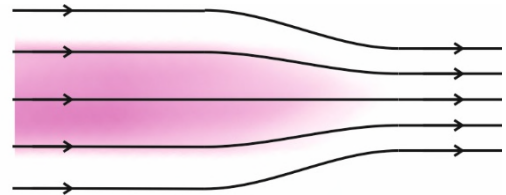


Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

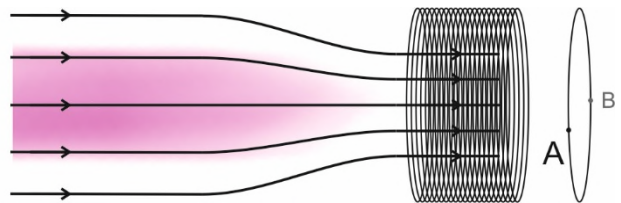
Opgave 1

Een plasma is een gas waarin een groot aantal deeltjes is geïoniseerd. Om het plasma in stand te houden mag het geen contact maken met de wand. Daartoe wordt het plasma opgesloten in een zogenaamde magnetische fles.



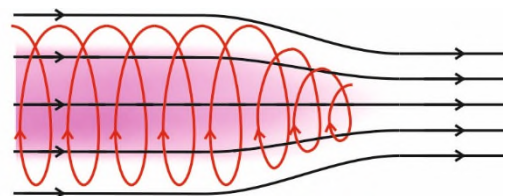
In bovenstaande afbeelding staat schematisch het magneetveld aan het rechter uiteinde van zo'n magnetische fles weergegeven.

Aan de rechter kant wordt het magneetveld opgewekt door een spoel zoals weergegeven in nevenstaande afbeelding.



- a) **Leg uit** of de stroomsterkte door deze spoel bovenlangs in de richting van A naar B of onderlangs in de richting van A naar B loopt.

In nevenstaande afbeelding staat het magneetveld wederom weergegeven, maar nu met de baan van een plasmadeeltje.



- b) **Leg uit** of het plasmadeeltje een positieve of een negatieve lading heeft.

Aan de linker kant van de afbeelding is de beweging van het deeltje een spiraal. Deze bestaat uit een cirkelbaan in het vlak loodrecht op het magneetveld en een eenparige rechtlijnige beweging in de richting van het magneetveld. Het magneetveld wordt naar rechts toe steeds sterker. Dit kun je zien aan het feit dat de inductielijnen steeds dichter bij elkaar liggen.

Leg uit waarom het deeltje in zijn beweging naar rechts wordt afgeremd in het gebied waar het magneetveld sterker wordt.

Opgave 2

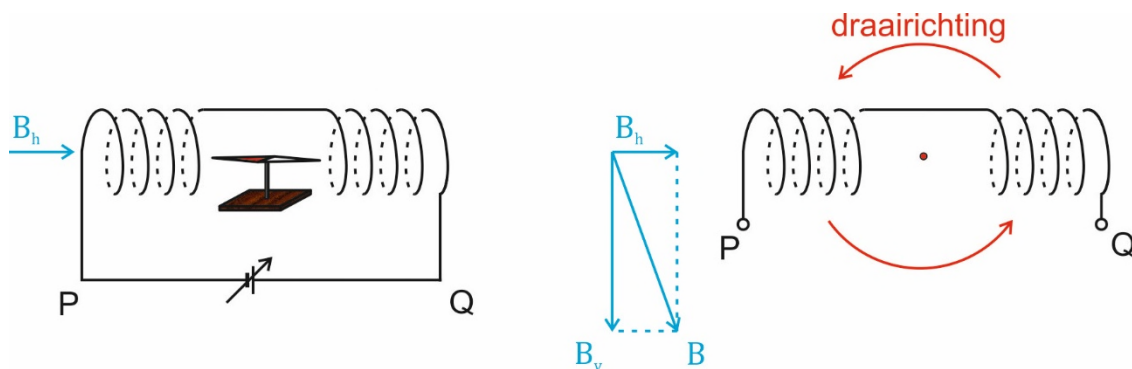
Een kompasnaald staat horizontaal opgesteld en geeft de richting aan van de horizontale component B_h van de magnetische veldsterkte van het aardmagnetische veld.

Men geeft de kompasnaald vervolgens een kleine uitwijking uit zijn evenwichtsstand. De punt van de naald gaat dan harmonisch trillen 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.

Een spoel wordt evenwijdig aan B_h opgesteld en aangesloten op een regelbare spanningsbron. De kompasnaald wordt midden in de spoel geplaatst. Zie linker onderstaande afbeelding. Men stuurt een elektrische stroom door de spoel. De stroom in de spoel is zó gericht dat de richting van het magnetische veld van de spoel tegengesteld is aan de richting van B_h . Bij een stroomsterkte van 2,2 mA in de spoel is de magnetische veldsterkte van de spoel even groot als B_h .

De resulterende magnetische veldsterkte 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 de magnetische veldsterkte in de spoel geldt:

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

Hierin is N het aantal windingen; I is de stroomsterkte in de spoel en ℓ is de lengte van de spoel.

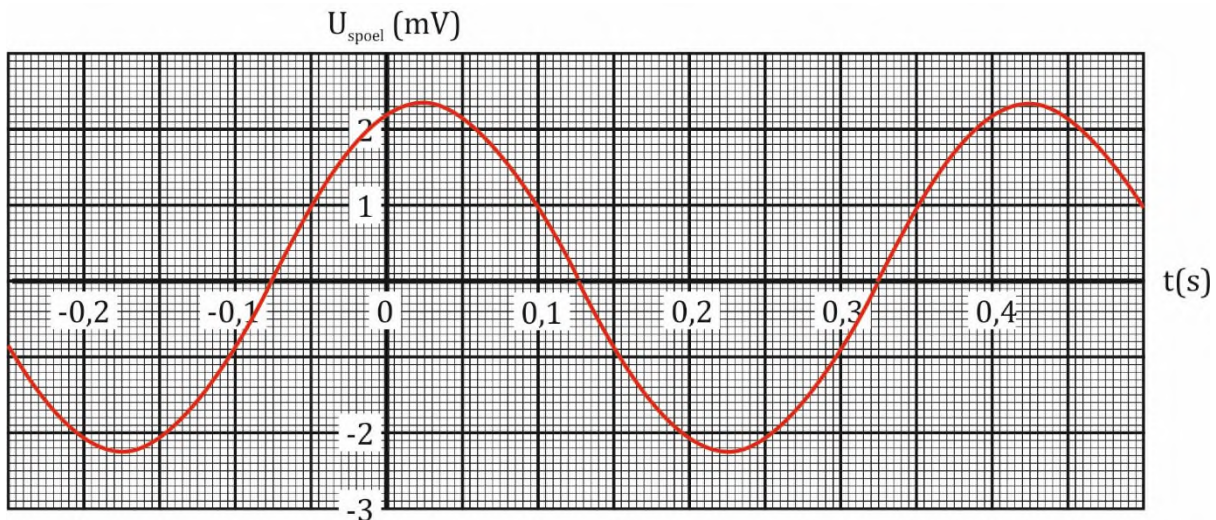
b) **Bereken** de grootte van B_h .

De spanningsbron en de kompasnaald worden verwijderd. De uiteinden P en Q van de spoel worden nu verbonden met een instrument dat het verloop van de spanning als functie van de tijd kan registreren. De spoel wordt vervolgens vanuit de getekende stand enkele malen met constante hoeksnelheid rondgedraaid in een verticaal vlak. De draaizin is in de rechter bovenstaande afbeelding aangegeven.

De verticale component B_v , van het aardmagnetische veld is omlaag gericht.

c) **Leg uit** welk van de uiteinden van de spoel de hoogste potentiaal heeft op het moment dat de getekende stand wordt gepasseerd: P dan wel Q.

De inductiespanning die bij het ronddraaien over de spoel ontstaat, is in onderstaand diagram weergegeven als functie van de tijd t .



Eén van de momenten waarop de spoel de in de rechter bovenstaande afbeelding getekende stand passeert, wordt $t = 0$ gesteld.

- d) Laat zien dat de richting van de magnetische inductie B van het aardmagnetische veld een hoek van 68° maakt met het horizontale vlak.

Hint: U_{ind} is maximaal als $\Phi = 0$ is.

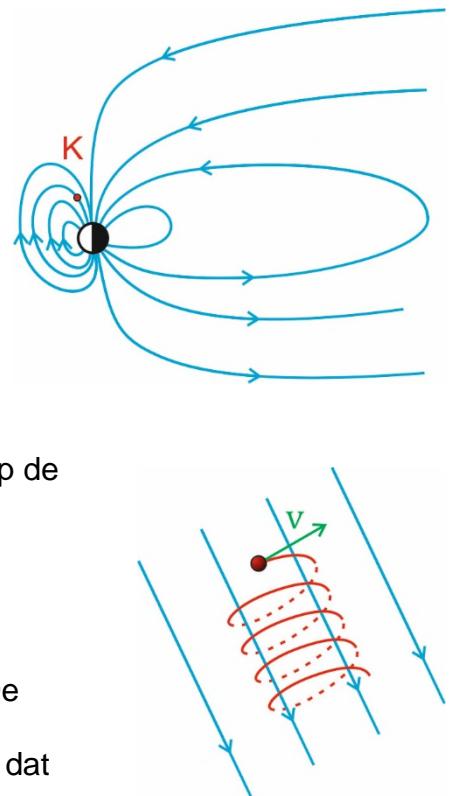
- e) **Bereken** de grootte van de magnetische veldsterkte B van het aardmagnetische veld.

Het magnetische veld van de aarde strekt zich tot ver in de ruimte uit. Het wordt beïnvloed door de zon. Het veld is getekend in nevenstaande afbeelding.

Protonen, afkomstig uit de zon, kunnen soms diep doordringen in dit veld, bijvoorbeeld tot bij K.

Als een proton beweegt in een homogeen magnetisch veld en daarbij een snelheid heeft die niet loodrecht staat op de richting van dit magnetische veld, beschrijft het proton een schroefbaan met een as evenwijdig aan de magnetische veldlijnen. Zie nevenstaande afbeelding.

Als een proton in de omgeving van K een schroefbaan beschrijft die naar de aarde toe is gericht, komt het in een gebied waar de veldlijnen steeds dichter bij elkaar liggen. De situatie is in onderstaande afbeelding. Beschouw daar een proton dat bij M loodrecht uit het vlak van tekening komt en dat bij N het vlak van tekening in gaat.



f) **Leg uit** dat dit proton bij M ten gevolge van het magnetische veld een kracht ondervindt met een component die van de aarde af is gericht.

Ondanks deze krachtcomponent bereiken de meest energierijke protonen in de poolstreken de bovenste lagen van de atmosfeer. Daar ontstaan lichtverschijnselen: het poollicht.

g) **Leg uit** hoe energierijke protonen die de atmosfeer binnendringen lichtverschijnselen doen ontstaan.

