

## Blok 12 | Magnetisme

### Basisstof

- P1**  
Wat zijn de eigenschappen van magneten 5
- P2**  
De spoel als magneet 7
- P3**  
Magneten 'maken' en 'breken' 8
- P4**  
Hoe en waar passen we elektromagneten toe 9
- P5**  
Elektrische stroom maken met magneten 11
- T1**  
Wat zijn de eigenschappen van magneten 13
- T2**  
De spoel als magneet 14
- T3**  
Magneten 'maken' en 'breken' 14
- T4**  
Hoe en waar passen we elektromagneten toe 15
- T5**  
Elektrische stroom maken met magneten 17
- W1**  
Wat zijn de eigenschappen van magneten 19
- W2**  
De spoel als magneet 19
- W3**  
Magneten 'maken' en 'breken' 20
- W4**  
Hoe en waar passen we elektromagneten toe 20
- W5**  
Elektrische stroom maken met magneten 21

De volgorde waarin je de paragrafen het beste kunt doorwerken is:

**P1, T1, W1,  
P2, T2, W2,  
P3, T3, W3,  
P4, T4, W4  
P5, T5, W5**

### Herhaalstof

- H1**  
Het model van een magneet 23
- H2**  
Spoelen 24
- Antwoordblad
- H1**  
Het model van een magneet 26
- H2**  
Spoelen 26

### Extra stof

- 124**  
Magnetogrammen die je kunt bewaren 27
- 125**  
Elektromagnetische inductie 30
- Extra stof, die wel in de klas aanwezig is, maar niet in dit pakket opgenomen**
- 127**  
Aardmagnetisme
- 128**  
De radio
- 129**  
De bandrekorder
- 130**  
De elektromotor

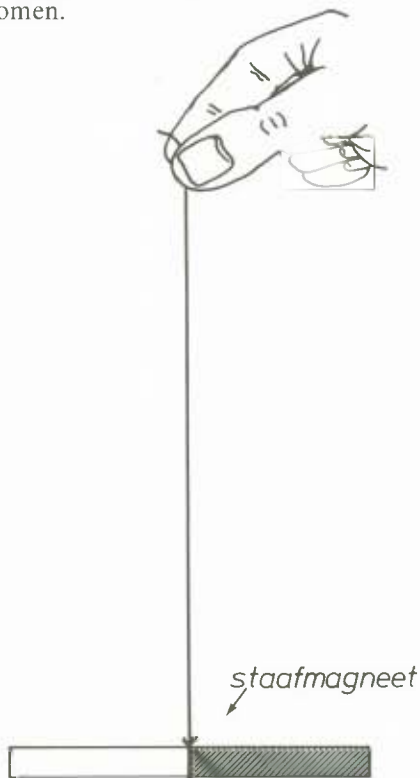
## Wat je moet kunnen aan het eind van blok 12

	Te vinden in:
<b>1</b>	
Je moet weten welke stand een staafmagneet inneemt, als je hem vrij draaibaar opstelt.	P 1
<b>2</b>	
Je moet de noord- en zuidpool van een staafmagneet kunnen bepalen.	P 1
<b>3</b>	
Je moet weten onder welke omstandigheden twee magneten elkaar aantrekken of afstoten.	P 1
<b>4</b>	
Je moet weten welke stoffen door een magneet aangetrokken worden.	P 1
<b>5</b>	
Je moet van verschillende stoffen weten in welke mate de krachtwerking van een magneet door deze stof heengaat.	P 1
<b>6</b>	
Je moet weten dat een magneet ook op een afstand een kracht uitoefent en dat we daarom zeggen dat er een magnetisch veld aanwezig is.	P 1
<b>7</b>	
Je moet van verschillende magneten de veldlijnenpatronen kunnen tekenen.	P 1
<b>8</b>	
Je moet met behulp van een magneet bij een spoel de noord- en zuidpool kunnen bepalen als er een stroom door de spoel gaat.	P 2
<b>9</b>	
Je moet weten wat er met de polen van een spoel gebeurt als de stroomrichting in de spoel omgekeerd wordt.	P 2
<b>10</b>	
Je moet weten wat er met de magnetische krachtwerking van een spoel gebeurt als de stroomsterkte groter of kleiner wordt.	P 2
<b>11</b>	
Je moet weten wat er met de magnetische krachtwerking van een spoel gebeurt als je het aantal wikkelingen van die spoel bij gelijkblijvende spoellengte groter of kleiner maakt.	P 2
<b>12</b>	
Je moet het symbool van een spoel in een schakelschema kennen.	P 2
<b>13</b>	
Je moet het veldlijnenpatroon van een spoel kunnen tekenen.	P 2
<b>14</b>	
Je moet weten dat een ijzeren kern de magnetische krachtwerking van de spoel vergroot.	P 2
<b>15</b>	
Je moet weten wat een elektromagneet is en zijn eigenschappen op kunnen noemen.	P 2
<b>16</b>	
Je moet de overeenkomst en de verschillen tussen een staafmagneet en een spoel op kunnen noemen.	P 2
<b>17</b>	
Je moet weten dat een staaf ijzer die je in een magneet plaatst, zich gedraagt als een staafmagneet.	P 3
<b>18</b>	
Je moet op minstens twee verschillende manieren een stalen staafje kunnen magnetiseren.	P 3
Je moet op twee verschillende manieren een stalen staafje kunnen ontmagnetiseren.	P 3, T 3
<b>20</b>	
Je moet het magnetiseren en ontmagnetiseren aan de hand van een model kunnen verklaren.	P 3
<b>21</b>	
Je moet de werking van een relais kunnen verklaren.	P 4
<b>22</b>	
Je moet de werking van een elektrische bel kunnen verklaren.	P 4

<b>23</b>		<b>Te vinden in:</b>
Je moet de werking van een gelijkstroommotor kunnen verklaren.	<b>P 4</b>	
<b>24</b>		
Je moet kunnen vertellen hoe een wisselstroommotor werkt.	<b>P 4</b>	
<b>25</b>		
Je moet het principe van een luidspreker kunnen verklaren.	<b>P 4</b>	
<b>26</b>		
Je moet weten hoe een magnetische tape signalen vastlegt.	<b>P 4</b>	
<b>27</b>		
Je moet het verschijnsel inductie kennen.	<b>P 5</b>	
<b>28</b>		
Je moet weten hoe een transformator werkt.	<b>P 5</b>	
<b>29</b>		
Je moet de transformatorwetten kunnen toepassen.	<b>P 5</b>	
<b>30</b>		
Je moet weten hoe een generator en een dynamo werken.	<b>P 5</b>	

# Wat zijn de eigenschappen van magneten?

Je hebt vast wel eens met magneten gespeeld. In dit praktikumblad ga je dat ook doen, maar met het doel zoveel mogelijk over magneten te weten te komen.



**1**  
Hang een staafmagneet aan een touwtje op. Zorg dat de magneet horizontaal hangt en kan draaien. Welke stand neemt de magneet in als hij tot rust is gekomen?

Welk uiteinde van de magneet wijst naar het noorden?

We noemen dit uiteinde voortaan de noordpool van de magneet. Het andere uiteinde dat naar het zuiden wijst, noemen we voortaan de zuidpool van de magneet. De noordpool van de magneet heeft de kleur

De zuidpool van de magneet heeft de kleur

Plak een plakkertje met het woord noordpool op de noordpool van de magneet.

**2**  
Maak de magneet weer los. Zoek een tweede, precies gelijke staafmagneet. Leg beide magneten plat op je tafel, zoals in de tekening.



De noordpool van de ene magneet wijst naar de zuidpool van de andere magneet. Wat constateer je?



**3**  
Draai beide magneten om. Wat constateer je nu?



**4**  
Draai nu één van de magneten om. Leg beide magneten ongeveer 10 cm uit elkaar en schuif ze naar elkaar toe. Wat constateer je?



**5**  
Draai beide magneten om en herhaal proef 4. Wat constateer je?



**6**  
Doe twee cilindermagneetjes met de noordpolen naar elkaar toe in een reageerbuisje. Houd het reageerbuisje vertikaal. Wat zie je?

Doe het ook eens met drie magneetjes boven elkaar.

## Konklusies:

De noordpool van een magneet zal de zuidpool van een andere magneet steeds

De noordpool van een magneet zal de noordpool van een andere magneet steeds

De zuidpool van een magneet zal de noordpool van een andere magneet steeds

De zuidpool van een magneet zal de zuidpool van een andere magneet steeds

**7**  
Je weet dat magneten ook voorwerpen aantrekken die zelf geen magneet zijn. We gaan dit onderzoeken voor twee groepen voorwerpen die van verschillende stoffen zijn gemaakt. Onderzoek uit beide groepen een aantal voorwerpen.

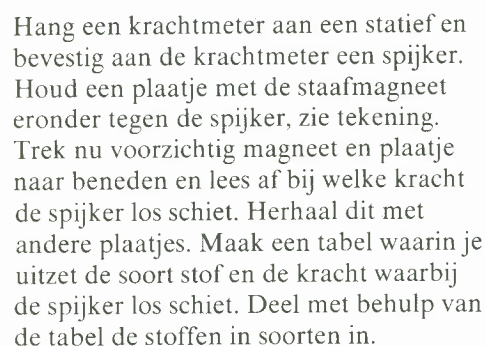
Noteer je waarnemingen in de tabel.

Voorwerp gemaakt van	Werking magneet (vul in: aantrekking, afstoting, geen werking)
Karton	
Plastik	
Papier	
Aluminium	
Perspex	
Koper	
Zink	
Tin	
Water	
Glas	
Alkohol (Spiritus)	
Messing	
Rubber	
Textiel	
IJzer	
Staal	
Nikkel	
Bandrekorder-tape	

## Konklusie:

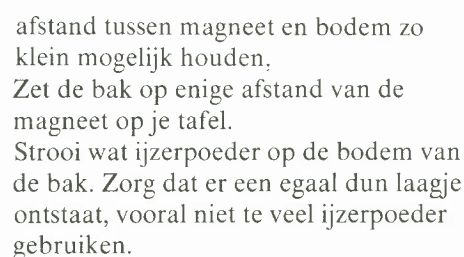
Een voorwerp dat zelf geen magneet is, wordt door een magneet

of



Om door een magneet aangetrokken te worden hoeft een stuk ijzer niet persé tegen de magneet aan te zitten. Ook op enige afstand van de magneet werkt de magnetische kracht op een stuk ijzer. Maak de nevenstaande opstelling maar eens.

We zeggen dat er rondom de magneet een magnetische veld aanwezig is. Je kunt dit magnetisch veld zichtbaar maken. Je hebt hiervoor een plastik bak nodig. Liefst van doorzichtig plastik en voorzien van pootjes zodat je de bak over de magneet heen kunt zetten. In plaats van pootjes kun je ook houten blokjes gebruiken. De

[illegible]

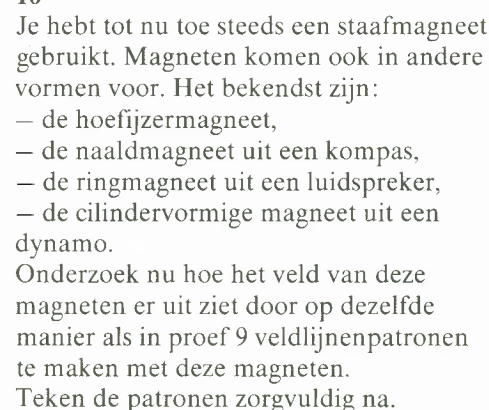
Til de bak voorzichtig hoog boven de magneet en zet hem daarna voorzichtig over de magneet.

Houd de bak vast en tik voorzichtig met je nagel tegen de bak. Het poeder vormt dan een lijnenpatroon. Dit lijnenpatroon zegt ons iets over de vorm van het veld. De lijnen noemen we veldlijnen.

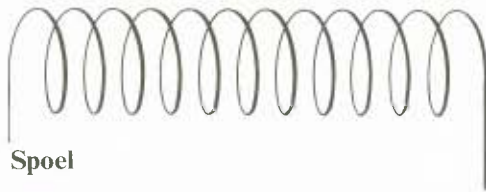
Teken het veldlijnenpatroon zorgvuldig na (als je een donker tafelblad hebt, is het verstandig om onder de magneet een vel wit papier te leggen, je kunt de veldlijnen dan beter zien).

Schud na de proef het ijzerpoeder terug in het strooibusje.

Hoe kun je aan de veldlijnen zien dat de magnetische kracht bij de polen van de magneet het grootst is?



## De spoel als magneet

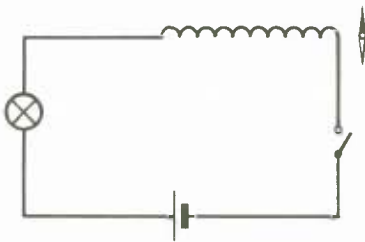


Spoel

Symbool  
voor schakelingen



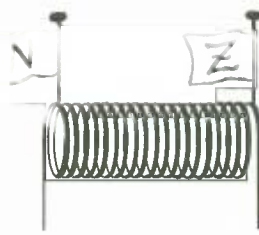
Zoals je weet is een spoel gemaakt van geïsoleerd koperdraad, dat gewonden is om een koker. In blok 7 heb je al gezien dat een spoel een magnetisch effect vertoont. In dit praktikum gaan we onderzoeken in hoeverre een spoel overeenkomt met een magneet. Daarom zullen sommige proeven op die uit P1 lijken.



**1** Maak een serieschakeling van een spoel, een batterij, een drukschakelaar en een lampje. Zet een draaibare kompasnaald voor het ene uiteinde van de spoel volgens de tekening. Druk de schakelaar in. Wat gebeurt er?

Zet de kompasnaald voor het andere uiteinde van de spoel en druk de schakelaar in. Wat gebeurt er?

**Konklusie:**



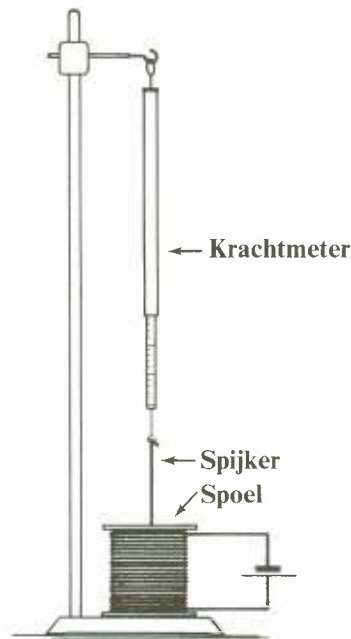
**2** Markeer de uiteinden van je spoel met 'noordpool' en 'zuidpool'. Draai de aansluitingen van je spoel om en herhaal proef 1. Wat zie je?

Wat gebeurt er blijkbaar met de spoel als je de stroomrichting omkeert?

Wat is de overeenkomst tussen een spoel en een magneet?

Wat is het verschil?

Draai nu de aansluitingen van je spoel weer om, zodat je markering weer klopt.



**3** Maak een serieschakeling van een spoel, een drukschakelaar en één batterij. Neem een vijfduims spijker en hang deze zo aan een krachtmeter, dat hij één cm in de spoel hangt, zie de tekening. Druk de schakelaar in. Met welke kracht wordt de spijker in de spoel getrokken?

N.

Neem nu twee batterijen. Druk de schakelaar in. Wat is nu de kracht?

N.

Neem nu drie batterijen. Druk de schakelaar in. De kracht is nu

N.

De sterkte van de spoel als magneet hangt dus af van

**4**

Maak de opstelling van proef 3 met één batterij en meet de kracht. De kracht is

N.

Neem nu een spoel die even groot is als de spoel die je net hebt gebruikt, maar die twee keer zoveel wikkelingen heeft. Maak met deze spoel weer **precies** dezelfde opstelling.

Meet weer de kracht waarmee de spijker de spoel in wordt getrokken.

De kracht is

N.

**Konklusie:**

De sterkte van een spoel als magneet hangt ook af van

**5**

Maak de opstelling van proef 3, maar met de spijker nu vlak boven de spoel. Meet de kracht.

De kracht is

N.

Neem nu een stuk (week-)ijzer dat precies in de spoel past en leg dit in de spoel. We noemen dit stuk ijzer een kern:

Meet opnieuw de kracht.

N.

Wat voor effect heeft dus een kern in een spoel?



**6**

**Veldlijnenpatroon.**

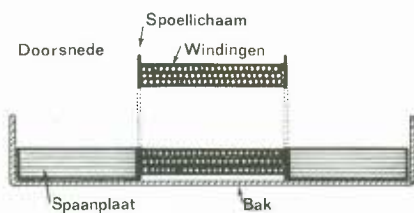
Hiervoor heb je weer de plastik bak nodig die je bij P1, proef 9 ook hebt gebruikt.

Neem een stuk spaanplaat, dat in de plastik bak past. De spaanplaat moet net zo dik zijn als de windingen van je spoel.

Maak een gat in het spaanplaat zó, dat je spoel er precies in past. Zet de spoel en de spaanplaat in de plastik bak. Maak nu een serieschakeling van de spoel, een drukschakelaar en een batterij.

Strooi een dun laagje ijzervijlsel egaal over de spaanplaat. Druk de schakelaar





in en tik voorzichtig met je nagel tegen de spaanplaat.  
Wat zie je?

Teken wat je ziet.

Doe nu het ijzervijsel terug in de strooibus.

Lijkt wat je gezien hebt op iets wat je al eerder gezien hebt?

### Konklusies:

Wat heb je tot nu toe gezien wat gelijk was bij een spoel en een staafmagneet?

Wat heb je nog meer ontdekt?

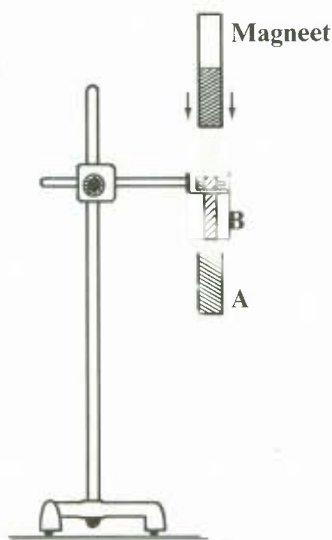
## Blok 12 | Praktikum 3

### Magneten 'maken' en 'breken'

In P1 hebben we de eigenschappen van magneten onderzocht. In P2 hebben we een soortgelijk onderzoek gedaan naar de eigenschappen van spoelen.

Hierbij is het ongetwijfeld opgevallen dat een spoel zich wat betreft de magnetische krachtwerking gedraagt als een staafmagneet.

In dit praktikum gaan we onderzoeken hoe we magneten kunnen maken, en andersom, hoe we magneten kunnen ontmagnetiseren.



1

Houd een stukje ijzer A in de buurt van een staafje ijzer B, dat is vastgeklemd in een statief, zie de tekening.

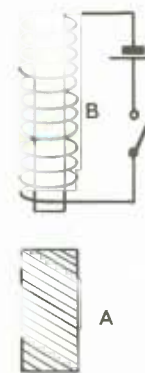
Welke invloed ondervindt A van ijzer B?

Breng het stukje ijzer B in contact met een staafmagneet.

Wat gebeurt er nu als we A volgens de tekening bij ijzer B houden?

Wat gebeurt er als we de staafmagneet langzaam bij B weghalen?

Herhaal proef I met een staafje aluminium in plaats van ijzer A. Noteer je waarnemingen.



2

Leg het staafje ijzer B in een spoel. Maak een serieschakeling van een batterij, de spoel en een schakelaar. Schakel ongeveer 10 s. de stroom in en houd gelijktijdig stukje ijzer A bij ijzer B. Welke invloed ondervindt A van ijzer B als de stroomkring gesloten is?

b Na het openen van de schakelaar?

3

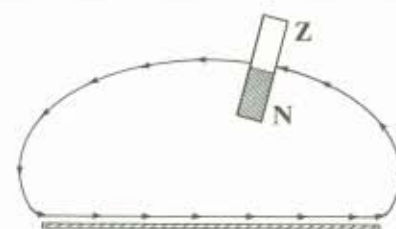
Gebruik de serieschakeling van proef 2. Haal een staaldraad een keertje door de spoel terwijl de stroomkring gesloten is. Controleer de magnetische werking van de staaldraad met een spijkertje.

**Konklusie:**

4

Sla de gemagnetiseerde staaldraad enkele malen hard en vlak op de grond. Controleer de magnetische werking van de draad opnieuw.

**Konklusie:**



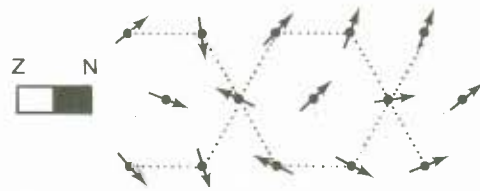
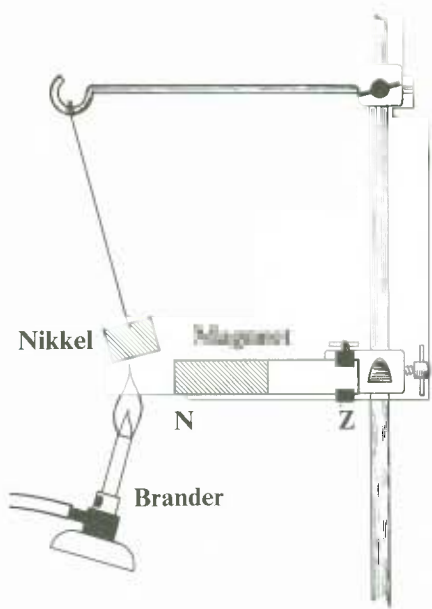
5

Magnetiseer de staaldraad door met een staafmagneet enkele malen over de draad te strijken in een rondgaande beweging, zie de tekening.

Bepaal noord- en zuidpool van de draad met een kompasnaald.

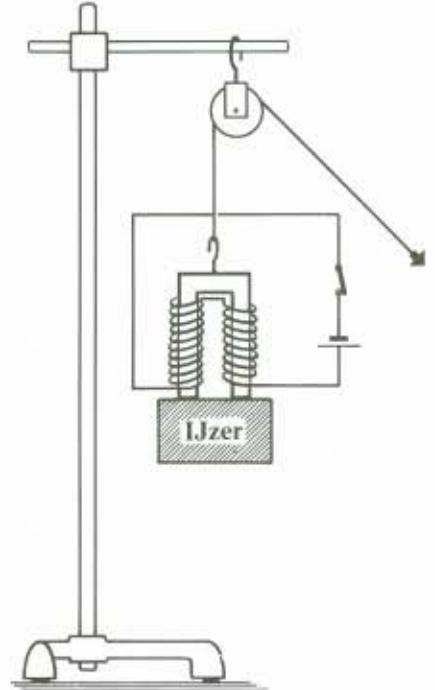
**Konklusie:**

Ontmagnetiseer de draad.



## Hoe en waar passen we elektromagneten toe?

In dit praktikumblad gaan we een aantal belangrijke toepassingen van elektromagneten bekijken.

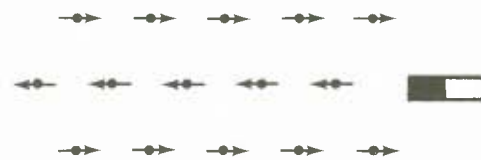


**6**  
Een nikkelen plaatje hangt aan een ijzerdraadje in de buurt van een staafmagneet, zie de tekening. Verhit het plaatje.  
Wat gebeurt er?

**8**  
Voor deze proef heb je 15 gelijke kompasnaaldjes nodig. Rangschik de kompasnaaldjes volgens de tekening. Kies de afstand tussen de naaldjes zó, dat ze weinig invloed van elkaar ondervinden.  
Beweeg nu een staafmagneet over het veld van de kompasnaaldjes.  
Wat gebeurt er?

Leg een staafmagneet aan één kant van het veld.  
Wat gebeurt er nu?

Vergroot de onderlinge wisselwerking van de kompasnaaldjes door de afstand te verkleinen.  
Beweeg de staafmagneet over het veld van de naaldjes.  
Wat zien we?



Zet de naaldjes per rij afwisselend in N-Z, N-Z en Z-N, Z-N volgorde, zie de tekening.  
Leg een staafmagneet aan één kant van het veld.  
Wat gebeurt er?

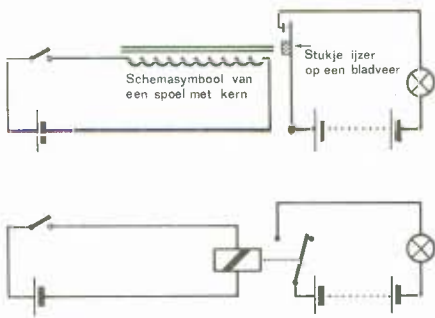
Uit de proeven 1 tot en met 6 blijkt, dat sommige materialen naar believen zijn te magnetiseren en te ontmagnetiseren. Uit het verschillend gedrag tussen het ijzer in de proeven 1 en 2 en de staal draad in de proeven 3, 4 en 5 blijkt dat niet alle materialen zich op dezelfde wijze gedragen.  
Het ijzer verliest zijn magnetische werking praktisch gelijktijdig met het wegnemen van de oorzaak van dit magnetisme.  
De staal draad behoudt zijn magnetische werking en is alleen met kordate middelen te ontmagnetiseren.

**7**  
Magnetiseer het stuk staal draad op de manier zoals aangegeven in proef 5. Bepaal noord- en zuidpool met behulp van een kompasnaald en merk de noordpool met een (rode) watervaste stift. Zoek met behulp van een spijkertje uit aan welk gedeelte van de draad het spijkertje blijft hangen en aan welk gedeelte niet.  
Knip de draad doormidden en herhaal bovenstaand onderzoek.  
Ga door tot de stukjes ongeveer 6 cm zijn. Noteer je waarnemingen.

**1**  
Vooral bij sloperijen, maar ook bij andere bedrijven waar men met grote ijzeren voorwerpen werkt, gebruikt men elektromagneten om ijzeren voorwerpen op te tillen en te verplaatsen. Aan de hijskranen van deze bedrijven hangt een grote elektromagneet in plaats van een haak.  
Bovenstaande tekening toont een model van zo'n hijskraan.  
Om de benen van een hoefijzervormige kern zijn twee spoelen gewikkeld. De spoelen zijn in serie geschakeld en aangesloten op een schakelaar en een batterij.  
Takel een ijzeren voorwerp op met de elektromagneet. Zet dan de schakelaar open.  
Wat neem je waar?

Je kunt dit soort hijsinstallaties ook aantreffen op bedrijven waar ons huisvuil wordt verwerkt.  
Waarvoor zal men daar de elektromagneet gebruiken?





Schemasymbool relais

2

### Het relais.

Een relais is een schakelaar die door middel van een elektromagneet wordt bediend.

Hierboven zie je twee schematische tekeningen van relaisschakelingen. Deze schakelingen staan ook in de klas opgesteld.

Bekijk de tekeningen en de opstellingen goed. Druk op de schakelaars. Wat neem je waar?

---

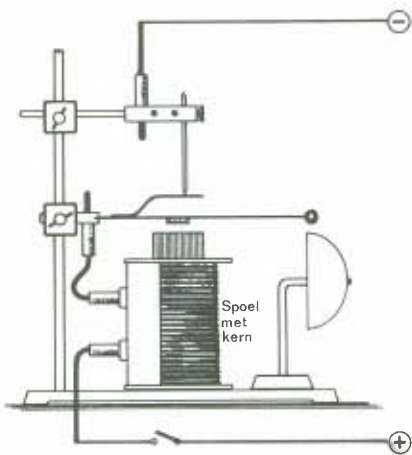


---



---

Verklaar de werking van een relais.



3

### De elektrische bel.

Hierboven zie je een tekening van een opstelling die werkt als een elektrische bel.

In de klas is een elektrische bel aanwezig. Zoek de onderdelen uit de tekening op in de opstelling in de klas.

Laat de bel werken.

Wat neem je waar?

---



---



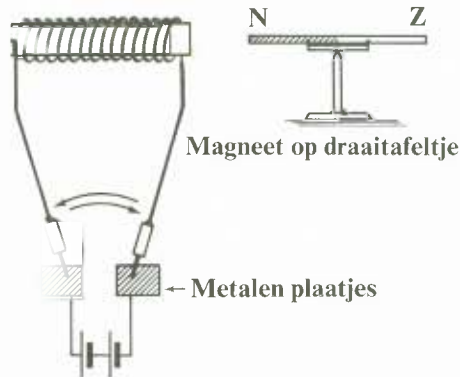
---

Verklaar de werking van de elektrische bel.

4

### De elektromotor.

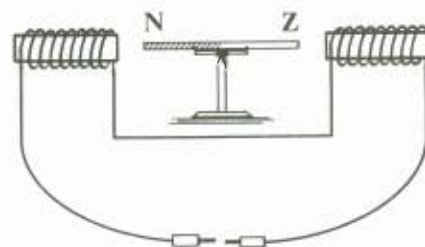
Een elektromotor kun je maken door elektromagneten te combineren met gewone magneten. Je kunt een elektromotor ook helemaal met elektromagneten opbouwen. We bekijken eerst een eenvoudig model dat bestaat uit een vast opgestelde elektromagneet en een draaibare permanente staaftmagneet.



Bovenstaande tekening is een schets van deze elektromotor-opstelling.

Je kunt de elektromagneet bekrachtigen door de stekertjes tegen de metalen plaatjes te drukken. Als je de stekertjes verwisselt, draai je de stroom in de spoel om.

Laat de magneet ronddraaien door de stekertjes steeds op het juiste moment te verwisselen. Probeer de magneet een tijdje aan het draaien te houden. Zoek uit welke stand van de magneet het gunstigst is om de stroom om te draaien.



Je kunt nu een aantal variaties op deze opstelling bedenken. Een mogelijkheid is bijvoorbeeld dat je de magneet tussen twee spoelen in zet.

Ga na wat voor voordelen deze opstelling biedt ten opzichte van de eerste opstelling

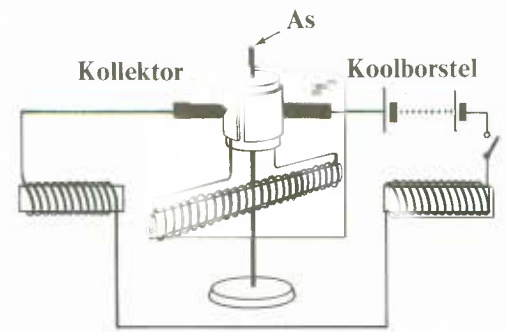
---



---



---



Een andere mogelijkheid is de magneet te vervangen door een draaibare elektromagneet. Je moet er dan wel voor zorgen dat er sloopkontakten zijn, want een vaste draad zou het draaien van de elektromagneet niet toelaten.

In de praktijk wordt meestal op de as van de draaibare elektromagneet een cilinder aangebracht. Op deze cilinder zitten koperen plaatjes, die verbonden zijn met de uiteinden van de wikkeldraad van de elektromagneet.

Zo'n installatie heet **kollektor**.

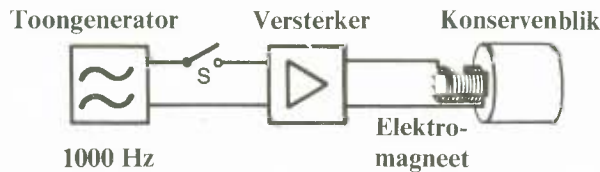
Tegen de kollektor worden twee koolstaafjes geduwd. Dit zijn de z.g. koolborstels.

De koolborstels zijn verbonden met de stroombron. Het bijzondere van deze konstruktie is dat je niet alleen stroom toevoert aan de draaiende elektromagneet, maar dat door het draaien de omkering van de stroom in de magneet automatisch plaats heeft.

Je kunt voor de verschillende elektromagneten verschillende stroombronnen gebruiken. Het is natuurlijk handiger als je alle elektromagneten in serie schakelt, want dan kun je met één stroombron volstaan, zie de tekening.

Ga dit alles na bij het motormodel dat in de klas is opgesteld.

Als je nog meer over elektromotoren wilt weten, moet je het extra stof-blad daarover maar eens doen.



5

### De luidspreker.

Een eenvoudige luidspreker kun je maken van een elektromagneet en een konservenblik.

In de tekening is geschetst hoe de opstelling eruit moet zien.

De toongenerator levert een wisselstroom. Dat wil zeggen een stroom waarvan telkens de richting omkeert.

We zeggen dat de frequentie van de wisselstroom 1000 Hertz is als de stroom 1000 keer per seconde heen en weer gaat. Bekijk de opstelling in de klas en zoek de verschillende onderdelen op die in de tekening staan.

Zet de schakelaar aan.

Neem nu het konservenblik en duw dit met de bodem tegen het uiteinde van de elektromagneet.

Wat neem je waar?

Hoe kun je dit verklaren?

Verander ook eens de frequentie van de toongenerator.

6

### Geluid opnemen op magneetband.

We gaan na hoe bij een bandrekorder het geluid op de magneetband wordt vastgelegd en hoe het geluid weer wordt gewist.

Neem een stuk magneetband van minstens 1 m lengte.

Strijk met de noordpool van een staafmagneet voorzichtig over de eerste 2 cm van de band. Draai de magneet om en strijk nu voorzichtig met de zuidpool over het tweede stukje van 2 cm van de band. Strijk over het volgende stukje van 2 cm weer met de noordpool. Ga op deze manier door tot je heel de band hebt behandeld.

Je hebt dan een band met stukjes van 2 cm die steeds afwisselend met de noord- en zuidpool van de magneet zijn

gemagnetiseerd. De band is nu dus een wisselend magnetisch veld. Draai het stukje band af op een bandrecorder. Wat hoor je?

Wrijf nu de gehele band met één pool van de magneet. Draai het bandje weer af op de bandrecorder.

Wat hoor je nu?

De bandrekorder laat dus alleen

van het magnetische veld horen.

De opnamekop van een rekorder is een elektromagneet. Bij het opnemen brengt de opnamekop een

magnetisch veld op de band aan.

De wiskop van een rekorder is ook een elektromagneet. Wat voor magnetisch veld brengt deze op de band aan?

## Elektrische stroom maken met magneten

1

Maak met een spoel en een ampèremeter onderstaande schakeling.

Gebruik een ampèremeter die zowel naar links als naar rechts uit kan slaan.

a Beweeg een staafmagneet naar de spoel toe, op de manier die in de tekening is aangegeven. Beweeg de magneet ook weer van de spoel af. Let daarbij op de ampèremeter.

Als je niets waarneemt, moet je de magneet wat sneller bewegen.

Als het magnetisch veld in de spoel

gaat in de spoel een \_\_\_\_\_ lopen.

b Herhaal proef 1a, maar stop even met bewegen als de magneet in de spoel is. Let ook nu op de ampèremeter.

De stroom in de spoel loopt alleen als het magnetische veld

De stroom die op deze manier in de spoel ontstaat, noemen we de induktiestroom.

2

Stel een staafmagneet draaibaar op voor de spoel. Dat kan bijvoorbeeld met een draaitafeltje of met een statief met een touwtje eraan.

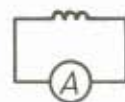
Laat de magneet ronddraaien en let op de ampèremeter.

Als de magneet ronddraait, verandert de induktiestroom telkens van

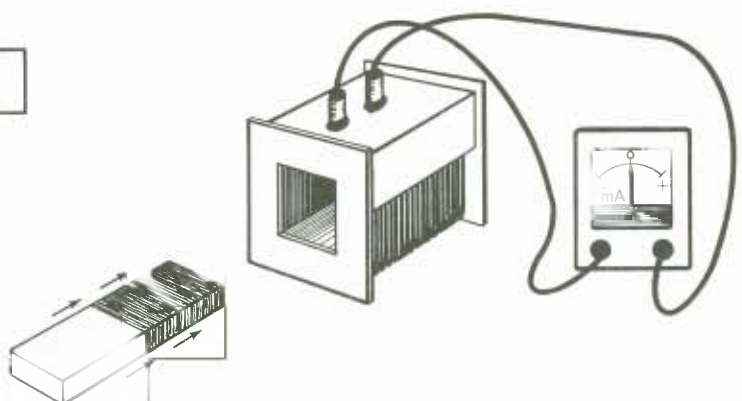
In de spoel ontstaat dus een

stroom.

### Proef 1



Schema

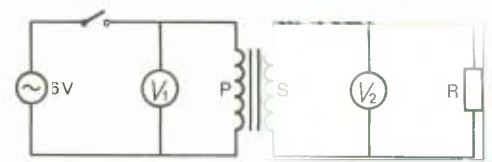


3

Onderzoek een fietsdynamo. Vergelijk de dynamo met de opstelling van proef 2. Welke overeenkomsten zijn er?

Welke verschillen zijn er?

Zou je de magneet in de dynamo kunnen vervangen door een elektromagneet?



$V_1$  en  $V_2$  zijn wisselspanningmeters.

$R$  is een weerstand van ca  $20 \Omega$ .

Neem voor de sekundaire spoel een spoel die tweemaal zoveel windingen heeft als de primaire spoel.

Schakel de stroom in.

$V_1$  wijst aan: \_\_\_\_\_ V.

$V_2$  wijst aan: \_\_\_\_\_ V.

Als het aantal windingen van de sekundaire spoel groter is dan die van de primaire spoel, is de sekundaire spanning dan de primaire spanning.

7

Verwissel in de opstelling van proef 6 de spoelen. De sekundaire spoel heeft nu dus de helft van het aantal windingen van de primaire spoel. Schakel de stroom in.

$V_1$  wijst aan: \_\_\_\_\_ V.

$V_2$  wijst aan: \_\_\_\_\_ V.

Je konklusie is:

---

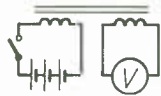


---

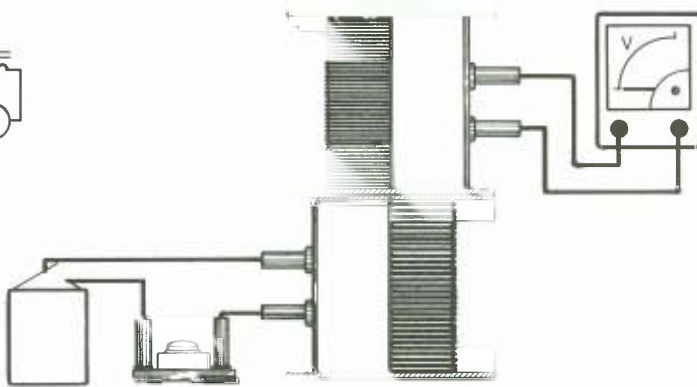


---

#### Proef 4



Schema



4

Schuif twee spoelen op één ijzeren kern. Sluit op de ene spoel een batterij, en een schakelaar in serie met elkaar aan. Sluit op de andere spoel een voltmeter aan. Druk de schakelaar in en houd hem ingeschakeld. Wanneer geeft de V-meter een uitslag?

---



---



---

Laat de schakelaar los.

Je ziet nu

Als in de ene spoel de stroom gaat in de andere spoel een \_\_\_\_\_ lopen.

5

Vervang de batterij in proef 4 door een wisselstroombron van 6V. Neem voor de V-meter een wisselspanningsmeter. Als je de schakelaar indrukt, zie je dat

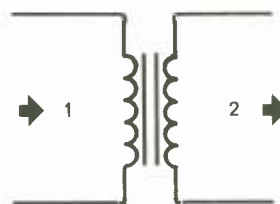
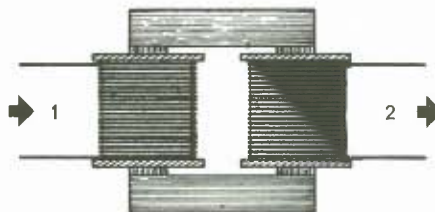
---



---

6

Twee spoelen op één kern (proef 4 en 5) noemen we een transformator. We kunnen de werking verbeteren door een ringkern te nemen in plaats van een staaf, zie de tekening.



Symbool

Spoel 1, waar we de wisselstroom toevoeren, heet de **primaire spoel**.

Spoel 2, waar we de inductiespanning van afnemen, noemen we de **sekundaire spoel**.

Maak nu een transformator opstelling volgens het schema hieronder.

## Wat zijn de eigenschappen van magneten?

In P1 heb je de eigenschappen van magneten onderzocht. Omdat je magneten uit het dagelijkse leven kent, heb je je waarschijnlijk niet afgevraagd wat een magneet nu eigenlijk is. Dat is ook een erg moeilijke vraag. In T3 zullen we een antwoord op die vraag gaan zoeken. De vraag: 'Wat is magnetisme?' is niet te beantwoorden. Net als elektriciteit en materie is magnetisme een verschijnsel. D.w.z. je kunt wel waarnemen dat het er is, maar je kunt niet verklaren wat het is. Om toch zoveel mogelijk over magnetisme te weten te komen, onderzoeken we in dit blok een groot aantal eigenschappen van magneten en van magnetisme.

Het woord magneet is afkomstig van het griekse 'magnētis lithos' dat letterlijk 'steen van Magnesia' betekent. Magnesia was in de oudheid een stad in de landstreek Lydië. Lydië is tegenwoordig een deel van West-Turkije. Magnesia lag in de buurt van de tegenwoordige stad Manisa. Bij Magnesia werden stenen gevonden die de eigenschap hadden dat ze ijzeren voorwerpen aantrokken. Dat waren waarschijnlijk stukken ijzererts met een groot gehalte aan zuiver ijzer, die door het aardmagnetisme magnetisch waren geworden.

Tot de ontdekking van het kompas hadden magneten geen praktische betekenis. Deze ontdekking kwam pas laat; men treft pas in geschriften uit de 12e eeuw de eerste vermeldingen aan.

Tegenwoordig worden magneten veel toegepast. In huis tref je ze overal aan, van het slotje van het keukenkastje tot in het afbuigjuk in het televisietoestel. Dat magneten zoveel worden gebruikt komt vooral omdat men metaalmengsels heeft gezocht en gevonden waarmee men sterke magneten kan maken.

Vooraf de stoffen **ticonal** en **alnico** worden veel gebruikt.

Ticonal is een mengsel van ijzer, titaan, cobalt, nikkel en aluminium. Alnico is een mengsel van ijzer, aluminium, nikkel en cobalt.

De magneten worden tegenwoordig dikwijls gemaakt door korrels van een magnetische stof te mengen met een kleiachtige stof. Daaruit bakt men dan op pottenbakkersmanier een magneet. Daardoor kan men de magneet elke vorm geven die men wil. Enkele tientallen jaren geleden was men voor magneten vooral aangewezen op staal. Daardoor kon men maar een beperkt aantal vormen aan de magneten geven. De meest bekende vormen van magneten stammen dan ook uit die tijd.

Vooraf bekend zijn:

- de staafmagneet;
- de hoefijzermagneet;
- de naaldmagneet.

Tot slot zullen we de in P1 gevonden eigenschappen nog eens op een rijtje zetten.

- 1 Een magneet bezit 2 soorten polen die we noordpool en zuidpool noemen.
- 2 Een vrij draaibare naaldmagneet richt zijn noordpool naar het noorden en zijn zuidpool naar het zuiden.
- 3 Gelijksortige polen van magneten stoten elkaar af.
- 4 Ongelijksortige polen van magneten trekken elkaar aan.
- 5 Niet magnetisch ijzer wordt door beide soorten polen aangetrokken.
- 6 Er zijn maar enkele stoffen die van een magneet een kracht ondervinden: ijzer, nikkel, cobalt en ijzerhoudende stoffen, zoals staal.
- 7 De werking van een magneet kan door stoffen heen dringen.
- 8 De magneet oefent zijn kracht ook op afstand uit. Daarom zeggen we dat rondom een magneet een magnetisch veld aanwezig is.
- 9 Het magnetische veld vertoont een bepaald patroon van veldlijnen. Dit patroon kunnen we met ijzerpoeder zichtbaar maken.
- 10 De magnetische kracht is het grootst bij de polen van een magneet. Hoe verder we van de polen weggaan, des te kleiner wordt de kracht.



## De spoel als magneet

In P2 heb je spoelen onderzocht op hun magnetische werking. Daarbij ben je tot de volgende konklusie gekomen:

**Een spoel waar een elektrische stroom doorheen gaat, gedraagt zich precies hetzelfde als een staafmagneet.**

Je hebt echter nog meer verschijnselen waargenomen.

1 Naarmate er meer stroom door de spoel gaat, wordt de magnetische krachtwerking van de spoel groter.

2 Als je de stroom gelijk houdt, maar het aantal windingen van de spoel groter maakt, wordt de magnetische krachtwerking van de spoel groter. Je moet wel zorgen dat de spoelen dezelfde lengte houden.

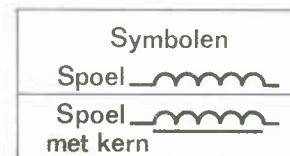
3 Als je de richting van de stroom in de spoel omkeert, wisselen de noord- en de zuidpool van plaats.

Als er geen stroom door de spoel loopt, heeft deze ook geen magnetische krachtwerking. Je kunt dus met een spoel naar wens wel of niet een magnetisch veld maken en de sterkte regelen. Daarom heeft men elektromagneten gemaakt.

Elektromagneten zijn spoelen met een ijzeren kern er in. **De ijzeren kern dient om de magnetische krachtwerking van de spoel te versterken.** Elektromagneten worden erg veel gebruikt.

Ze worden bijvoorbeeld in de schroothandel gebruikt om wrakken te verplaatsen.

In P4 zul je met de belangrijkste toepassingen van de elektromagneet kennis maken.



## Magneten ‘maken’ en ‘breken’

We hebben we in P3 gezien dat we een magneet in kleine stukjes kunnen knippen.

Deze stukjes zijn weer magneetjes.

Daarom denken we ons model opgebouwd uit een zeer groot aantal kleine magneetjes, compleet met noord- en zuidpool. Deze elementaire magneetjes zijn draaibaar en in het algemeen ongelijk gericht, zie de tekening.

Aangezien de elementaire magneetjes dan elkaars werking opheffen, kunnen we aan de buitenzijde van het materiaal geen magnetische krachtwerking ontdekken.

Wat gebeurt er nu als we een dergelijk stuk materiaal in het magnetisch veld van een spoel of staafmagneet brengen? De staafmagneet oefent dan een kracht uit op de magneetjes in het materiaal, die daardoor allemaal in dezelfde richting gaan staan.

Dit richten van de elementaire magneetjes noemen we magnetische influentie.

Het oorspronkelijke niet-magnetische materiaal is door de influentie nu ook magnetisch geworden!

Wat gebeurt er nu als we de magneet weghalen?

We weten uit blok 6 dat de molekulen of de atomen in een vaste stof trillende bewegingen uitvoeren. Ze gaan heftiger trillen als de temperatuur stijgt.

De elementaire magneetjes die opgebouwd zijn uit molekulen zullen dus ook bewegen.

Als we de magneet weghalen zullen de elementairemagneetjes door deze warmtebeweging meestal weer in allerlei richtingen gaan staan.

Het materiaal krijgt zijn oorspronkelijke niet-magnetische toestand terug.

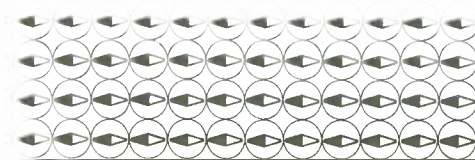
Bij sommige materialen is de krachtwerking tussen de elementaire magneetjes echter zo groot, dat als we de magneet weghalen, een gedeelte ervan gericht blijft ondanks de warmtebeweging.

In deze gevallen spreken we van **achterblijvend** ofwel **remanent magnetisme**.

Bij de meeste materialen verdwijnt remanent magnetisme na verloop van tijd vanzelf.



Elementaire magneetjes heffen elkaars werking op.



Elementaire magneetjes versterken elkaars werking.



Dat komt doordat de warmtebeweging weer de overhand krijgt.

Alleen als de krachtwerking tussen de elementaire magneetjes het **blijft** winnen van de warmtebeweging en de ordening van de magneetjes **blijft bestaan**, dan spreken we van **permanente magneten**. Permanent magnetisme is dus blijvend remanent magnetisme. De soort materiaal bepaalt wie het spel gaat winnen: de warmtebeweging of de krachtwerking tussen de elementaire magneetjes.

'Week'ijzer (ijzer met een laag koolstofgehalte) is nauwelijks in staat enig magnetisme te behouden. Staal daarentegen (ijzer met een hoog koolstofgehalte) behoudt zijn magnetisme langere tijd.

In de loop van de tijd zijn er materialen ontwikkeld zoals ticonal en alnico met zeer goede magnetische eigenschappen.

We kunnen materialen met achterblijvend magnetisme zelf ontmagnetiseren door de magneetjes zo sterk te laten trillen dat de ordening verdwijnt.

Dit kan door:

- a Verhitten (toename van de warmtebeweging);
- b Slaan of laten vallen.

---

## Blok 12 | Theorie 4

---

### Hoe en waar passen we elektromagneten toe?

Als je om je heen kijkt, merk je direct een aantal toepassingen van gewone magneten op. In kastsloten, dynamo's en luidsprekers bijvoorbeeld zitten magneten. Elektromagneten vallen minder op. Deze worden echter nog meer toegepast dan permanente magneten. Om dat aan te tonen zullen we een aantal voorbeelden bespreken.

1

Moderne koelkasten hebben een elektromagnetisch slot. Als de koelkast niet is aangesloten kan de deur niet op slot. Dit is een veiligheidsmaatregel. Het is vroeger voorgekomen dat kinderen bij het spelen zich in een oude koelkast verstopten. Als de deur dan in het slot viel konden ze die van binnenuit niet meer openen. Wanneer ze niet op tijd gevonden werden stikten ze, want koelkasten sluiten meestal luchtdicht af.

2

Een relais is een schakelaar waarbij een elektromagneet de kontakten verbindt of opent. In de tekening hiernaast zie je een relais dat contact maakt als de elektromagneet 'bekrachtigd' wordt.

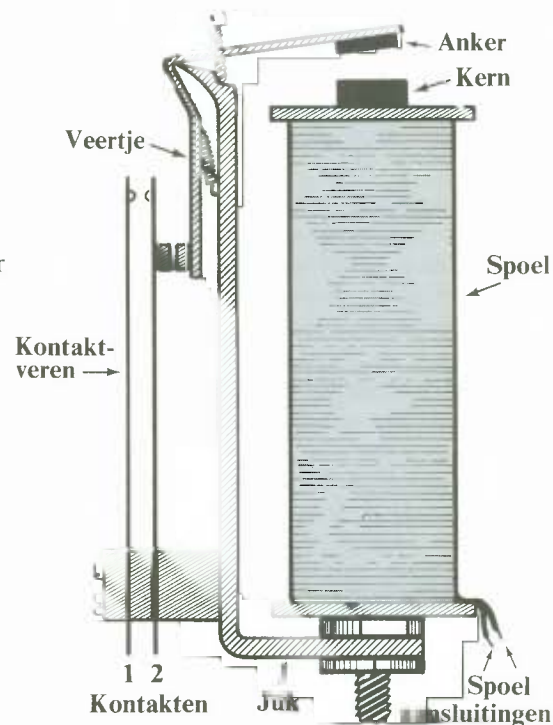
Als er stroom door de spoel loopt, trekt de kern het anker aan. Het anker kantelt dan over de steunplaats op het juk. Het plastic plaatje dat aan de andere kant op het anker zit, duwt dan tegen een plastic plaatje op de contactveer. Daardoor worden de kontaktpuntjes op de contactveren tegen elkaar geduwd.

Je kunt het anker tegelijkertijd meerdere kontakten laten bedienen en je kunt er voor zorgen dat het kontakten opent in plaats van sluit.

Bij relais die in telefooncentrales worden gebruikt, worden als het relais schakelt, tegelijkertijd 5 kontakten gesloten en 5 geopend.

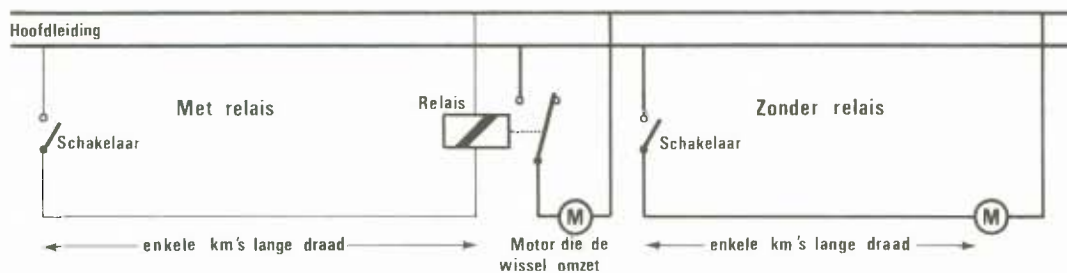
Relais worden voor vele doeleinden gebruikt. Een paar toepassingen zijn: met één schakelaar vele dingen tegelijk inschakelen. Dat wordt bijvoorbeeld bij telefoonverbindingen veel toegepast. Als je je buurman opbelt, moet er contact gemaakt worden tussen de draden van jouw toestel en het toestel van je buurman. Allebei de toestellen zijn aangesloten op de centrale. Als je het nummer van je buurman draait, worden in de centrale tientallen relais omgeschakeld, die er uiteindelijk voor zorgen dat de verbinding tot stand komt.

Grote stromen inschakelen m.b.v. kleine stromen. Wanneer ergens een grote stroomsterkte nodig is, houdt men de draden, waardoor die grote stroom moet lopen liefst zo kort mogelijk. Voor grote stromen zijn dikke, zwaar geïsoleerde draden nodig en die zijn erg duur. Bovendien is het veiliger om die stroom in een zo klein mogelijke



kring te laten lopen. Als men een relais gebruikt, kan men op afstand schakelen en men hoeft de eigenlijke schakelaar, waar die grote stroom doorheen gaat, niet aan te raken.

In de tekening hieronder zie je een voorbeeld, waarin duidelijk is gemaakt hoe een wissel bij de spoorwegen op afstand kan worden omgezet.



Als men de schakeling zonder relais zou uitvoeren, zou men enkele kilometers dikke dure draad nodig hebben. Omdat het relais slechts een kleine stroom nodig heeft wordt de schakeling veel goedkoper. Men kan dan de afstand met dunne draad overbruggen. Zelfs in onze huishoudelijke machines wordt dit principe toegepast. In een wasmachine bijvoorbeeld wordt de grote stroom die nodig is voor de motor en voor het verwarmingselement met relais geschakeld. Daardoor kan men de dikke draden weer zo kort mogelijk houden.

Hiernaast zie je nog een schema waarin met één schakelaar vier relais tegelijk worden bediend.

De vier relais kunnen dan ieder een grote stroom schakelen, bijvoorbeeld een hele groep lampen in een gebouw. Deze schakeling is een combinatie van de twee gebruiksmogelijkheden van relais.

De elektrische huisbel is eigenlijk een bijzondere toepassing van een relais. Het is namelijk een relais dat steeds weer zijn eigen spoelstroom onderbreekt. Je zou als schema voor de elektrische bel het nevenstaande kunnen geven.

Ga zelf maar eens na wat er gebeurt als schakelaar S gesloten wordt.

De elektromagneet wordt het meest toegepast in elektromotoren.

De meeste elektromotoren bestaan alleen uit spoelen met kernen. Een aantal van die spoelen is vastgemaakt aan het huis van de motor. Op de as zitten ook een aantal spoelen. Deze kunnen met de as ronddraaien binnen de vast opgestelde spoelen. Door een stroom door de spoelen te sturen, stoten de elektromagneten elkaar af. De as gaat daardoor draaien. De kollektor met de koolborstels zorgt ervoor dat op het juiste moment de stroom in de juiste richting door de spoelen loopt, waardoor de magneten steeds elkaar afstoten. Daardoor blijft de motor draaien.

De konstruktie van elektromotoren wordt door de ontwerpers zoveel mogelijk aangepast aan het doel waarvoor de motor moet dienen. Vandaar dat de konstrukties nogal kunnen verschillen.

Een erg bekende toepassing van de elektromagneet vinden we in de luidspreker.

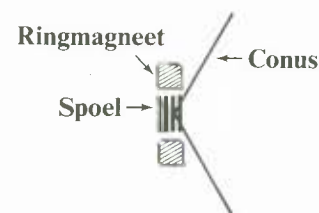
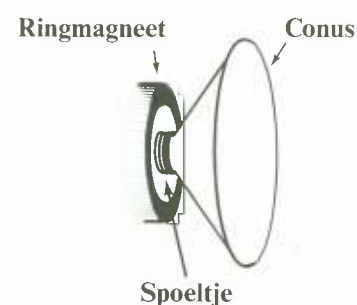
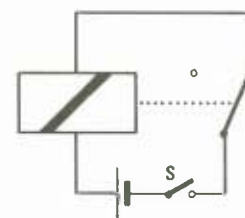
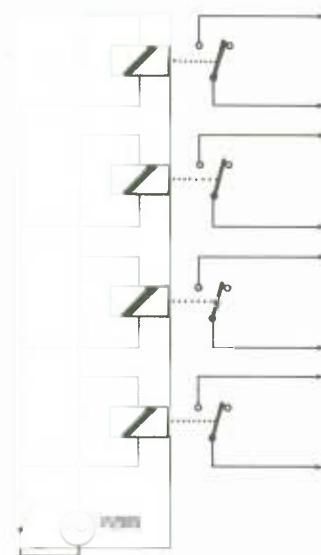
Moderne luidsprekers zijn meestal als volgt gebouwd. Op de punt van een viltpapieren- of rubberen conus is een spoeltje gelijmd. Rond het spoeltje zit een ringvormige magneet. Zo'n magneet kan 4 tot 16 polen bezitten en is dus wel een bijzondere soort magneet.

Als je nu in een bepaalde richting stroom door het spoeltje stuurt, wordt de spoel door de magneet naar voren geduwd. Daardoor wordt de conus een beetje ingedrukt. Stuur je in de andere richting stroom door de spoel dan wordt de spoel naar achteren getrokken en de conus een beetje opgerekt.

Als je een batterij aansluit op een luidspreker hoor je een tik. Dat is het geluid dat de conus maakt als hij plotseling naar voren of naar achter springt.

Stuur je nu een stroom door de spoel die snel telkens van richting verandert (wisselstroom), dan zal de conus ook snel heen en weer gaan bewegen. Als het wisselen van de stroomrichting erg snel gaat kun je beter zeggen dat de conus trilt. De lucht in de conus trilt dan mee. Deze trilling plant zich voort en brengt in ons oor het trommelvlies aan het trillen. Dit ervaren we als 'geluid'. We kunnen de trillingen horen als de conus tussen de 20 keer en 20.000 keer per seconde heen en weer gaat.

Willen we een bepaald geluid uit de luidspreker horen dan zullen we er voor moeten zorgen dat de wisselstroom door de spoel op precies de juiste manier de conus laat trillen. Zo'n wisselstroom wordt bijvoorbeeld in de radio, tuner of pick-up gemaakt.



Een bandrekorder is ook een apparaat dat een wisselstroom aan een luidspreker kan leveren. De manier waarop de stroom moet wisselen — d.w.z. het geluid dat we willen horen — is vastgelegd op een band.

Zo'n band bestaat uit een plastik strook waarop een laag is aangebracht die gemagnetiseerd kan worden. 'Ferro'-banden hebben een laag die vooral uit ijzeroxidekorrels bestaat. 'Chroom'-banden bevatten naast ijzerkorrels ook chroomdioxidekorrels ( $\text{CrO}_2$ ). Er zijn ook banden die mengsels van verschillende soorten magnetische stoffen bevatten. Er worden nog steeds nieuwe en betere materialen ontwikkeld.

De opnamekop van een bandrekorder is een elektromagneet. Als de band langs de opnamekop gaat en in de opnamekop loopt een stroom dan wordt de band gemagnetiseerd. Afhankelijk van de manier waarop de stroom in de opnamekop wisselt, worden stukjes van de band zwakker of sterker en in de ene of in de andere richting gemagnetiseerd.

Loopt de band langs de weergavekop dan ontstaat in de spoel van deze kop weer een wisselstroom door het wisselend magnetisch veld van de band (zie ook T5).

Belangrijk is dat deze band steeds met dezelfde snelheid langs de weergavekop loopt, als waarmee ze langs de opnamekop liep bij de opname. Als de bandsnelheid te hoog is dan is het geluid te hoog. Is de bandsnelheid te laag dan is ook het geluid te laag. Bovendien krijg je vervorming van het geluid bij verkeerde bandsnelheid.

---

## Blok 12 | Theorie 5

---

### Elektrische stroom maken met magneten

In P5 heb je gemerkt dat je met magneten elektrische stroom op kunt wekken in een spoel. We noemen deze stroom: **Induktiestroom**.

Je mag nu echter niet zondermeer zeggen dat bij elektromagneten alles omkeerbaar is, want:

Elke stroom wekt in een spoel een magnetisch veld op, maar: Er ontstaat in een spoel **alleen** een induktiestroom als het magnetisch veld in de spoel **verandert**.

Zolang men over wisselstromen en veranderende magnetische velden spreekt, heeft men met een omkeerbare eigenschap te maken.

Vanwege deze relatie tussen elektrische- en magnetische energie is er maar weinig verschil tussen een generator (dynamo) en een elektromotor. Als je een stroom door een elektromotor stuurt gaat hij draaien. Draai je de as van een elektromotor rond, dan gaat hij stroom leveren.

Toch zal een goede elektromotor in de praktijk nog geen goede dynamo zijn. Omdat de motor speciaal gekonstrueerd is om als motor te werken zal hij die functie ook het beste vervullen. Bij de konstruktie van een generator wordt speciale aandacht gegeven aan het leveren van elektrische stroom. De generator zal dan ook het beste als generator werken en als motor niet zo best voor de dag komen.

Dat kun je merken als je je fietsdynamo als motor probeert te gebruiken. Als generator slaat je dynamo geen gek figuur, maar als motor is het niet veel. Ten eerste start hij dan niet vanzelf en ten tweede loopt hij erg moeilijk en bonkend als je hem aan de gang hebt gebracht.

Een apparaat dat ook met induktiestromen werkt, is een transformator.

In P5 heb je gezien dat een transformator bestaat uit twee spoelen die verbonden zijn door één ijzeren kern. Stuur je door de ene spoel (= primaire spoel) een wisselstroom, dan ontstaat in de tweede spoel (= sekundaire spoel) een induktiestroom. Dit is ook weer een wisselstroom.

Als dit het enige was dat er bij een transformator gebeurde, zou het een zinloos apparaat zijn. Het is echter zo dat de spanning van de sekundaire spoel niet hetzelfde



hoeft te zijn als die van de primaire spoel. Je kunt daarom met een transformator de spanning van een wisselstroom aanpassen aan de behoeften.

Voor een elektrische deurbel is een transformator de eenvoudigste oplossing. Daarmee kun je de netspanning van 220V naar beneden transformeren tot de benodigde 6 à 8V. Zonder transformator zou je met batterijen moeten werken. De energie van een batterij is echter 300 tot 500 keer zo duur als de energie uit het elektriciteitsnet. Een aparte generator voor de bel is natuurlijk helemaal geen oplossing. Een ander voorbeeld is neonverlichting of de beeldbuis van een TV. Om deze te laten werken is een spanning van enkele duizenden volts nodig. Met een transformator is deze hoge spanning gemakkelijk te maken.

De vraag is nu hoe je de spoelen van een transformator moet maken om de juiste sekundaire spanning te krijgen. Om dit duidelijk te maken nemen we de eenvoudigste transformator die er is. De primaire spoel bestaat uit één winding, de sekundaire uit twee windingen.

Op de primaire spoel sluiten we een wisselstroombron aan. Er ontstaat dan in de primaire spoel een veranderend magnetisch veld, waardoor de kern gemagnetiseerd wordt. Via de kern komt het veranderende magnetische veld in de sekundaire spoel. Elke winding van de sekundaire spoel krijgt hetzelfde magnetische veld. Daarom ontstaat in elke winding een even grote inductiespanning als in de primaire winding. Omdat de twee windingen in serie geschakeld zijn, is de totale spanning over de sekundaire spoel tweemaal zo groot als de spanning over de primaire spoel. Als we de primaire spoel 250 windingen hadden gegeven en de sekundaire spoel 500 windingen, zou het resultaat hetzelfde zijn geweest. Op elke primaire winding zijn dan ook twee sekundaire windingen.

De verhouding tussen het aantal windingen van de primaire- en de sekundaire spoel bepaalt dus de verhouding tussen de primaire- en sekundaire spanning!

We kunnen die relatie schrijven als:  $V_p : V_s = N_p : N_s$ .

Waarin  $V_p$  en  $V_s$  de primaire en sekundaire spanning zijn en  $N_p$  en  $N_s$  het primaire en sekundaire aantal windingen.

Uit de relatie lees je gemakkelijk af dat voor het omhoog transformeren van de spanning  $N_s > N_p$  en voor het omlaag transformeren moet zijn  $N_s < N_p$ .

Om de juiste spanning te krijgen zul je de juiste verhouding tussen het aantal primaire windingen en sekundaire windingen moeten nemen.

In de praktijk moet je nog met een aantal zaken rekening houden. Zoals bij elke energie-omzetting treden ook in de transformator verliezen op.

Het voornaamste verlies in de transformator treedt op in de kern. Het blijkt onmogelijk te zijn om alle magnetische energie via de kern in de sekundaire spoel te krijgen. Op de tweede plaats komt het verlies ten gevolge van de warmte ontwikkeling van de stromen in de spoelen.

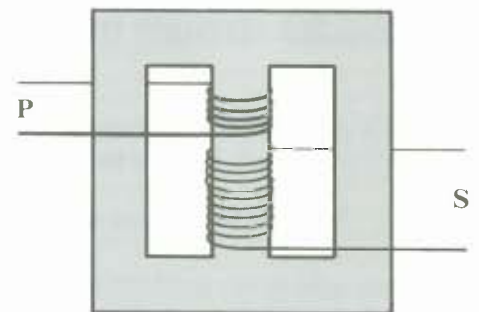
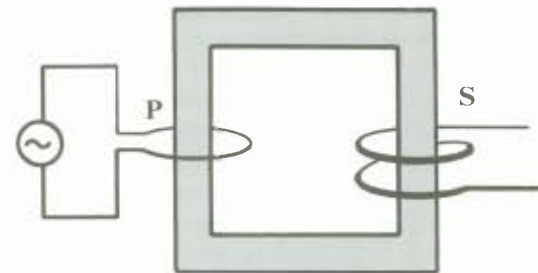
Men maakt het verlies zo klein mogelijk door de volgende voorzorgsmaatregelen:

- a De vorm van de kern zo gunstig mogelijk kiezen
- b Het materiaal van de kern zo gunstig mogelijk kiezen (van blik i.p.v. massief).
- c De spoelen zo dicht mogelijk bij elkaar of zelfs over elkaar heen wikkelen en de spoelen zo klein mogelijk houden.
- d Het magnetische veld van de primaire spoel redelijk groot maken door deze spoel een behoorlijk aantal windingen te geven.
- e De draaddikte van de spoelen zo groot mogelijk maken, zonder dat je de andere voorzorgsmaatregelen weer teniet doet.

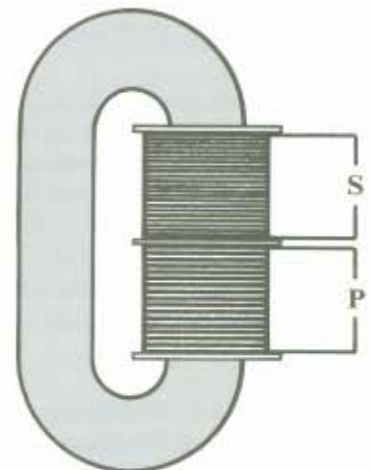
Je merkt wel dat sommige eisen tegenstrijdig zijn. Er komt in de praktijk dan ook veel rekenwerk aan te pas om voor een bepaalde transformator alle factoren zo gunstig mogelijk te maken.

Bedenk wel dat een transformator nooit meer energie kan leveren dan er aan de primaire kant wordt ingestopt. In de praktijk zal er zelfs iets minder uitkomen in de vorm van elektrische energie vanwege de verliezen.

Omdat een transformator ook geen energie opneemt als je geen energie aan de sekundaire zijde afneemt, hoeft een transformator niet uitgeschakeld te worden als je hem niet gebruikt. Denk maar aan de huisbel.

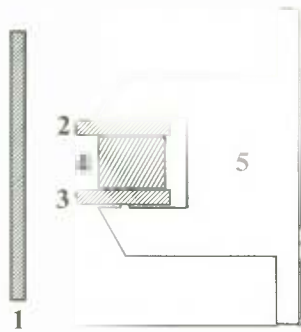


**Manteltransformator**  
spoelen op middenbeen  
eventueel over elkaar heen.



**Bandkerntransformator**  
(kern bestaat uit een  
lang ijzeren lint dat tot  
een ovaal is gewonden)

## Wat zijn de eigenschappen van magneten?



- 1 = ijzeren plaatje op stijl van de kast  
 2 en 3 = ijzeren plaatjes  
 4 = magnetisch blokje  
 5 = plastiek houdertje dat op de deur is bevestigd.

1 Een magnetisch slotje zoals veel op kasten wordt gebruikt ziet eruit als hierboven is getekend.  
 a Waar zitten de polen van het magneetje?

b Met welke magneetvorm is de konstruktie van de plaatjes 2 en 3 en het magneetje 4 vergelijkbaar?

2 Op een magnetisch slotje staat vermeld: 3 kg. Wat zou dat betekenen?

3 Scharen worden dikwijls 'vanzelf' magnetisch. Dat heeft als vervelend gevolg dat de naalden uit het naaikastje aan de schaar bijven hangen. De knospelden blijven er echter niet aan hangen. Hoe zou dat komen?



4 Slingerklokken moeten altijd voorzien zijn van gewichten of een veerwerk om er voor te zorgen dat de energie, die de slinger door de wrijving verliest, weer wordt aangevuld. Iemand die er een hekel aan had dat hij zijn klok steeds weer moest opwinden, bedacht de hierboven getekende konstruktie.  
 Hij redeneerde als volgt: Als ik ervoor zorg dat de magneet zo staat dat het slingerlichaam de magneet nooit kan raken, dan blijft de slinger nooit aan de magneet hangen. Als de slinger naar de magneet toegaat trekt de magneet de slinger aan. Daardoor zal de slinger sneller gaan bewegen, zodat hij weer de energie terugkrijgt die hij door de wrijving verloren had.  
 Zou het werken, denk je? Verklaar je antwoord.



## De spoel als magneet

1 Jan heeft om een koper geïsoleerd koperdraad gewikkeld. Hij vindt de spoel die hij zo gemaakt heeft niet sterk genoeg als hij hem op één batterij aansluit. Wat kan Jan doen om zijn elektromagneet krachtiger te maken?

a

b

c

2 Je legt een stukje ijzer aan één kant van een spoel.



Als je stroom door de spoel laat gaan, wordt het ijzer aangetrokken. Zal het stukje ijzer nu door de spoel heen gaan en er aan de andere kant uitschieten?

Verklaar je antwoord.

3 Bij sommige huizen en flats kun je de deur op afstand openen, door op een elektrische schakelaar te drukken. Je hebt dit vast wel eens gezien. Leg uit hoe deze deuropeners werken.

4 Teken het veldlijnenpatroon van een hoefijzerspoel zoals jij denkt dat het er uit ziet.





## Magneten 'maken' en 'breken'

1

In proef 1 van P3 hebben we voor ijzer B weekijzer gebruikt met een laag koolstofgehalte.

Wat zal er gebeuren als we voor ijzer B ijzer met een verhoogd koolstofgehalte, bijvoorbeeld staal, kiezen?

2

In proef 4 van P3 wordt een gemagnetiseerde staaldraad geontmagnetiseerd door deze hard op de grond te slaan.

Verklaar dit met behulp van het model.

3

Verklaar met behulp van het model het magnetiseren met een staafmagneet zoals dat is toegepast in proef 5 van P3.

4

Probeer met behulp van het model te verklaren waarom de staaldraad in proef 7 van P3 alleen aan de uiteinden een kracht uitoefent.

5

Welke rol speelt de afstand tussen de elementaire magneetjes in het magnetisch gedrag van verschillende materialen?



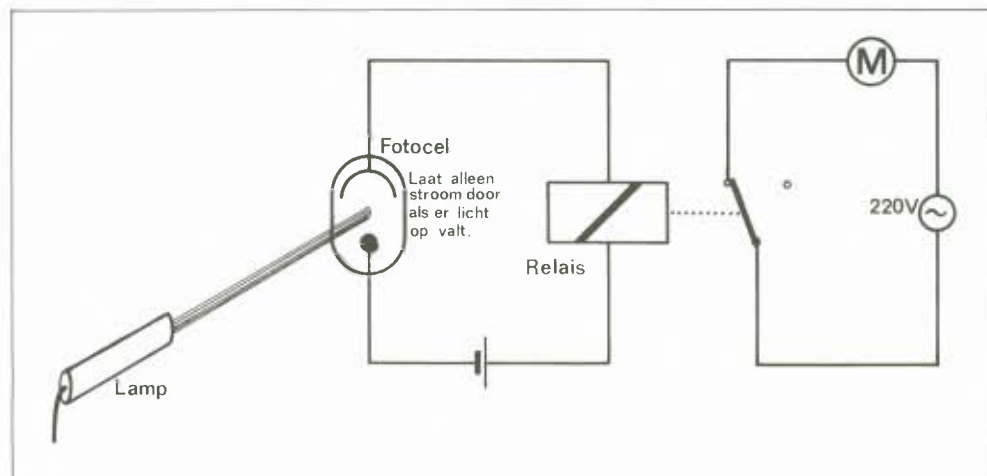
6

Waarom bewaart men magneten het liefst zoals in de tekening is aangegeven?

## Hoe en waar passen we elektromagneten toe

1

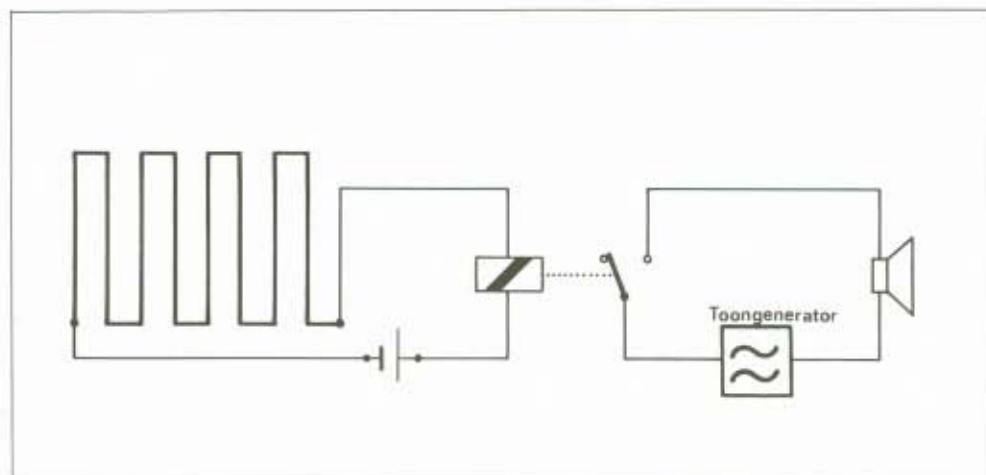
Schrijf zoveel mogelijk apparaten op die zich in jouw huis bevinden en waarin gebruik gemaakt wordt van elektromagneten.



2

a Wat gebeurt er in de hierboven staande schakeling als de lichtstraal onderbroken wordt?

b Verklaar de hieronderstaande alarminstallatie.



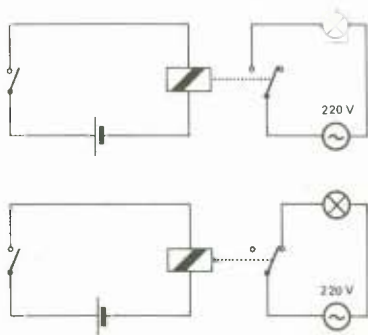
3

Welke energie-omzettingen vinden er plaats in:

a de elektrische bel

b de elektromotor

c de luidspreker



4

Je ziet hierboven twee schema's van schakelingen met relais.

Het  $\sim$  teken is het symbool van een wisselstroombron.

a Waarin verschillen de schakelingen?

b Noem tenminste twee situaties waarin zo'n schakeling met relais te verkiezen valt boven een schakeling zonder relais.

5

Waarom moeten de koolborstels van een elektromotor soms vervangen worden?

6

Wat verstaan we onder het rendement van een elektromotor?

7

Hoe kan men een sterke elektromotor maken?

8

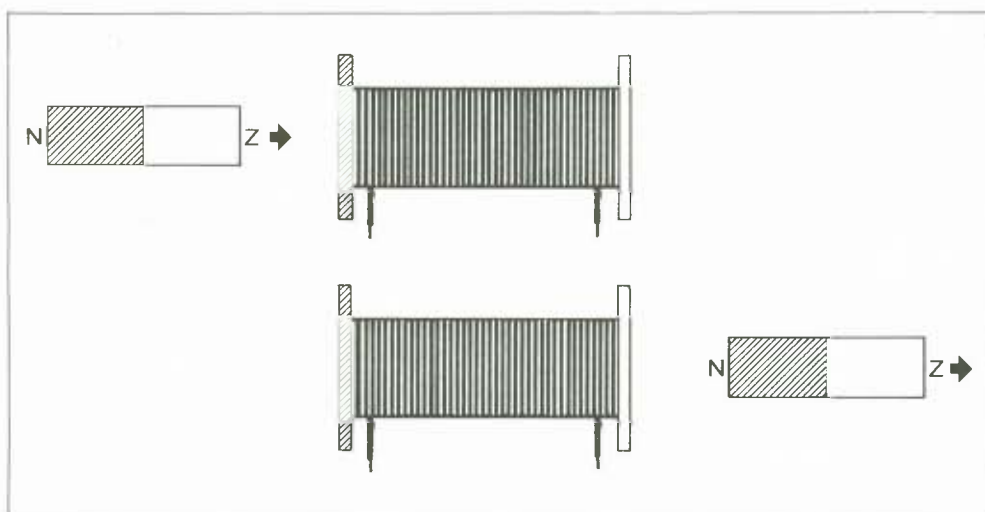
Waarom draait een elektromotor niet steeds een halve slag heen en een halve slag terug?

## Blok 12 | Werkblad 5

### Elektrische stroom maken met magneten

1

Je nadert de voorkant van een spoel met de zuidpool van een staafmagneet. Geeft dit hetzelfde effect als een staafmagneet, waarvan de noordpool naar de achterkant van de spoel wijst, van de spoel weg te trekken? (Zie tekening).



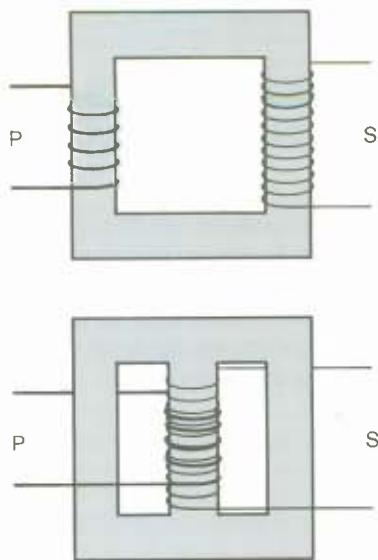
Aanwijzing: Teken de veldlijnen met daarin de richting aangegeven.

2

Een klein staafmagneetje ligt binnen in de opening van een spoel. Je beweegt het magneetje **binnen** de spoel met gelijkmatige snelheid.

a. Verandert nu het magnetische veld in de spoel?

b Zal er een inductiestroom optreden?



3

In de tekeningen hierboven zijn twee soorten transformatoren schematisch weergegeven. Welke van de twee zal het minste verlies geven?

Waarom?

4

De primaire spoel van een transformator bevat 1000 windingen. Als men hierop 220 V wisselspanning aansluit, levert de sekundaire spoel een inductiespanning van 8 V wisselspanning. Hoeveel windingen heeft de sekundaire spoel ongeveer?

5

In T5 staat dat je uit de sekundaire spoel van een transformator nooit meer energie kunt halen dan je in de primaire spoel hebt gestopt.

Je zou ook kunnen zeggen: je hoeft in de primaire spoel niet meer energie te stoppen dan je uit de sekundaire haalt. Leg met behulp van deze uitspraak uit waarom men het licht, in bijvoorbeeld een schouwburg, liever met regel-transformatoren regelt dan met regel-weerstanden.

6

In blok 10 heb je geleerd dat het produkt van stroomsterkte en spanning het vermogen van een elektrisch apparaat oplevert.

Bij een lastransformator bestaat de primaire spoel uit 1000 windingen. De sekundaire spoel bevat 10 windingen. Op de primaire spoel sluit men 220 V wisselspanning aan. Bij het lassen loopt in de primaire spoel een stroom van 3 A.

a Hoe groot is de sekundaire spanning?

b Hoe groot is het door de primaire spoel opgenomen vermogen?

c Hoe groot zal in het ideale geval het van de sekundaire spoel afgenomen vermogen zijn?

d Hoe groot zal in dat geval de sekundaire stroom zijn?

7

In een TV-toestel is voor de beeldbuis een spanning van 16 kV nodig.

a Hoe groot moet de verhouding van het aantal windingen van de hoogspannings-transformator zijn, om deze spanning uit 220 V netspanning te maken?

b Zal men in werkelijkheid een hogere of een lagere verhouding nemen? Verklaar je antwoord.

8

In een fietsdynamo draait een cilindervormig magneetje rond tussen de uiteinden van de kern van een spoel.

De dynamo van een auto is wat groter, maar bovendien is de magneet daar een elektromagneet. Waar haalt die elektromagneet de stroom vandaan om magnetisch te worden?

9

Waarom is een transformator geen energiebron?

10

Met een beltransformator maakt men van 220 V primair, 8 V sekundair. Men sluit op de sekundaire spoel een 8 V lampje aan met een vermogen van 4 W. Hoeveel watt vermogen moet de primaire spoel nu minstens uit het elektriciteitsnet opnemen?

11

a Bij een lastransformator moet op de primaire spoel 220 V worden aangesloten. De spanning op de sekundaire spoel is dan 0,5 V. Hoeveel windingen bevat de sekundaire spoel, als de primaire spoel 1760 windingen heeft?

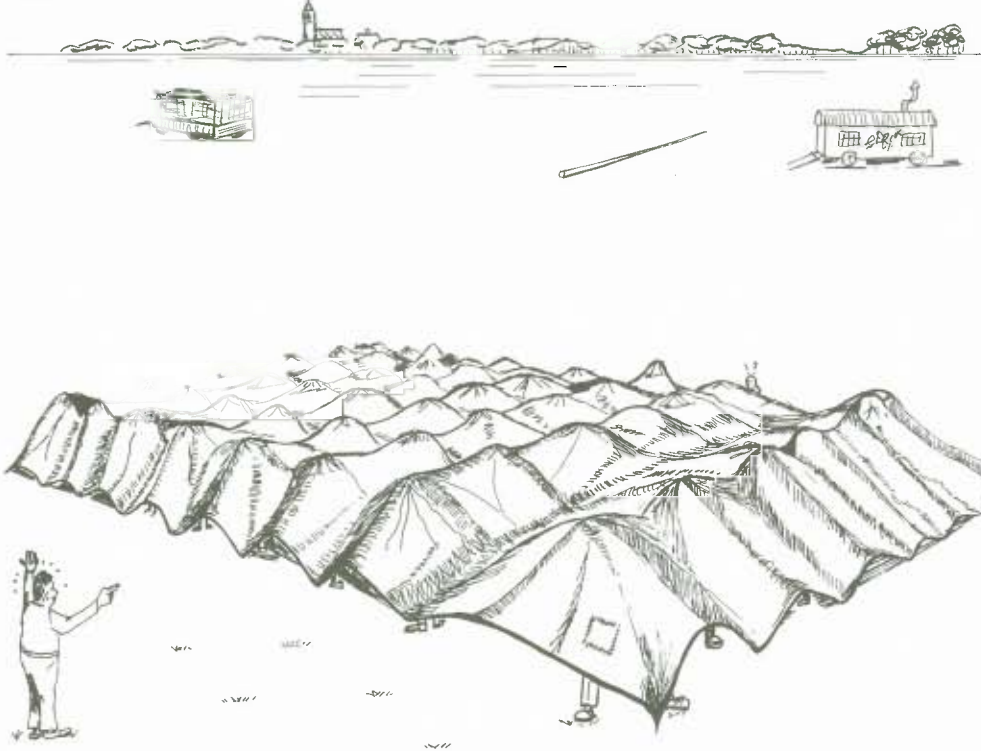
b Bij het lassen neemt de transformator 110 W in de primaire spoel op. Hoe groot is dan de stroomsterkte in de spoel?

c Hoeveel watt zal de sekundaire spoel maximaal afleveren?

d Hoe groot is de stroomsterkte in de sekundaire spoel?

# Het model van een magneet

Figuur 1



Uit de toets is gebleken dat je onder andere het model dat we van een magneet gemaakt hebben, nog niet door hebt. Daarom zullen we daar eerst eens naar gaan kijken.

## Het model

Een circus dat 's avonds een voorstelling zou geven was bezig met de tent op te zetten. Net toen ze het tentzeil uitgespreid hadden, kwam er iemand vertellen dat de tent 50 meter verplaatst moest worden. Omdat de circusmensen geen zin meer hadden om het zeil op te rollen, besloten ze er onder te kruipen en het op die manier 50 meter te versjouwen. Er was alleen nog niet gezegd welke kant het zeil op moest en alle mannen probeerden een andere kant op te lopen.

1

Denk je dat het zeil zo van zijn plaats kwam?

Toen iemand riep waar het zeil heen moest, hoorde de helft van de circusmensen dat en gingen die kant op lopen. De rest probeerde nog alle kanten op te lopen.

2

Kwam het zeil nu van zijn plaats?

Nadat iedereen gehoord had waar het tentzeil heen moest, lag het natuurlijk zo op zijn plaats en konden ze de tent gaan opzetten.

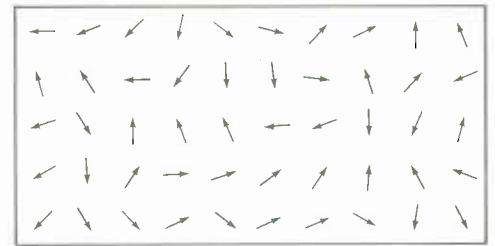
Bij het model van een magneet is het bijna net zo. Als de kleine magneetjes alle kanten opstaan, komt er natuurlijk geen krachtwerking uit de magneet. Zie fig. 2. Als alle magneetjes dezelfde kant op staan, betekent dat dat de magneet zo sterk is als ie maar zijn kan. Als niet alle magneetjes, maar wel een hoop, dezelfde kant op staan, zal er best wel een krachtwerking zijn, al is deze niet maximaal.

## Magnetisch veld.

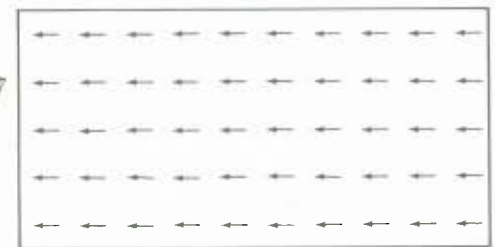
Magneten kunnen ook op een afstandje een kracht uitoefenen. We zeggen dat er rondom de magneet een **magnetisch veld** aanwezig is.

Een vrij opgehangen magneet richt zich dan ook noord-zuid in het magnetisch veld van de aarde. Een magneet zal zich ook richten in het magnetisch veld van een andere magneet.

Figuur 2



Magneetjes ongeordend: Het stuk ijzer is geen magneet.



Magneetjes geordend: Het stuk ijzer is wel een magneet.

Je kunt het magnetisch veld van een magneet zichtbaar maken door op een papiertje boven de magneet wat ijzervijlsel te strooien. Dit ijzervijlsel zal zich gaan richten. Je ziet een patroon van lijnen ontstaan. Dit patroon noemen we een veldlijnenpatroon. Als je een stuk ijzer bij een magneet houdt, zullen de magneetjes binnen het ijzer zich gedeeltelijk gaan richten volgens het magnetisch veld van de magneet. Het ijzer wordt daardoor zelf ook een magneet en wordt door de magneet aangetrokken.

3

Zoek in P1, proef 7 op welke stoffen dat nog meer doen.

## Krachtwerking van een magneet.

Als je een plaatje tegen een magneet houdt, hangt het van de stof van het plaatje af hoe de krachtwerking van de magneet achter het plaatje is.

4

Bestudeer nog eens de uitkomst van P1, proef 8.



## Magnetiseren.

In de vorige alinea's heb je gezien dat in verschillende stoffen de magneetjes zich richten in een magnetisch veld. Hiervan kun je gebruik maken om verschillende stoffen te magnetiseren.

Je hebt daarvoor drie mogelijkheden:

- a De stof in een spoel, waar een stroom doorheen loopt, leggen.
- b Enkele malen met een magneet over de stof strijken. Elke strek worden er een paar magneetjes gericht, zodat na een paar keer de meeste magneetjes gericht zijn.
- c De stof in de buurt van een magneet houden.

Sommige stoffen, zoals weekijzer kun je op deze manieren goed magnetiseren, maar hebben de eigenschap dat ze hun magnetische werking weer verliezen als je de magneet weghaalt. Dat komt omdat alle magneetjes dan toch weer alle kanten op gaan draaien. Dit soort stoffen kun je niet blijvend magnetiseren.

Er zijn ook stoffen die je blijvend kunt magnetiseren. De magneetjes draaien dan niet uit zichzelf terug. Staal is hier een goed voorbeeld van.

## Ontmagnetiseren.

Je kunt sommige stoffen magnetisch maken, maar je kunt ze ook weer van hun magnetisme beroven. Dit kan op twee manieren:

- a Een paar keer een flinke klap op de stof geven. Hierdoor verdraaien de magneetjes in willekeurige richtingen.
- b Verhitten. Je weet dat molekulen harder gaan trillen als de temperatuur stijgt. De magneetjes doen dat ook en veranderen dan wel eens van richting, waardoor de magneetwerking van de stof verdwijnt.

5

Kijk nog eens naar P3, de proefjes 1, 2, 4, 6 en 7 en verklaar de proeven met behulp van het model.

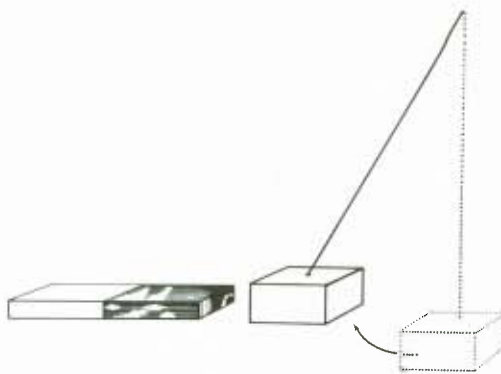
---

---

---

---

---



6

Wat zal er gebeuren als je een stuk nikkel sterk verhit en het daarna af laat koelen in de buurt van een magneet?

---

---

---

Teken in het plaatje de situatie als het nikkel is afgekoeld.

7

Noem drie manieren om een breinaald magnetisch te maken.

---

---

---

8

Noem vier stoffen op die **niet** door een magneet worden aangetrokken.

---

---

---

9

Noem drie stoffen die wel door een magneet worden aangetrokken.

---

---

---

## Spoelen

In dit herhaalblad gaan we het gedrag van een spoel nog eens bekijken.

Teken een schakelschema van een stroomkring met een batterij, een schakelaar en een spoel in serie.

Als de schakelaar gesloten is, loopt er een stroom door de spoel. De spoel vertoont dan magnetische krachtwerking; we kunnen dit controleren met een draaibare kompasnaald.

1

Uit welke proeven van P2 blijkt de overeenkomst tussen de magnetische krachtwerking van een spoel en een staafmagneet?

---

---

---

2

Teken een spoel waarvan het veldlijnenpatroon overeenkomt met dat van een hoefijzermagneet.

Uit de proeven van P2 blijkt dat het magnetisch gedrag van de spoel nauw samenhangt met de stroom door de spoel.

3

Uit de proeven van P2 blijkt dat het magnetisch gedrag van de spoel nauw samenhangt met de stroom door de spoel.

a Als we de stroom door de spoel van richting veranderen dan

---

---

---

b Als we de stroom door de spoel vergroten dan

4

Noem nog twee manieren waarop we de magnetische krachtwerking van een spoel kunnen veranderen.

5

Welke zijn dus de verschillen tussen een spoel en een staafmagneet?

---

---

---

Tot nu toe hebben we gekeken naar de magnetische krachtwerking van een spoel als gevolg van een stroom door de spoel. Het blijkt ook mogelijk in de spoel een stroom op te wekken met behulp van een magnetisch veld. We noemen dit inductie.



6

Ontstaat er in een spoel een stroom:

a Terwijl we een staafmagneet naar een opening van een spoel toe brengen?

b Terwijl we een staafmagneet voor de opening van een spoel houden?

c Terwijl we een staafmagneet voor de opening van een spoel omkeren?

d Terwijl we een staafmagneet bij de opening van een spoel weghalen?

7

Voor het opwekken van een stroom in een spoel is het dus nodig dat we het magnetische veld binnen de spoel:

veroorzaakt het veranderend veld door inductie opnieuw een wisselstroom.

De verhouding van de spanning over de primaire spoel en spanning over de sekundaire spoel wordt bepaald door de verhouding van het aantal windingen van deze spoelen volgens:

$$V_s : V_p = N_s : N_p$$

10

Als we de spanning omhoog willen transformeren dan moet  $N_s$

zijn dan  $N_p$ .

11

Als we de spanning omlaag willen transformeren dan moet  $N_s$

zijn dan  $N_p$ .

In dynamo's en generatoren wordt door inductie elektrische stroom opgewekt. Zowel de dynamo als de generator bestaan uit een draaiend gedeelte (rotor) en een vast gedeelte (stator).

8

In een fietsdynamo zorgt een ronddraaiende

voor een magnetisch veld in een vaste spoel.

9

In een generator is de ronddraaiende magneet vervangen door een elektromagneet. Deze wordt bekrachtigd door een kleine elektrische stroom, die eventueel door de generator zelf geleverd kan worden.

In een generator draait een rond een stilstaande

Als we met een spoel een magnetisch veld maken, is de sterkte van dit veld afhankelijk van

- de grootte van de stroom door de spoel;
- het aantal windingen van de spoel.

Als we in een spoel een stroom opwekken dan is de grootte van de stroom afhankelijk van

- de verandering van het magnetisch veld;
- het aantal windingen van de spoel.

Van deze eigenschappen maakt men gebruik bij transformatoren.

In de primaire spoel wordt door middel van een wisselstroom een veranderend magnetisch veld gemaakt. Dit veld wordt met een ijzeren kern ook binnen de sekundaire spoel gebracht. In deze spoel

## Herhaalblad 1

### Het model van een magneet

- 1  
Het zeil zal op zijn plaats blijven. Als iedereen een andere kant op wil lopen, is het gezamenlijke resultaat nul, het zeil blijft waar het is.
- 2  
Het zeil komt nu langzaam van zijn plaats af. De helft duwt het zeil dezelfde kant uit. De andere helft duwt nog alle kanten uit en doen gezamenlijk dus niks; het zeil wordt dus in totaal een beetje één kant op geduwd en zal dan ook die kant op bewegen.
- 3  
De stoffen die door een magneet aangetrokken worden zijn: ijzer, nikkel en stoffen die ijzer bevatten, zoals staal. In de theorie (T2) heb je gezien dat ook cobalt door een magneet wordt aangetrokken.
- 5  
**Proef 1:**  
Naarmate je de magneet dichterbij ijzer B houdt, zullen de magneetjes in het ijzer B meer gericht worden en zal ijzer B meer magnetisch worden. Naarmate B meer magnetisch is, zal A meer aangetrokken worden, omdat de magneetjes in A dan ook meer gericht worden.  
Een stukje aluminium wordt niet door een magneet aangetrokken en dus ook niet door ijzer B.
- Proef 2:**  
Het stukje ijzer B is in die spoel in het magnetisch veld van de spoel. De magneetjes in ijzer B zullen zich dan ook richten door de magnetische kracht. B wordt magnetisch! Het stukje ijzer A zal dus aangetrokken worden door ijzer B op dezelfde manier als bij proef 1.

#### Proef 4:

Bij elke slag op de grond krijgen de magneetjes een klap, waardoor er een paar magneetjes uit hun gerichte stand wegdraaien. Na een paar slagen op de grond zijn de meeste magneetjes weer alle kanten opgedraaid en is de draad niet magnetisch meer.

#### Proef 6:

De magneetjes in het nikkel richten zich in het magnetische veld van de magneet. Daardoor trekt de magneet het stukje nikkel aan. Door het verhitten gaan de magneetjes in het nikkel echter steeds harder trillen. Bij een bepaalde temperatuur wint deze warmtebeweging het van de aantrekkingskracht van de magneet en wordt het stukje nikkel niet meer aangetrokken.

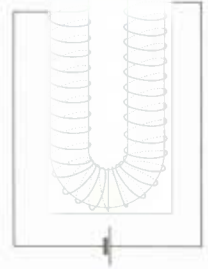
#### Proef 7:

Door het magnetiseren staan bijna alle magneetjes binnen de draad dezelfde kant op. Door de draad door te knippen verander je niets aan de stand van de magneetjes, dus de beide helften van de draad zijn nog gewoon magneten. Bij nog een keer doorknippen geldt weer hetzelfde, enzovoorts.

- 6  
Tijdens het afkoelen wordt de warmtebeweging minder. Daardoor kunnen de elementaire magneetjes zich zo richten, dat ze elkaars werking versterken.  
Zie de onderste tekening van bladzijde 14.
- 7  
Zie bladzijde 24 onder 'magnetiseren' bij de punten a, b en c.
- 8  
Plastik, glas, linnen, hout, aluminium, koper, enz. Kies er maar vier.
- 9  
Staal, ticonal, nikkel, ijzer, cobalt.

## Herhaalblad 2

### Spoelen

- 1  
Proef 1 en 6.
- 2  

- 3  
a Verwisselen noordpool en zuidpool van plaats.  
b Wordt de krachtwerking van de spoel groter.
- 4  
Door een stuk ijzer (een 'kern') in de spoel te leggen.  
Door meer of minder wikkelingen te nemen, terwijl we er voor zorgen dat de spoel even lang blijft.
- 5  
Je kunt de noord- en zuidpool van een spoel verwisselen, bij een magneet niet. Je kunt de sterkte van de magnetische krachtwerking van een spoel veranderen, bij een magneet niet. Je kunt de magnetische krachtwerking van een spoel er wel of niet laten zijn (wel of geen stroom), die van een magneet niet.
- 6  
a Ja  
b Nee  
c Ja  
d Ja
- 7  
Veranderen van grootte.
- 8  
Magneet; wisselend magnetisch veld.
- 9  
Elektromagneet; spoel.
- 10  
Groter
- 11  
Kleiner.

## Magnetogrammen die je kunt bewaren

### Inleiding.

In P1 van blok 12 heb je veldlijnenpatronen zichtbaar gemaakt met behulp van ijzerpoeder.

Zo'n veldlijnenpatroon noemen we een **magnetogram**.

Je moet met zo'n magnetogram voorzichtig omspringen, want door een stootje kun je het hele patroon verstoren. Als je het magnetogram nauwkeurig wilt bestuderen of wilt bewaren zou je een methode moeten hebben om het patroon vast te leggen. We kunnen nu zo'n magnetogram op verschillende manieren fixeren (= vast leggen).

In dit extrablad bespreken we twee methoden:

- 1 Fixeren met behulp van een lijmstof.
- 2 Fotografisch fixeren van een magnetogram.

### 1

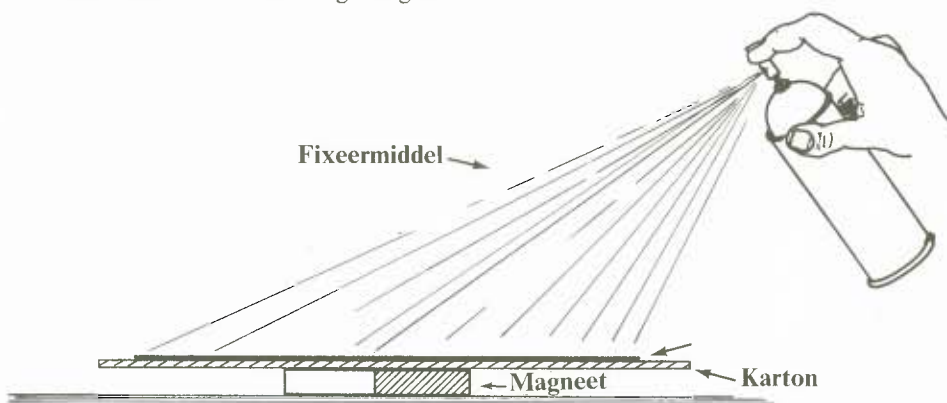
#### Fixeren met een lijmstof.

Deze methode werkt hetzelfde als het fixeren van een houtskooltekening. We lijmen de ijzerpoeder-deeltjes aan een stuk papier (of karton) vast met lak.

De goedkoopste lak die je kunt gebruiken is haarlak. Omdat die steeds in spuitbussen wordt geleverd, heb je geen moeite met het verstuiven van de lak. Je kunt ook fixeerslak voor houtskooltekeningen gebruiken, maar dan heb je een verstuiver nodig.

Je hebt een stuk stevig karton of hardboard nodig. Op dat karton leg je een vel papier. Het karton leg je nu op de magneet waarvan je het magnetogram wilt maken. Zorg ervoor dat het karton niet van de magneet af kan schuiven! (Bijv. met behulp van houten blokjes).

Strooi nu op het papier, dat op het karton ligt, wat ijzerpoeder. Houd het karton met één hand vast en tik met je andere hand voorzichtig tegen het karton. Het ijzerpoeder formeert zich dan tot een magnetogram.



Spuit nu voorzichtig je fixeermiddel over het magnetogram. Houd je spuitbus of verstuiver zover boven het papier dat je geen ijzerdeeltjes wegsput!

Je moet een flinke laag lak op het papier spuiten anders zitten de ijzerdeeltjes later niet vast genoeg.

Laat het magnetogram nu ongeveer een kwartier drogen. Als je voldoende lak hebt gebruikt kun je het magnetogram zelfs met je vingers aanraken zonder dat het ijzerpoeder loslaat. Als je erg trots bent op je 'kunstwerk' kun je het inlijsten en boven je bed hangen.

### 2

#### Fotografisch fixeren.

We kunnen het veldlijnenpatroon ook fotografisch vastleggen. Als je op een stuk fotopapier een niet-doorschijnend voorwerp legt en je belicht de 'plaat' dan zal, na het ontwikkelen en fixeren, het voorwerp zich als een witte vorm op een zwarte achtergrond aftekenen.

Zo'n foto noemen we een fotogram (zie bijvoorbeeld blad E4: 'Werken met licht').

We zouden op een blad fotopapier een magnetogram kunnen maken, en de plaat

kunnen belichten. Na ontwikkelen en fixeren zal het magnetogram als een wit patroon op een zwarte achtergrond tevoorschijn komen.

Deze methode heeft echter het bezwaar dat je in een donkere kamer moet werken.

Omdat een doka-lamp maar weinig licht geeft kun je moeilijk beoordelen of je magnetogram goed is. Na het belichten kun je er niets meer aan veranderen. Daarom kun je beter een fysische ontwikkelmethode toepassen dan de normale chemische ontwikkelmethode. Je hoeft dan niet in het donker te werken. In deel 3 van dit blad wordt uitgelegd wat het verschil is tussen deze methoden. Als het je interesseert, kun je dat nalezen.

Hier zullen we beschrijven hoe je te werk moet gaan om het magnetogram te maken.

Wat je nodig hebt is:

- een stuk fotopapier (18 × 24);
- een stuk stijf karton of een plaatje hardboard;
- een magneet;
- een felle lamp (filmzon of hogedruk kwiklamp o.i.d.).

Als je geen felle lamp hebt, kun je gebruik maken van direct zonlicht.

Het fotopapier hoeft je niet te beschermen tegen licht, maar haal het wel in de doka uit de doos; anders is de rest van het papier in de doos niet meer voor normale doeleinden te gebruiken.

Plak het fotopapier vast op het karton of hardboard. Je kunt er een paar stukjes doorzichtig plakband voor gebruiken. Als je het papier niet vastplakt, kan het gaan krullen en dan blijft het ijzerpoeder niet mooi liggen.

Zorg er wel voor dat de lichtgevoelige laag boven zit. Deze kant van het papier glanst meer dan de achterkant en voelt ook gladder aan.

Leg het karton op de magneet. Zorg ervoor dat het niet kan verschuiven, bijvoorbeeld met houten blokjes.

Strooi wat ijzerpoeder op het fotopapier.

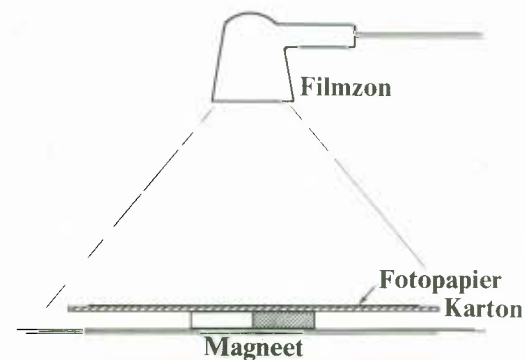
Houd met één hand het karton vast en tik met je andere hand voorzichtig tegen het karton. Het poeder rangschikt zich dan tot een magnetogram.

Bevestig je lamp nu loodrecht boven het midden van het fotopapier. De afstand moet zo gekozen worden dat het papier egaal door de lamp wordt verlicht. Meestal is een afstand tussen 50 en 100 cm goed.

Doe de lamp aan en laat hem minstens 10 minuten het papier verlichten.

Je ziet dan dat het papier langzaam grijs wordt. Hoe langer je belicht hoe donkerder het papier wordt.

Door te vergelijken met een stuk gewoon wit papier kun je beoordelen of het fotopapier al donker genoeg is naar je zin.



**Zorg ervoor dat tijdens de belichting niets aan de opstelling verandert, anders mislukt je opname.**

Als de fotoplaat donker genoeg is naar je zin, schakel je de lamp uit. **Laat de lamp afkoelen voor je hem verplaatst, anders gaat hij stuk!!**

Neem het karton met het fotopapier en schud het ijzerpoeder terug in het strooibusje. Je ziet nu het magnetogram wit afsteken tegen een grijze achtergrond.

Als je het magnetogram zo zou bewaren dan zouden de witte plaatsen op de plaat na verloop van tijd ook grijs worden. Daarom gaan we het beeld fixeren. Leg de fotoplaat enige tijd in een fixeerbad (1 minuut voor snelfixeer, 3 minuten voor gewone fixeër).

Spoel de plaat daarna enkele minuten met schoon water. Laat hem daarna drogen. Het beeld is nu 'voor eeuwig' vastgelegd.

Als er nog plaats is, kun je hem, naast het magnetogram uit deel 1, boven je bed hangen.

### 3

#### **Ontwikkelen van fotografische platen.**

Ontwikkelen is het proces waarmee we een beeld op een fotogevoelige plaat tevoorschijn roepen. We kunnen een plaat op verschillende manieren ontwikkelen. Om te begrijpen wat daarbij gebeurt zullen we eerst gaan kijken hoe zo'n gevoelige plaat is samengesteld.



Een fotoplaat bestaat uit 3 lagen:

- a De drager.
- b De gevoelige laag.
- c De bescherm laag.



De drager zorgt ervoor dat de plaat min of meer stevig is. Hij kan bestaan uit een plastic film (negatief), papier, karton of glas.

De gevoelige laag, die ook wel de emulsie wordt genoemd, bestaat uit een groot aantal kleine korreltjes van een lichtgevoelige stof. Deze korrels zijn geboden in een lijmstof.

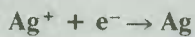
Over deze laag is een bescherm laag van gelatine aangebracht. Bij negatief-film is deze laag altijd glad, maar bij fotopapier kan hij ook mat zijn of voorzien van een patroon, bijvoorbeeld zijderasterpatroon of korreelpatroon.

Het vastleggen van het beeld heeft plaats in de gevoelige laag. De korrels lichtgevoelige stof bestaan meestal uit een mengsel van twee zilverzouten:

zilverchloride en zilverbromide. Naast deze stoffen voegen de fabrikanten meestal nog een aantal stoffen toe om de gevoeligheid en de stabiliteit te verhogen. De emulsie wordt daardoor een erg ingewikkeld mengsel.

Als op zo'n lichtgevoelig korreltje licht valt treedt er een chemische reactie op.

De zilverzouten bevatten zilver-ionen:  $\text{Ag}^+$ . Als er licht op valt neemt zo'n zilver-ion een elektron op en wordt daardoor een zilveratoom:



Het zilverzout is dus ontleed in zilver en broom of chloor. Bij normale belichting zullen echter niet alle zilver-ionen in de belichte korrel atomen worden. Daarvoor is de hoeveelheid licht te klein. Bij normale belichtingstijd namelijk iets tussen de 0,001-ste seconde en enkele seconden.

Om alle zilver-ionen in een korrel om te zetten in atomen moet je zeer lange belichtingstijden toepassen. Deze lopen uiteen van enkele minuten bij zeer felle belichting tot vele uren bij zwakke belichting.

Dit proces heet **fysische ontwikkeling**.

Een zilverchloride- of zilverbromide korrel is wit, respectievelijk geel. Als zo'n korrel ontleedt in zilver wordt de korrel zwart. Vandaar dat bij het maken van het magnetogram de plaatsen, waar licht op het fotopapier viel, grijs werden. Als je lang belicht, zullen deze plaatsen zelfs zwart worden.

Voor het maken van een normale foto kun je geen gebruik maken van alleen fysische ontwikkeling. Daar zijn 2 redenen voor:

- a De belichtingstijd is te lang.
- b Als de bovenste korrels zwart zijn geworden laten ze geen licht meer door. De daaronder liggende korrels worden daarom niet volledig uitontwikkeld. Dat maakt dat de plaat nooit diep zwart wordt, maar hooguit zeer donker grijs.

Een effect van reden b heb je al waar kunnen nemen. Toen je het foto-magnetogram met fixeer behandelde, werd de plaat iets lichter. Dat komt omdat de fixeerstof alle niet-ontwikkelde en alle niet — helemaal — ontwikkelde korrels uit de emulsie verwijdert. Omdat bij onze fysische ontwikkeling alleen de bovenste korrels helemaal uitontwikkeld waren, werden bij het fixeren de daaronder gelegen half-ontwikkelde korrels verwijdert. Daardoor werd de plaat minder donker.

Hoe ontwikkelen we nu een normale foto?

Wel, hierbij maken we handig gebruik van de chemische eigenschappen van de zilverzouten. Vandaar dat we spreken van **chemische ontwikkeling**.

Er zijn stoffen die hetzelfde met de zilverzouten doen als licht, namelijk ze ontleiden in zilver. Methol is bijvoorbeeld zo'n stof. We noemen dit soort stoffen **ontwikkelaars**.

Als je in de doka een niet-belichte fotoplaat in de ontwikkelaar legt, zal de plaat na een half uur helemaal zwart worden zijn. Het bezwaar van een chemische ontwikkelaar is dus dat hij alle korrels zwart maakt. Er is echter één gelukkige omstandigheid die maakt dat we toch foto's kunnen ontwikkelen met chemische ontwikkelaars. Een korrel die al enkele zilveratomen bevat wordt binnen 1 à 2 minuten helemaal omgezet in zilver. Een korrel die nog geen zilveratomen bevat heeft 20 tot 30 minuten nodig om in zilver te veranderen. De aanwezigheid van zilveratomen versnelt de ontwikkeling!!



Nu hebben we al eerder gezegd dat bij normale belichting van een foto in elke belichte korrel een paar ionen worden omgezet in zilveratomen (fysische ontwikkeling). Als we zo'n belichte plaat 1 à 2 minuten in de ontwikkelaar leggen zullen alle belichte korrels helemaal zwart zijn geworden. De niet-belichte korrels beginnen dan pas omgezet te worden. Door de plaat nu snel uit de ontwikkelaar te halen stoppen we de ontwikkeling.

De plaat wordt dan met fixeer behandeld, waardoor de niet volledig ontwikkelde korrels worden verwijderd. Er blijven dan alleen zwarte korrels achter op de belichte plaatsen. Het beeld ligt dan vast.

Je begrijpt dat het bij chemische ontwikkeling dus erg belangrijk is je aan de juiste ontwikkeltijden te houden, om te voorkomen dat ook niet-belichte korrels zwart worden. Dikwijls wordt na het ontwikkelbad een stopbad toegepast. Een stopbad bevat een stof die de ontwikkelstof onwerkzaam maakt. Als je de plaat uit het ontwikkelbad haalt, zit namelijk op de plaat en in de bescherm laag nog ontwikkelaar. Met het stopbad zorg je ervoor dat deze ontwikkelaar niet verder kan werken.

Als je meer wilt weten over het ontwikkelen van films en fotopapier en over het maken van afdrucken van negatieven moet je het extrablad nr. 110 'Fotografie' maar eens bekijken.

Verder bestaan er hele reeksen boeken over fotograferen, ontwikkelen en afdrucken. In de bibliotheek hebben ze meestal een plank vol boeken over fotografie.

---

## Blok 12 | Extra stof 125

---

### Elektromagnetische inductie

In P1 hebben we gezien, dat een magneet ook op een afstand een kracht uitoefent op een stuk ijzer. We zeggen dat er rondom een magneet een magnetisch veld aanwezig is. We kunnen dit veld met ijzerpoeder zichtbaar maken. Er ontstaat rondom de magneet een veldlijnenpatroon.

We kunnen het veld rondom een magneet ook onderzoeken met een kompasnaaldje. We spreken af, dat de richting van het magnetisch veld in een punt wordt gegeven door de stand die het kompasnaaldje in dat punt inneemt.

#### 1

Onderzoek nu het magnetisch veld rondom een staafmagneet door het kompasnaaldje op verschillende punten te plaatsen. Geef in de tekening de stand van het kompasnaaldje aan. Stel het naaldje daarbij voor door een pijltje →.

Als we de tekening vergelijken met het veldlijnenpatroon van de staafmagneet dat we in P1 proef 9 hebben getekend, zien we dat deze tekeningen veel op elkaar lijken.

De veldlijn is dus een lijn, die in elk punt de stand van het kompasnaaldje en daarmee de richting van het magnetisch veld geeft.

#### 2

Teken de kompasnaaldjes in de aangegeven punten. De magnetische veldlijnen ontspringen bij de noordpool en lopen naar de zuidpool.

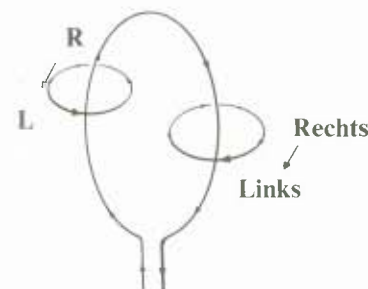
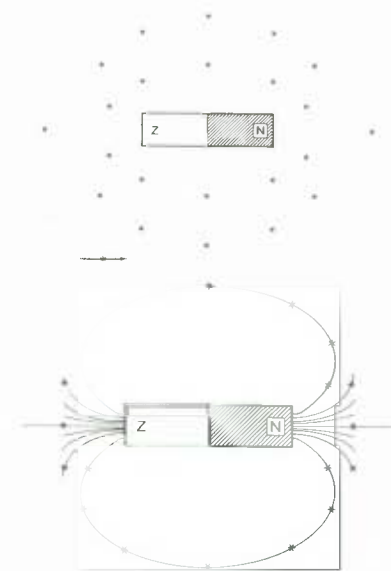
In P2 hebben we gezien dat een spoel zich gedraagt als een staafmagneet, als er stroom door loopt. Als we de stroom in de spoel van richting omkeren, verwisselen de polen van plaats. De richting van het magnetisch veld is dus afhankelijk van de richting van de stroom in de spoel.

De engelsman Maxwell heeft ontdekt, dat er rondom een rechte draad, waardoor stroom loopt, een magnetisch veld aanwezig is.

De richting van dit veld wordt gegeven door de **kurketrekkerregel van Maxwell**: beweeg de kurketrekker in de richting van de stroom; de bijbehorende draaiing van de kurketrekker geeft de richting van het magnetisch veld.

Als we de rechte draad in de vorm van een winding buigen ontstaat er een veld zoals getekend is.

De veldlijnen lopen van rechts naar links om de winding. Aan de rechterkant ontstaat dus een Noordpool; aan de linkerkant een Zuidpool.



Een spoel is niets anders dan een aantal windingen achter elkaar. De magnetische velden van de afzonderlijke windingen vormen samen het magnetisch veld van de spoel.

3

Aan de rechterkant ontstaat een \_\_\_\_\_ pool; aan de linkerkant een \_\_\_\_\_ pool.

4

Teken het veld van de spoel waarvan een enkele winding is getekend. Bepaal de plaats van noordpool en zuidpool.

De richting van het magnetisch veld van een spoel hangt af van:

- de richting van de stroom door de spoel;
- de loop van de windingen van de spoel.

We onderscheiden linksom en rechtsom gewonden spoelen.

De sterkte van het magnetisch veld hangt af van:

- de grootte van de stroom;
- het aantal windingen.

5

Als we een weekijzeren kern in de spoel brengen, wordt het magnetisch veld versterkt. Verklaar dit. Zie ook P2 proef 5.

We kunnen dus met behulp van een stroom een magnetisch veld binnen een spoel maken.

In P5 hebben we gezien, dat er in een spoel ook het omgekeerde kan plaats vinden.

We kunnen met behulp van een magnetisch veld in een spoel een stroom opwekken.

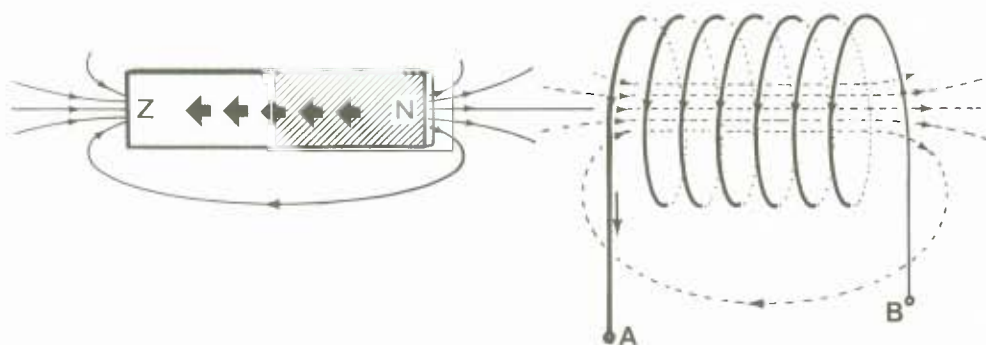
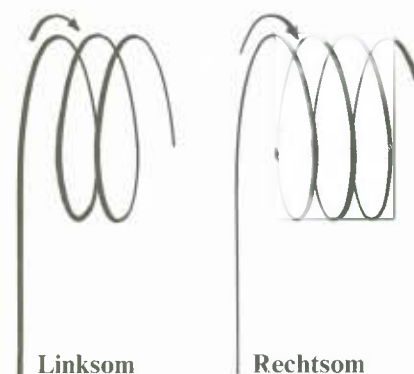
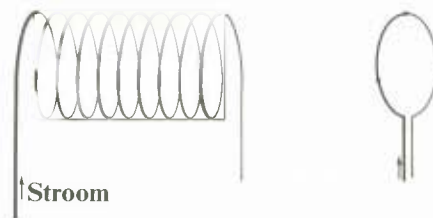
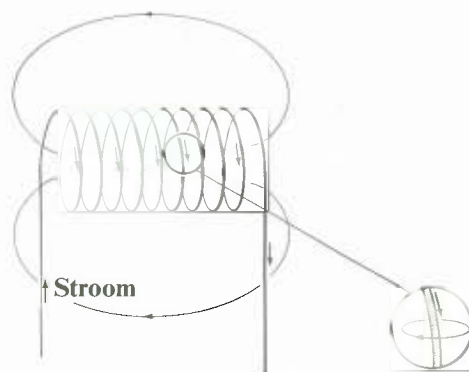
We noemen dit magnetische inductie.

Er gaat alleen een stroom in de spoel lopen, als we het magnetisch veld binnen de spoel veranderen. Dit komt omdat de spoel een bijzondere eigenschap bezit:

**Een spoel probeert iedere veldverandering binnen de spoel tegen te werken.**

Als het magnetisch veld binnen de spoel afneemt dan probeert de spoel deze afname tegen te werken door een veld te maken in dezelfde richting.

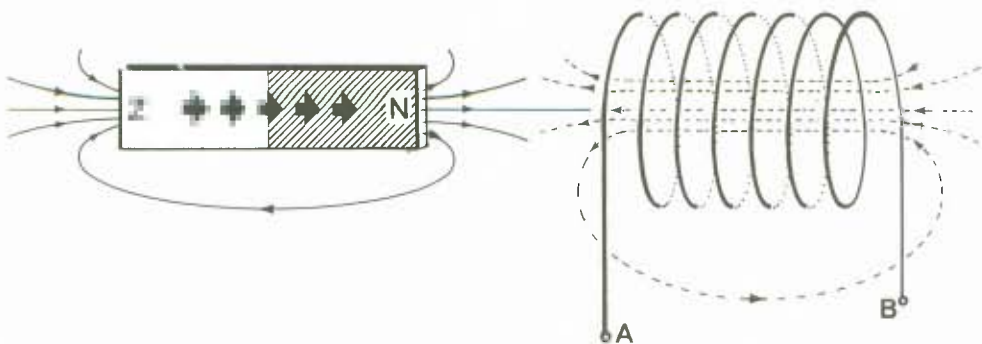
Als het magnetisch veld binnen de spoel toeneemt, dan probeert de spoel een veld te maken in tegengestelde richting.



Als we de staafmagneet bij de spoel weghalen, neemt het magnetisch veld dat binnen de spoel van links naar rechts loopt, af. De spoel probeert nu een veld te maken dat ook van links naar rechts loopt. Dit kan alleen als er in de spoel een stroom loopt. De richting van de stroom volgt uit de kurketrekkerregel van Maxwell. Bekijken we de enkele winding, dan loopt het veld buitenom van rechts naar links. Draaien we een kurketrekker in dezelfde richting, dan wil deze omlaag. De stroom in de winding loopt dus ter plaatse naar beneden. De stroom in de spoel loopt dus van B naar A. Bij A ontstaat een overschot aan positieve ladingen, bij B een tekort. A wordt dus positief en B negatief. Het spanningsverschil tussen A en B noemen we de **inductie** spanning. Als we tussen A en B een Ampèremeter aansluiten, dan loopt de stroom door de meter van A naar B.

Wat gebeurt er als we de staafmagneet naar de spoel toe bewegen?

Het veld binnen de spoel neemt toe. De spoel maakt een veld in tegengestelde richting.



6

Teken het veld en de bijbehorende stroom in de enkele winding. Teken de stroom in de spoel.

A wordt \_\_\_\_\_ en B wordt \_\_\_\_\_

7

Onderzoek zelf wat er gebeurt, als we de zuidpool van een staafmagneet naar de spoel toe bewegen of bij de spoel weghalen.

Waarvan is de grootte van de inductiespanning, die door de spoel wordt opgewekt, afhankelijk?

— Hoe groter de veldverandering, des te meer wil de spoel tegenwerken. Des te groter dus ook de opgewekte stroom en daarmee de inductiespanning.

— De verandering hangt af van de sterkte van de magneet en de snelheid waarmee de magneet wordt verplaatst.

— Iedere winding voelt de veldverandering en wil deze tegenwerken. In iedere winding wordt dus een stroom en een spanning opgewekt. De totale inductiespanning hangt dus af van het aantal windingen.

We kunnen de aard (positief of negatief) en de grootte van de inductiespanning en dus van de stroom in de spoel bekijken met behulp van de opstelling uit P5 proef 1.

8

a Bepaal de aard van de inductiespanning.

1 Als we de noordpool naar de spoel toe bewegen.

2 Als we de noordpool bij de spoel weghalen.

3 Als we de zuidpool naar de spoel toe bewegen.

4 Als we de zuidpool bij de spoel weghalen.

b Controleer met behulp van de kurkrekterregel of de gevonden inductiespanning overeenkomt met de loop van de windingen, die op de spoel staat aangegeven.

c Onderzoek de grootte van de inductiespanning als de magneet met verschillende snelheden wordt bewogen.

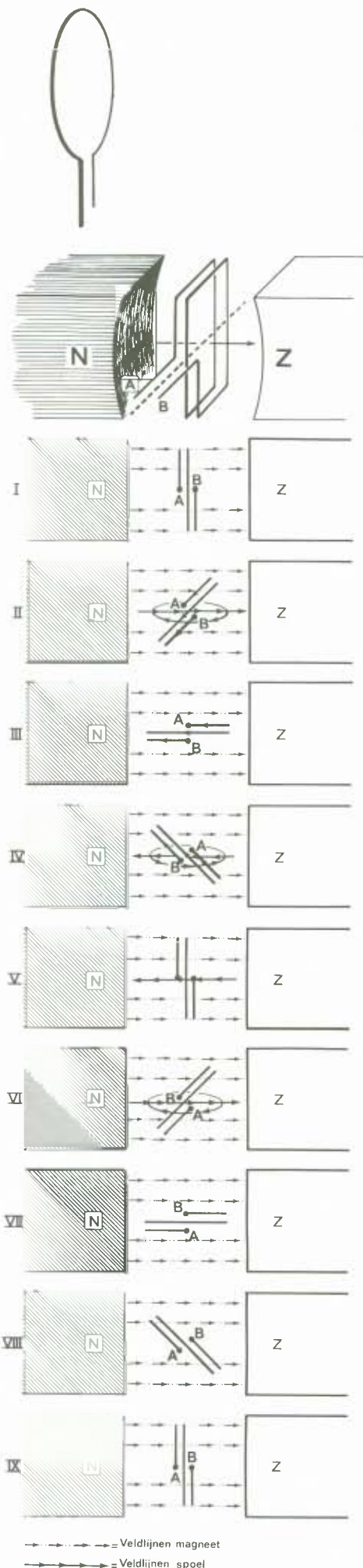
d Onderzoek de grootte van de inductiespanning bij spoelen met een verschillend aantal windingen.

In een generator is een spoel draaibaar opgesteld tussen de polen van een (elektro)magneet.

Als de spoel van stand I naar II draait, neemt het veld door de spoel af. De spoel maakt een gelijkgericht veld. De stroom in de spoel loopt van B naar A. A wordt dus positief en B negatief. Van stand II naar III: het veld neemt verder af. Stroom in de spoel heeft dezelfde richting. De veldverandering tussen II en III is groter dan tussen I en II. De inductie spanning neemt toe.

Als de spoel van III naar IV draait, neemt het veld door de spoel toe; de spoel maakt een tegengesteld gericht veld. De stroom blijft van B naar A lopen.

A blijft dus positief en B negatief.



9  
 Vul de tabel, die alle stappen van de tekening geeft, verder in.

Spoel gaat van	Veld neemt	Veld van de spoel werkt	Stroom in de spoel van	Spanning $V_{AB}$
I naar II	Af	Mee	$B \rightarrow A$	$> 0$
II naar III	Af	Mee	$B \rightarrow A$	$> 0$
III naar IV	Toe	Tegen	$B \rightarrow A$	$> 0$
IV naar V				
V naar VI				
VI naar VII				
VII naar VIII				
VIII naar IX				

Tussen A en B ontstaat dus een inductiespanning die bij iedere omwenteling een keer van richting omkeert; dit noemt men een wisselspanning.  
 Als we de spanning tussen A en B op een oscilloscoop zichtbaar maken, ontstaat op het scherm een beeld zoals hiernaast is getekend.

