonden is, heeft $n_2 = 10000$ windingen per meter en een lengte $L_2 = 0,1\text{m}$. De spoelen hebben een diameter $D = 0,05\text{m}$. Beide spoelen mogen als ideale, oneindig lange spoelen opgevat worden.

Als de stroomverdeler de accu met de spanning 12V op de primaire spoel aansluit, stijgt de stroomsterkte in korte tijd van 0A tot de maximale waarde.

- 1,5 a. Bereken de coëfficiënt van zelfinductie van de primaire spoel.

- 1 b. Laat zien dat de tijd waarin de stroom 63% (dit is $(1 - 1/e) \cdot 100\%$) van de maximale waarde bereikt heeft $\tau = 0,000008\text{ s}$.

Ga er vanuit dat de toename per seconde van de stroomsterkte in de primaire spoel constant is gedurende de eerste $0,000008\text{ s}$.

- 2 c. Bereken de inductiespanning die in de secundaire spoel gedurende de eerste $0,000008\text{ s}$ ontstaat.

1a. $C = \epsilon_0 \frac{A}{H} \cdot f = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{\pi 10^6}{2000} \cdot 1,8 = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ F}$

b. $Q = CV = CE d = 2,5 \cdot 10^{-8} \cdot 1,0 \cdot 10^6 \cdot 2000 = 50 \text{ C}$

c. $U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^9 = 5 \cdot 10^{10} \text{ J}$

2a. Voor de schakeling geldt: $V_0 - IR_0 = V_L = IR_L$ zodat $V_L = V_0 - \frac{V_L}{R_L} R_0$

Uit de gegeven waarden volgen drie vergelijkingen (er zijn 2 nodig):

$$0,075 = V_0 - 0,000075 R_0$$

$$0,717 = V_0 - 0,0000717 R_0$$

$$5,000 = V_0 - 0,00005 R_0$$

Oplossen levert: $R_0 = 1,97 \cdot 10^5 \Omega$ en $V_0 = 14,85 \text{ V}$

b. Het ontwikkelde vermogen in de uitwendige weerstand is $P = IV_L = I^2 R_L$ met $I = \frac{V_0}{R_0 + R_L}$ levert

dit: $P = V_0^2 \cdot \frac{R_L}{(R_0 + R_L)^2}$. Het vermogen is maximaal als $\frac{dP}{dR_L} = 0$. Dat is het geval als $R_L = R_0$

Het maximale vermogen is dan: $P = V_0^2 \cdot \frac{R_0}{(2R_0)^2} = \frac{V_0^2}{4R_0} = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ W}$

3a. Een stukje van de staaf met lengte dx op een afstand x van het midden, ondervindt een kracht $dF = B \cdot I \cdot dx$ zodat het krachtmoment daarvan $dM = x \cdot dF = B \cdot I \cdot x \cdot dx$ is.

Het totale krachtmoment is dan: $M = \int_0^L B \cdot I \cdot x \cdot dx = B \cdot \frac{V_0}{R} \int_0^L x \cdot dx = \frac{1}{2} B \frac{V_0}{R} L^2$

b. $\frac{d\Phi}{dt} = B \cdot \frac{1}{2} L \cdot L \omega = \frac{1}{2} B L^2 \omega$

c. De hoeksnelheid blijft constant als de inductiespanning evengroot is als de aangesloten spanning

V_0 . Dus $V_0 = \frac{1}{2} B L^2 \omega_0$ zodat $\omega_0 = \frac{2V_0}{B L^2}$

4a. De coëfficiënt van zelfinductie is: $L = \mu_0 n_1^2 L_1 A = 4\pi 10^{-7} \cdot 1000^2 \cdot 0,02 \cdot \pi \left(\frac{0,05}{2}\right)^2 = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ H}$

b. $\tau = \frac{L}{R} = \frac{4,9 \cdot 10^{-5}}{6} = 0,000008 \text{ s}$

c. De inductiespanning is de verandering per seconde van de door de secundaire omvatte flux.

Dit is:

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB_1}{dt} \cdot N_2 \cdot A = \left(\mu_0 n_1 \frac{di_1}{dt}\right) \cdot n_2 L_2 \cdot A = 4\pi 10^{-7} \cdot 1000 \cdot \frac{12 \cdot 0,63}{6 \cdot 0,000008} \cdot 10000 \cdot 0,1 \cdot \pi (0,025)^2 = 380 \text{ V}$$