

28 Een kompasnaald staat horizontaal opgesteld en geeft de richting aan van de horizontale component $B_{aarde,hor}$ van het aardmagnetisch veld.

Annabel geeft de kompasnaald vervolgens een kleine uitwijking uit zijn evenwichtsstand. De punt van de naald trilt harmonisch met een amplitude van 3,0 mm en een trillingstijd van 1,8 s.

- a Bereken de snelheid van de punt van de kompasnaald bij het passeren van de evenwichtsstand.

Annabel plaatst vervolgens een spoel evenwijdig aan $B_{aarde,hor}$ en sluit die aan op een regelbare spanningsbron met polen P en Q. De kompasnaald zet ze midden in de spoel.

Zie figuur 61. Ze stuurt een elektrische stroom door de spoel. De stroom in de spoel is zó gericht dat de richting van het magnetisch veld van de spoel tegengesteld is aan de richting van $B_{aarde,hor}$.

- b Beredeneer welke van de twee polen de positieve pool is.

Bij een stroomsterkte van 2,2 mA in de spoel is het magnetisch veld van de spoel even groot als $B_{aarde,hor}$. Het resulterende magnetisch veld in de spoel is dan nul. De naald gaat dan na een duwtje niet slingeren, maar ronddraaien. De spoel is 25 cm lang en heeft 1600 windingen.

Voor de grootte van het magnetische veld in een spoel geldt:

$$B_{spoel} = 1,2 \times 10^{-6} \cdot \frac{N \cdot I}{\ell}$$

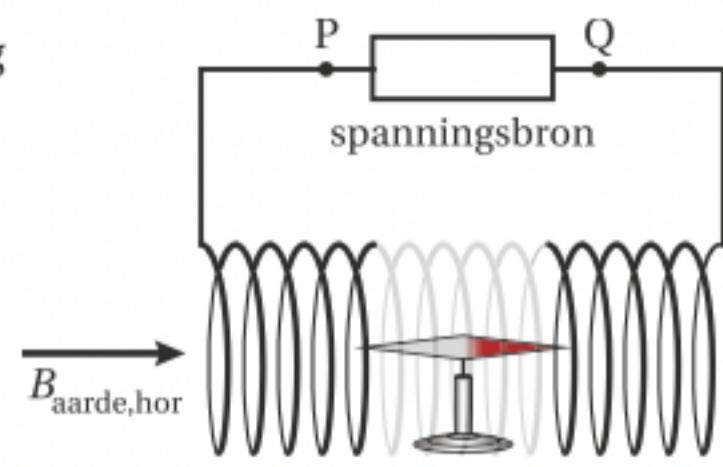
- B_{spoel} is de magnetische inductie in T.
 - N het aantal windingen van de spoel.
 - I de stroomsterkte door de spoel in A.
 - ℓ de lengte van de spoel in m.
- c Toon aan dat de grootte van $B_{aarde,hor}$ gelijk is aan $1,7 \cdot 10^{-5}$ T.

Ze verwijdert de spanningsbron en de kompasnaald en verbindt de uiteinden P en Q van de spoel met een oscilloscoop. Ze laat de spoel vervolgens vanuit de getekende stand enkele malen met constante snelheid draaien in een verticaal vlak rond punt M. De draairichting is in figuur 62 aangegeven.

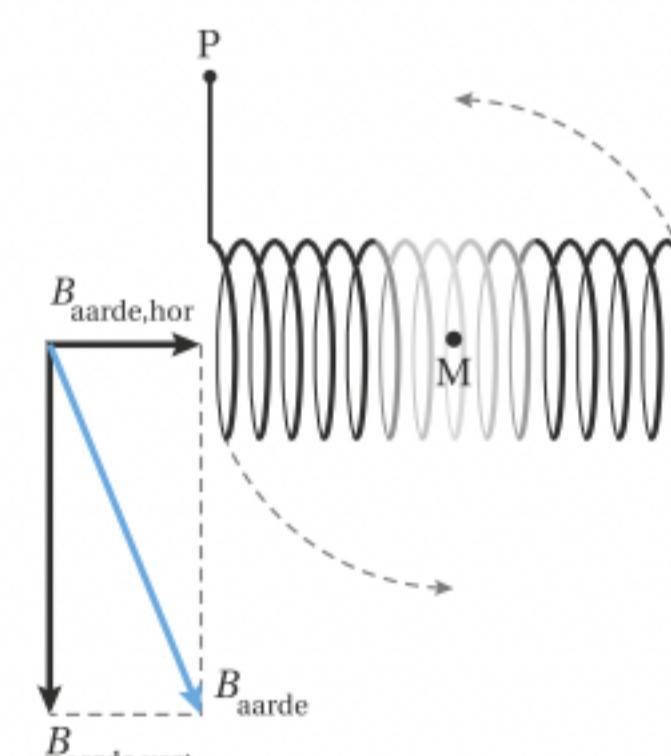
Tussen de uiteinden P en Q ontstaat tijdens het draaien een inductiespanning U_{spoel} die in figuur 63 is weergegeven als functie van de tijd t. De inductiespanning is maximaal als de spoel loodrecht op het magnetisch veld van de aarde staat.

Op $t = 0$ s passeert de spoel de in figuur 62 getekende stand.

- d Bereken de grootte van het aardmagnetisch veld.



Figuur 61



Figuur 62



3

Opgave 28

- a De snelheid bereken je uit de formule voor maximale snelheid bij een harmonische trilling.

$$v_{max} = \frac{2\pi \cdot A}{T}$$

$$A = 3,0 \text{ mm} = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$T = 1,8 \text{ s}$$

$$v_{max} = \frac{2\pi \times 3,0 \cdot 10^{-3}}{1,8}$$

$$v_{max} = 0,1047 \cdot 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond: $v_{max} = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$.

- b Het aardmagnetisch veld van de aarde is gericht van links naar rechts.

Dus is het magnetisch veld van de spoel in de spoel gericht van rechts naar links.

Volgens de 'rechterhandregel' loopt de stroom door de spoel dan van Q naar P.

Dus Q is de positieve pool.

- c De grootte van het veld van de spoel bereken je met de gegeven formule.

$$B_{spoel} = 1,2 \times 10^{-6} \cdot \frac{N \cdot I}{\ell}$$

$$N = 1600$$

$$\ell = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$$

$$I = 2,2 \text{ mA} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$B_{spoel} = 1,2 \times 10^{-6} \times \frac{1600 \times 2,2 \cdot 10^{-3}}{0,25}$$

$$B_{spoel} = 1,689 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$B_{aarde,hor} = B_{spoel}$

Afgerond: $B_{aarde,hor} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

- d De grootte van het magneetveld van de aarde bereken je met een goniometrische formule.

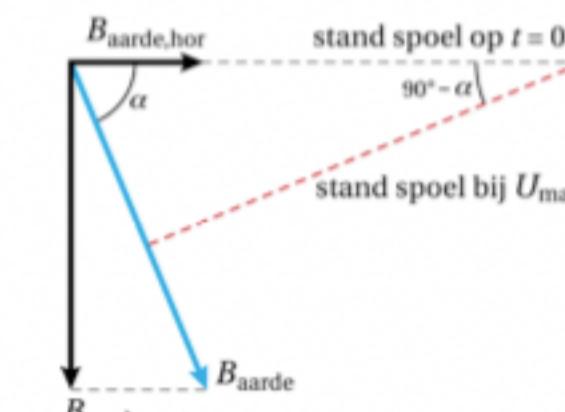
De hoek α tussen $B_{aarde,hor}$ en het aardmagnetisch veld B volgt uit het faseverschil van de inductiespanning.

Het faseverschil bereken je met de formule voor faseverschil van trillingen.

De trillingstijd bepaal je in figuur 42 van het katern.

Het tijdverschil is de tijdsduur tot de inductiespanning maximaal is.

Als de spoel loodrecht op het aardmagnetisch veld B staat, dan is de inductiespanning maximaal. De spoel is dan over een hoek $(90^\circ - \alpha)$ gedraaid. Zie figuur 20.



Figuur 20

$$t_{max} = 0,025 \text{ s} \quad \text{Aflezen uit figuur 63 van het katern.}$$

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T}$$

$$\Delta t = t_{max} - 0 = 0,025 \text{ s}$$

$$T = 0,32 - 0,07 = 0,39 \text{ s}$$

$$\Delta\varphi = \frac{0,025}{0,39}$$

$$\Delta\varphi = 0,0641$$

$$\frac{90 - \alpha}{360} = \Delta\varphi$$

$$\alpha = 66,9^\circ$$

$$\cos \alpha = \frac{B_{aarde,hor}}{B_{aarde}}$$

$$B_{aarde,hor} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$\cos(66,9^\circ) = \frac{1,7 \cdot 10^{-5}}{B_{aarde}}$$

$$B_{aarde} = 4,33 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

Afgerond: $B_{aarde} = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

- e noorderlicht (aurora borealis) of zuiderlicht (aurora australis)

Zie figuur 21.

Het proton ondervindt een lorentzkracht. De richting van de lorentzkracht volgt uit de FBI-regel. De lorentzkracht staat loodrecht op het vlak gevormd door stroomsterkte en de magnetische inductie. Omdat de magnetische inductie in punt M niet loodrecht op de aarde staat, is de lorentzkracht is van de aarde af gericht.

