

Naam: _____ Klas: _____

Practicum magneten

Benodigdheden

2 staafmagneten, kompasje, grote spijker, twee kleine spijkertjes, figuurzaagje, rode en blauwe stickertjes, kunststof plaat, ijzervijsel in een strooipotje, blokje weekijzer.

Magnetische krachten

Houd de twee noordpolen van de staafmagneten bij elkaar.

Je merkt dat twee noordpolen elkaar (afstoten of aantrekken) _____

Houd de twee zuidpolen van de staafmagneten bij elkaar.

Je merkt dat twee zuidpolen elkaar (afstoten of aantrekken) _____

Houd de noordpool van de ene staafmagneet bij de zuidpool van de andere magneet.

Je merkt dat een noordpool en een zuidpool elkaar (afstoten of aantrekken)

Probeer een ijzeren (stalen) voorwerp zoals een schaar of een flinke spijker aan een staafmagneet te hangen. Doe dit eerst bij de noordpool, daarna bij de zuidpool en tenslotte bij het midden van de staafmagneet. Je merkt dat de krachtwerking bij de polen het (sterkst of zwakst) _____ is en bij het midden het _____.

Kompas

Een kompasnaald is een magneet die in het horizontale vlak vrij kan draaien.

Houd de zuidpool van de staafmagneet bij het kompasje. Ga na welke kleur het noorden van het kompasnaaldje heeft. _____

Laat het kompasnaaldje vrij draaien waarbij er geen andere magneten of ijzeren voorwerpen in de buurt van het kompas zijn. Je merkt dat de noordpool van het naaldmagneetje naar het _____ van de aarde wijst.

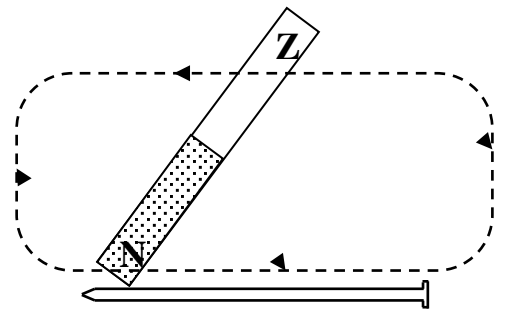
Ga na dat je de stand van de kompasnaald kunt beïnvloeden door er een stuk ijzer (bijvoorbeeld een schaar) bij in de buurt te houden. Aan welke voorwaarde moet je bij het gebruik van een kompas dus in ieder geval voldoen?

Magnetiseren

Tik een aantal keren flink tegen een grote (stalen) spijker en tegen een paar kleine (stalen) spijkertjes. Controleer daarna dat je met de grote spijker de kleine spijkertjes niet kunt optillen.

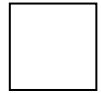
Haal nu een staafmagneet een aantal keren langs de grote spijker zoals in de figuur hiernaast is aangegeven. De richting van de beweging moet hierbij steeds gelijk blijven.

Onderzoek of je de kleine spijkertjes daarna met de grote spijker kunt optillen. Wat is je conclusie?



Tik nu nogmaals een aantal keren tegen de grote spijker. Probeer de kleine spijkertjes weer met de grote spijker op te tillen. Wat is je conclusie?

Laat het bovenstaande controleren voordat je verder gaat.



Een magneet doormidden breken

Magnetiseer een figuurzaagje op de manier van de vorige opdracht.

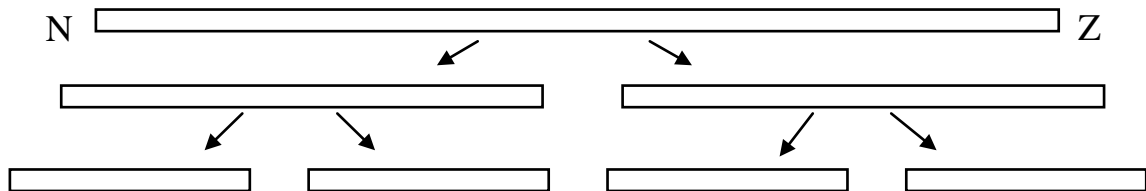
Bepaal met behulp van het kompasje wat de noordpool en de zuidpool van het figuurzaagje is.

Plak een rood stickertje op de noordpool en een blauw stickertje op de zuidpool.

Breek het figuurzaagje doormidden. Onderzoek de nieuwe uiteinden weer met behulp van het kompasje. Plak op deze uiteinden weer een rood of blauw stickertje.

Breek beide stukken nog een keer in tweeën en onderzoek de nieuwe uiteinden nogmaals.

De conclusie van het bovenstaande proefje kan in de onderstaande figuur worden samengevat. Zet in deze figuur een N of een Z bij elk van de uiteinden van het zaagje.

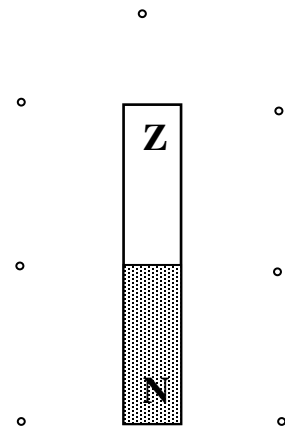


Het magnetisch veld rond een staafmagneet

In de figuur hiernaast is een staafmagneet getekend. Plaats het kompasje achtereenvolgens op de aangegeven plaatsen (kleine rondjes). Geef met kleine pijltjes aan in welke richting de noordpool van het kompasnaaldje wijst in die punten.

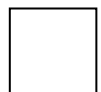
Deze pijltjes geven de richtingen van de veldlijnen door die punten aan.

Onderzoek nu het magnetisch veld rond de staafmagneet met behulp van ijzervijlsel. Doe dit als volgt. Leg de kunststof over de staafmagneet. Strooi voorzichtig ijzervijlsel op de plaat. Mors niet! Tik zachtjes tegen de plaat. De ijzerdeeltjes gaan zich dan in rijen hechten.



Teken nu in de figuur hiernaast hoe de veldlijnen door de punten (ongeveer) lopen.

Laat het bovenstaande controleren voordat je verder gaat.



Het magnetisch veld rond twee magneten

Leg twee staafmagneten in elkaars verlengde op kleine afstand van elkaar. Laat de noordpool van de ene magneet tegenover de zuidpool van de andere magneet liggen (zie de onderstaande figuur). Om te voorkomen dat de magneten naar elkaar toe schuiven kan een houten blokje tussen de magneten gelegd worden.

Leg de kunststof plaat op de magneten. Strooi weer ijzervijlsel over de plaat heen en tik hier voorzichtig tegen.

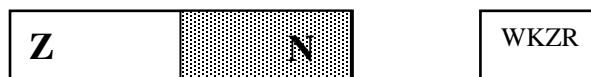
Bekijk hoe de veldlijnen rond de magneten lopen. Teken vervolgens in de onderstaande figuur minstens tien veldlijnen. Geef ook de richting van de veldlijnen aan.



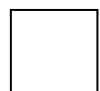
Voer dezelfde opdracht nogmaals uit maar nu met de twee noordpolen naar elkaar toe gericht. Zie de onderstaande figuur.



Voer dezelfde opdracht nogmaals uit maar nu in een situatie waarbij één staafmagneet is vervangen door een stuk weekijzer (WKZR). Zie de onderstaande figuur.



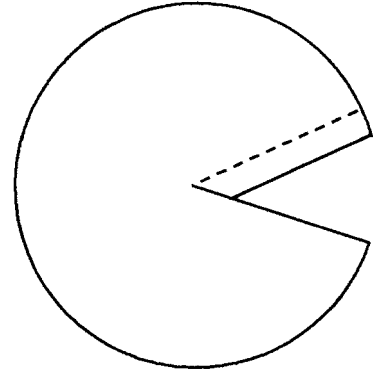
Laat het bovenstaande controleren.



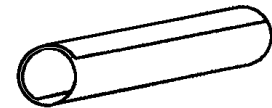
Maak zelf een luidspreker (I)

Uit een luidspreker komt geluid dankzij magnetisme. In een luidspreker zitten twee magneten: een permanente magneet en een elektromagneet.

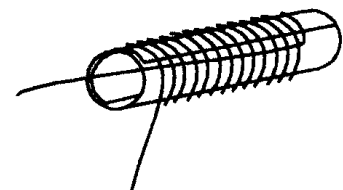
1. Maak van stevig papier (160 g/m²) een “Chinese hoed”. Zie de figuur hiernaast. De uitgesneden hoek moet ongeveer 30° zijn. Gebruik lijm of een plakstift om de uiteinden aan elkaar te bevestigen.



2. Maak van het stevige papier ook een kokertje. Maak de diameter van het kokertje zo groot dat deze straks ruimschoots om een magneet heen geschoven kan worden. Tip: rol het papier om een dikke stift of zoiets.



3. Wikkel ongeveer 5 meter koperdraad (“wikkeldraad”) om het kokertje. Dat koperdraad moet een diameter van 0,2 mm of 0,3 mm hebben. Zorg ervoor dat je het begin en het einde lang genoeg houdt. Anders kun je de luidspreker niet aansluiten. Gebruik plakband om het koperdraad op zijn plaats te houden.

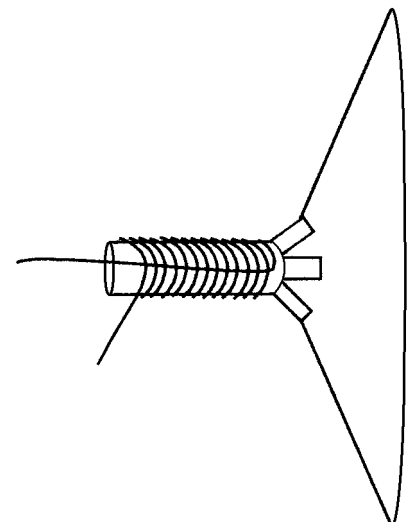


4. Schuur de uiteinden van het koperdraad blank. Met andere woorden: haal het laklaagje (isolatielaagje) eraf.

5. Bevestig het kokertje met de spoel aan de Chinese hoed. Je kunt het kokertje aan één kant bijvoorbeeld een aantal keren inknippen en de hierdoor ontstane plakstroken op de hoed plakken.

6. Schuif één pool van de permanente magneet in het open uiteinde van het kokertje.

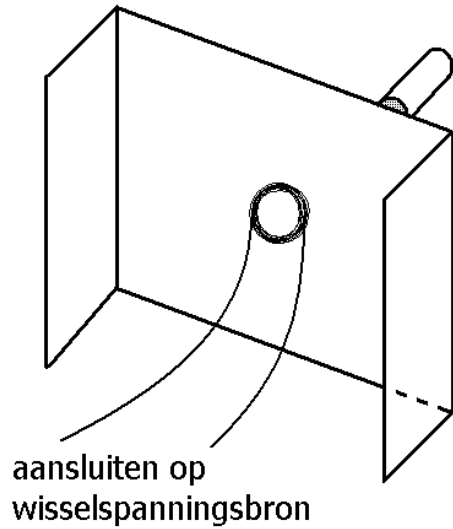
7. Sluit je luidspreker aan op een versterker. Uit de versterker komt wisselstroom. Die stroom wisselt in het ritme van de muziek.



Maak zelf een luidspreker (II)

Wikkel een vier meter lange gelakte koperdraad om het uiteinde van een PVC-buis. Houd aan beide uiteinden van de draad 20 cm over en draai deze uiteinden enkele keren over elkaar. Schuif de gemaakte spoel van de buis af en plak de spoel met plakband op het midden van een A4-blad. Zie de figuur hiernaast. Plooi aan de twee korte zijden van het blad een strook van 5 cm om.

Verwijder de lak aan de uiteinden van de spoel met schuurpapier. Sluit de spoel op een toongenerator of een radio aan. Als er aan de andere kant van het papier een magneet wordt gehouden, komt er geluid uit het papier.



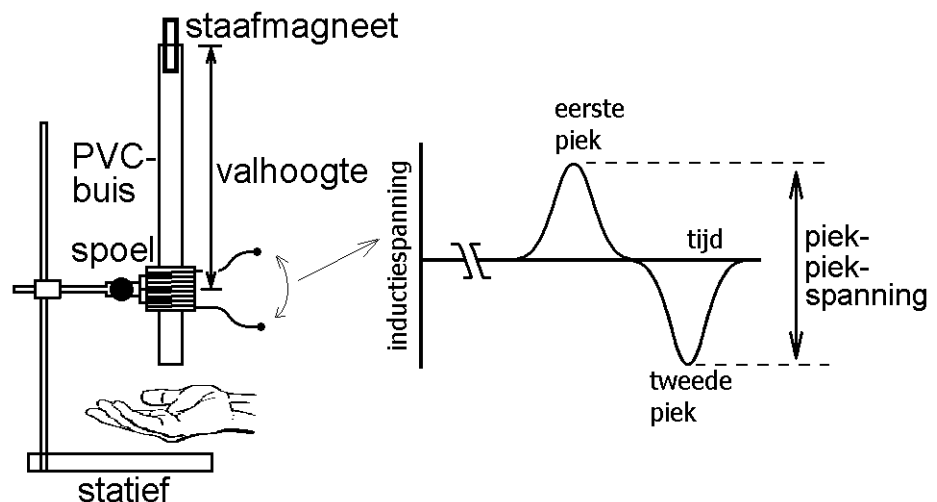
Proef: Controle van de wet van Faraday

Doel van de proef

In deze proef wordt de juistheid van de wet van Faraday gecontroleerd. Deze zegt dat de opgewekte inductiespanning in een spoel evenredig is met het tempo waarin de magnetische flux door de spoel verandert.

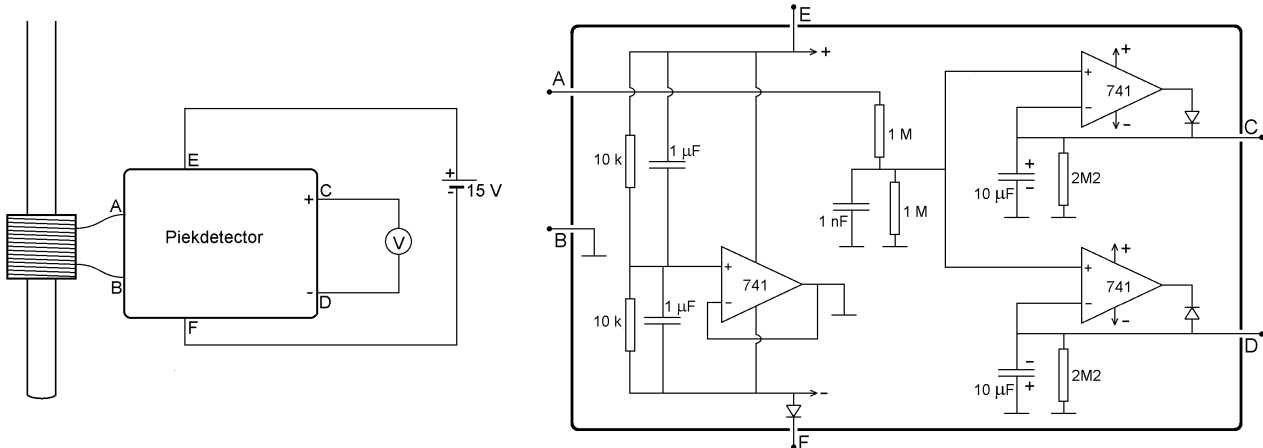
Meetopstelling

In de figuur hiernaast is een deel van de meetopstelling getekend. Een spoel is met behulp van een klem aan een statief bevestigd. Een PVC-buis is door de spoel geschoven. Bovenin de PVC-buis wordt een staafmagneet gehouden en vervolgens losgelaten. Als de staafmagneet onderin uit de PVC-buis komt, wordt hij opgevangen om schade te voorkomen.



Als de staafmagneet door de spoel schuift, ontstaat er een inductiespanning tussen de aansluitpunten van de spoel. Het globale tijdsverloop van de inductiespanning is in het diagram getekend. De eerste piek ontstaat als de onderkant van de staafmagneet de spoel binnendringt en hierdoor de magnetische flux in de spoel toeneemt. De tweede piek ontstaat als de bovenkant van de staafmagneet de spoel uitkomt en de magnetische flux weer afneemt. In dit practicum kijken we naar de hoogte van beide pieken bij elkaar opgeteld: de piek-piekspanning. Volgens de wet van Faraday is deze spanning evenredig met de snelheid waarmee de magneet door de spoel schuift. Dit gaan we in het practicum controleren!

Om de piek-piekspanning te meten, maken we gebruik van een kastje met zes aansluitpunten die zijn aangeduid met A tot en met F. Het kastje wordt in dit practicum de piekdetector genoemd. Zie de onderstaande figuren. De linker figuur geeft aan hoe de piekdetector moet worden aangesloten; de elektronica binnenin de piekdetector wordt rechts getoond maar is hierna niet van belang.



De punten A en B vormen de ingang van de piekdetector. Hierop moet de spoel worden aangesloten.

De punten C en D vormen de uitgang van de piekdetector. Hierop moet een voltmeter worden aangesloten die de piek-piekspanning aangeeft (afgezien van een constante verzwakkingsfactor van 2 die verder buiten beschouwing blijft). Direct nadat de magneet door de spoel gegaan is, is de spanning tussen C en D gelijk aan de piek-piekspanning. Daarna daalt de spanning tussen C en D geleidelijk weer totdat hij uiteindelijk nul wordt. Het is dus belangrijk om de voltmeter direct na het opvangen van de magneet af te lezen. Op de punten E en F van de piekdetector moet de voeding (bijvoorbeeld 15 of 20 volt) worden aangesloten.

Uit de valhoogte de snelheid van de magneet berekenen

In dit practicum is de valhoogte h de afstand tussen het midden van de staafmagneet in zijn beginpositie en het midden van de spoel. De piekwaarde van de inductiespanning wordt gemeten bij verschillende valhoogtes en dus bij verschillende snelheden van de magneet. Uit de valhoogte h kan de snelheid v van de magneet berekend worden volgens $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$. Hierbij worden wrijvingsverliezen verwaarloosd.

Metingen

Ga experimenteel na of het voor de piek-piekspanning uitmaakt of de noordpool of de zuidpool aan de onderkant van de staafmagneet zit. Theoretisch zou er geen verschil moeten zijn.

Meet de piek-piekspanning bij valhoogtes van bijvoorbeeld 5,0 cm, 10,0 cm, 15,0 cm, 20 cm, 30,0 cm, 40,0 cm en 50,0 cm. Doe minstens drie metingen per valhoogte en bereken steeds het gemiddelde van de piek-piekspanning. Er hoeft daarbij niet gewacht te worden tot de uitgangsspanning van de piekdetector (bijna) nul is. Schrijf de meetwaarden hieronder op.

Laat de metingen controleren voordat je verder gaat.



Verwerking van de meetgegevens

Zet in een diagram de (gemiddelde) piek-piekspanning van de inductiespanning uit tegen de snelheid van de magneet tijdens zijn beweging door de spoel. Ga na of deze piek-piekspanning evenredig is met de snelheid. Schrijf je conclusie hieronder op.

Laat het bovenstaande controleren voordat je verder gaat.



Bewijs formule

Bewijs hieronder de formule $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$.

Laat het bovenstaande controleren.



Proef: vallende magneet door spoel

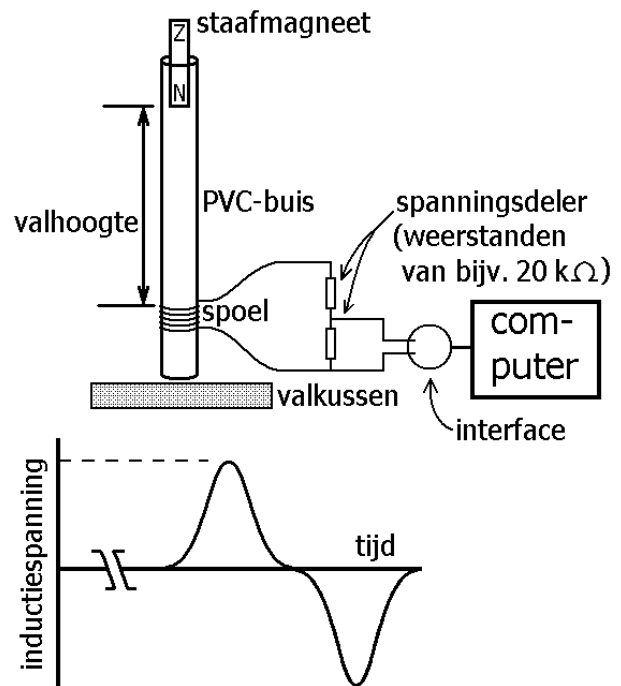
Doel van de proef

In deze proef wordt gecontroleerd of de inductiespanning evenredig is met de snelheid waarmee de magnetische flux verandert.

Beschrijving van de proef

De figuur hiernaast toont de opstelling van de proef. Een staafmagneet wordt bovenin een PVC buis gebracht en losgelaten. De magneet valt dan door de buis naar beneden. Tijdens de val beweegt de magneet door een spoel die om de buis zit. In de spoel ontstaat er dan een inductiespanning. Deze inductiespanning wordt door de computer geregistreerd.

De computer kan spanningen vastleggen met behulp van een interface. Dit is een soort kastje dat als schakel dient tussen de opstelling (magneet, buis en spoel) en de computer. Om te voorkomen dat de inductiespanning buiten het meetbereik van de interface komt, wordt de inductiespanning eerst verzwakt met een spanningsdeler. Ga dit in de figuur na.



De computer registreert een signaal zoals hierboven is weergegeven (eventueel gespiegeld om de horizontale as). De eerste piek ontstaat als de magneet de spoel inschuift, de tweede piek ontstaat als de magneet de spoel uitkomt.

De proef wordt uitgevoerd bij verschillende hoogtes van de spoel. Op deze manier kan de snelheid waarmee de magneet door de spoel schuift gevarieerd worden.

In deze proef wordt gekeken naar het verband tussen twee grootheden namelijk:

- 1 de snelheid waarmee de magneet in de spoel schuift.
- 2 de hoogte van de eerste piek van de inductiespanning.

Bepaling van de snelheid van de magneet

De snelheid waarmee de magneet in de spoel schuift kan berekend worden uit de valhoogte. In deze proef is de valhoogte de afstand tussen de onderkant van de magneet in zijn startpositie en de bovenkant van de spoel. In de startpositie (dus op het moment dat je de magneet loslaat) steekt de magneet precies voor de helft in de buis. Zie de bovenstaande figuur.

In de berekening worden de volgende symbolen gebruikt.

h = valhoogte van de magneet

t = valtijd van de magneet

v = snelheid van de magneet

g = gravitatieversnelling (valversnelling) = $9,81 \text{ m/s}^2$ op Aarde (in Nederland).

Omdat de beginsnelheid van de magneet nul is, geldt: $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

Ook geldt: $v = g \cdot t$

Als we beide vergelijkingen combineren krijgen we: $v = \text{wortel uit } (2 \cdot g \cdot h)$

Metingen

In dit practicum wordt met het programma Coach gewerkt om de inductiespanning als functie van de tijd te meten. Het meest gebruiksvriendelijk is om de meting door middel van triggering te laten starten. Verder zijn de volgende instellingen geschikt.

Triggerspanning = 0,1 V in de opgaande flank.

Samplefrequentie = 2500 Hz.

Tijdsduur van de meting = 0,15 s

Laat de magneet bij valhoogtes van 5,0 cm, 15,0 cm, 30,0 cm en 50,0 cm door de buis vallen en meet steeds de inductiespanning met de computer.

Zorg ervoor dat bij elke meting de eerste piek positief is en de tweede piek negatief. Keer zonnodig de magneet om en voer de meting opnieuw uit.

Bepaal bij elke meting de hoogte van de eerste piek (met de optie "uitlezen") en vul de tabel hiernaast in.

valhoogte (cm)	inductiespanning (eerste piek) (V)
5,0	
15,0	
30,0	
50,0	

Print de vier inductiespanning-tijd-diagrammen op papier.

Verslag

Maak in Excel een tabel.

Zet in de eerste kolom de waardes van de valhoogte in meter.

Zet in de tweede kolom de waardes van de valsnelheid. Laat Excel deze waarden uitrekenen.

Zet in de derde kolom de inductiespanningen (hoogtes van de eerste piek).

Maak met Excel een grafiek.

Zet de valsnelheden horizontaal uit.

Zet de inductiespanningen (hoogtes van de eerste piek) verticaal uit.

Zet de meetresultaten als dikke stippen in de grafiek.

Trek een trendlijn die zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit.

Trek conclusies.

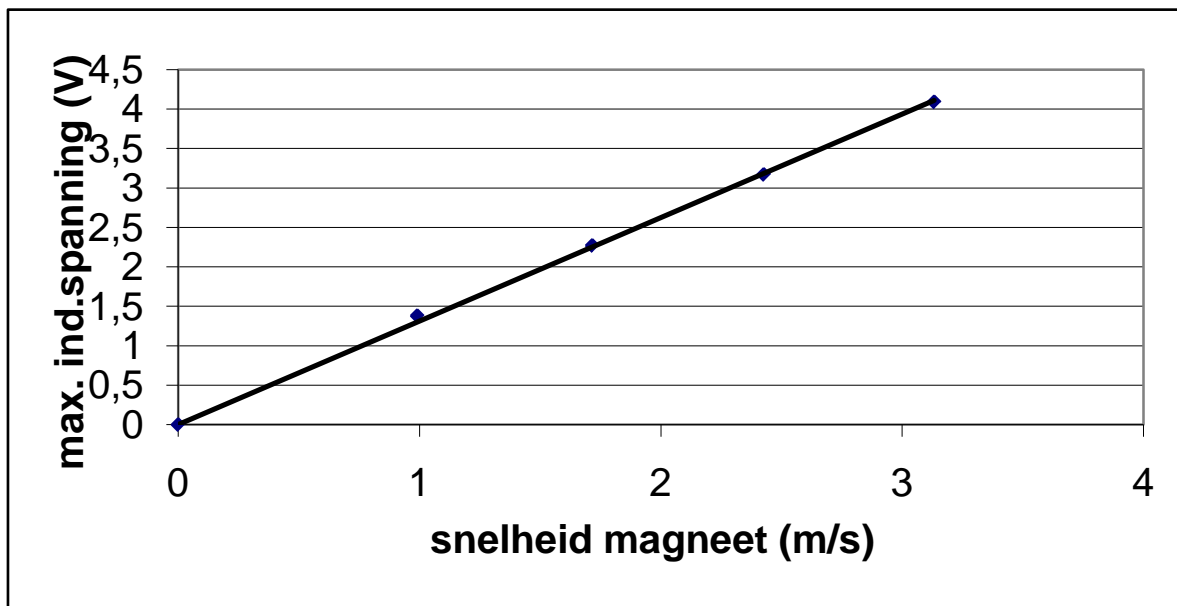
Ga na of de inductiespanning evenredig is met de snelheid van de magneet.

Leg dit uit aan de hand van de grafiek.

Verklaar eventuele afwijkingen.

Voeg bij het verslag de vier diagrammen waarin de inductiespanning tegen de tijd uitstaat.

valhoogte (m)	snelheid (m/s)	spanning (V)
0,05	0,990454441	1,38
0,15	1,715517415	2,27
0,3	2,426107994	3,17
0,5	3,132091953	4,09
	0	0



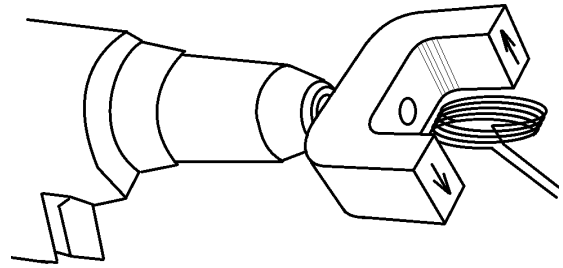
Proef: Magneetveld tussen de polen van een hoefijzermagneet

Doel van de proef

In deze proef wordt de sterkte van het magneetveld tussen de polen van een hoefijzermagneet gemeten.

Beschrijving van de proef

De hoefijzermagneet wordt met behulp van een accuboormachine met een constant toerental rondgedraaid. Tussen de polen van de magneet bevindt zich een stilstaande spoel waarin een inductiespanning wordt opgewekt. Zie de figuur hiernaast. De inductiespanning wordt met een signaalversterker 100 keer versterkt en vervolgens op een oscilloscoop aangesloten. Uit



het oscilloscoopbeeld volgt de maximale inductiespanning en het toerental. Daarnaast zijn het aantal windingen van de spoel en de omsloten oppervlakte van de windingen bekend. Uit deze gegevens kan de (gemiddelde) sterkte van het magneetveld tussen de polen van de hoefijzermagneet berekend worden.

Theorie

Hieronder gebruiken we de volgende symbolen.

B = magnetische fluxdichtheid van het veld tussen de polen van de magneet;

A = omsloten oppervlakte van één winding van de spoel;

N = het aantal windingen van de spoel;

Φ = magnetische flux door de spoel;

Φ_{MAX} = de maximale waarde van de magnetische flux;

U_{IND} = inductiespanning in de spoel;

$U_{IND,MAX}$ = maximale waarde van de inductiespanning in de spoel;

ω = hoeksnelheid van de hoefijzermagneet;

T = tijd van één rotatie = periode van het signaal.

Voor de maximale waarde van de magnetische flux geldt:

$$\Phi_{MAX} = BNA.$$

Voor de momentane magnetische flux kunnen we stellen:

$$\Phi = \Phi_{MAX} \sin(\omega t) = BNA \sin(\omega t).$$

Voor de inductiespanning geldt dan:

$$U_{IND} = \frac{d\Phi}{dt} = BNA\omega \cos(\omega t).$$

Voor de maximale waarde van de inductiespanning geldt dan dus:

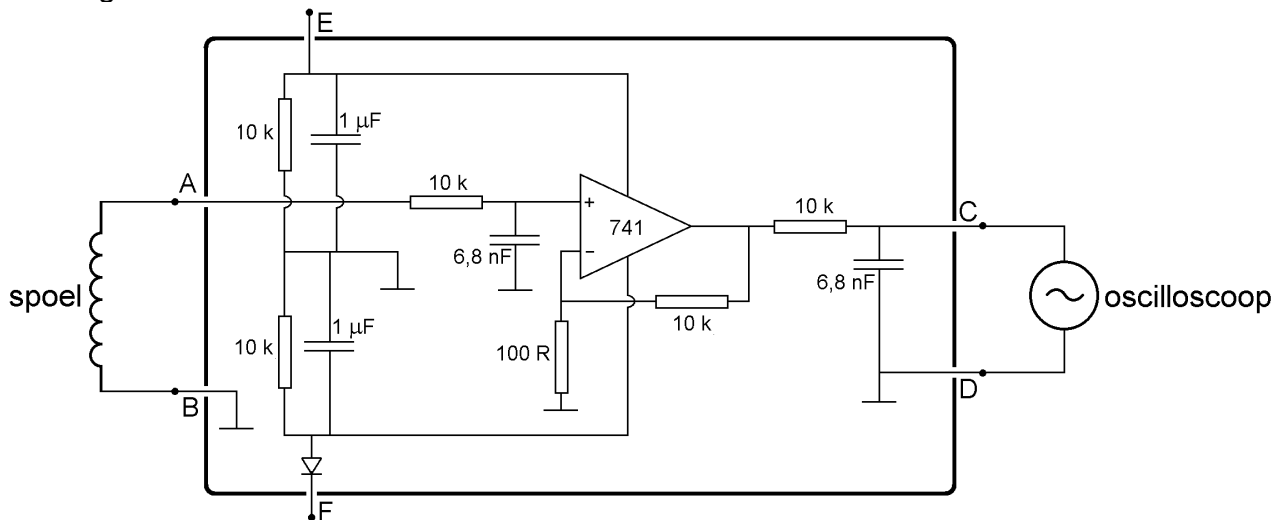
$$U_{IND,MAX} = BNA\omega.$$

Dit kunnen we als volgt herschrijven.

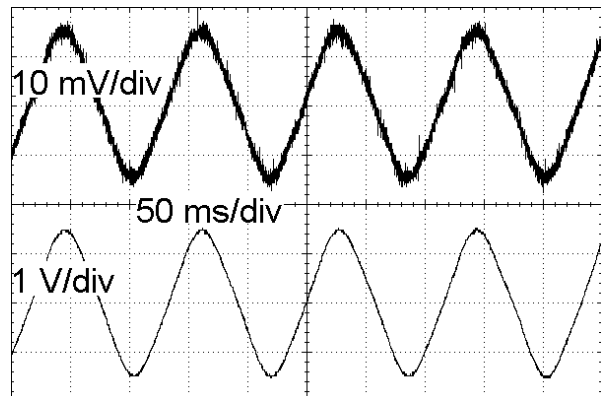
$$U_{IND,MAX} = \frac{2\pi BNA}{T}.$$

Signaalversterker

In de onderstaande figuur is de signaalversterker (100x) afgebeeld. De spoel wordt op de punten A en B aangesloten (ingang van de versterker). De oscilloscoop wordt op de punten C en D aangesloten (uitgang van de versterker). De voeding (bijvoorbeeld 16 V) wordt op de punten E en F aangesloten (E is plus en F is min). Merk op dat de schakeling zowel aan de ingang als aan de uitgang een laagdoorlaatfilter bevat om ongewenste stoorsignalen te onderdrukken.

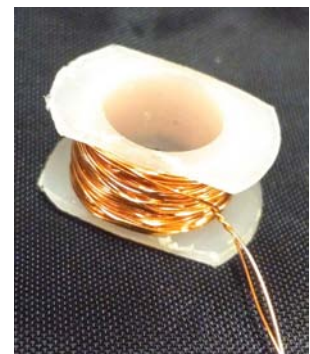


In de figuur hiernaast is een voorbeeld weergegeven van de ingangsspanning (bovenste curve) en van de uitgangsspanning (onderste curve). Duidelijk bevat het uitgangssignaal minder stoorsignalen. Daaruit blijkt dat de filters hun werk goed doen. Verder lezen we uit het oscilloscoopbeeld af dat de versterkingsfactor inderdaad een factor 100 is en dat de periodetijd ongeveer 117 ms bedraagt.



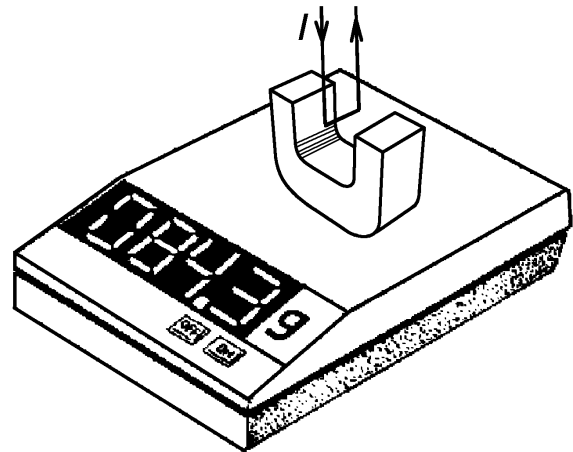
Opdrachten

Maak zelf een spoel rond een klosje met tenminste 30 windingen. Zie bijvoorbeeld de figuur hiernaast. Houd hierbij goed bij hoeveel windingen je aanbrengt. Zorg er voor dat de spoel klein genoeg blijft om tussen de polen van de roterende hoefijzermagneet te passen. Voer vervolgens de proef uit. Bepaal uit het oscilloscoopbeeld de (gemiddelde) fluxdichtheid B tussen de polen van de hoefijzermagneet.



Uitbreiding van de proef

Een tweede manier om de sterkte van het magneetveld tussen de twee polen van de hoefijzermagneet te bepalen is in de figuur hiernaast afgebeeld. De hoefijzermagneet rust op een weegschaal. Tussen de polen van de magneet bevindt zich een horizontaal draadstuk waar een elektrische stroom doorheen gaat. Dit draadstuk is onderdeel van een (mechanisch versterkt) U-vormig draadraam. Op het horizontale draadstuk werkt een verticaal gerichte lorentzkracht.



Als we aannemen dat het magneetveld ter plaatse van het horizontale draadstuk homogeen is, geldt voor de grootte van de lorentzkracht:

$$F_L = B \cdot I \cdot d.$$

Hierin hebben de symbolen de volgende betekenis.

F_L = lorentzkracht op het horizontale draadstuk;

B = magnetische fluxdichtheid van het veld tussen de polen van de magneet;

I = stroomsterkte door het draadraam;

d = lengte van het horizontale draadstuk.

Volgens de derde wet van Newton zal de (lorentz)kracht op het draadstuk even groot zijn als maar tegengesteld zijn aan de kracht op de hoefijzermagneet. De grootte van de lorentzkracht kan dan dus bepaald worden door de verandering van de aanwijzing van de weegschaal ten gevolge van de elektrische stroom af te lezen.

De opdracht is om de magnetische fluxdichtheid ter plaatse van het horizontale draadstuk te bepalen. Deze waarde kan vervolgens vergeleken worden met de gevonden waarde met de eerdere methode (waarbij de hoefijzermagneet ronddraait). Eventuele verschillen moeten verklaard worden.