

### Wat je moet kennen en kunnen aan het eind van blok 9

1 Je moet weten welke stand een staafmagneet inneemt, als je hem vrij draaibaar opstelt. [P1, T1]

2 Je moet de noord- en zuidpool van een staafmagneet kunnen bepalen [P1, T1]

3 Je moet weten wanneer twee magneten elkaar aantrekken en wanneer twee magneten elkaar afstoten. [P1, T1]

4 Je moet weten hoe een kompas werkt. [T1]

5 Je moet weten welke stoffen door een magneet aangetrokken worden. [P1, T1]

6 Je moet weten dat de magnetische krachtwerking door verschillende stoffen heengaat. [P2, T2]

7 Je moet weten dat de magnetische krachtwerking van een magneet bij de polen sterk is en in het midden zwak. [P1, T1, P2, T2]

8 Je moet weten dat een magneet ook krachtwerking op afstand vertoont en dat we dit omschrijven door te zeggen dat er een magnetisch veld om de magneet aanwezig is. [T1]

9 Je moet het veldlijnenpatroon van het magnetische veld kunnen tekenen van: twee staafmagneten dicht bij elkaar en van een magneet en een stuk ijzer dicht bij elkaar. [P2, T2, W2]

10 Je moet weten dat de veldlijnen altijd van de noordpool naar de zuidpool lopen. [T3]

11 Je moet weten wat magnetische influentie is. [P2, T2, W2]

12 Je moet proeven met behulp van magnetische influentie kunnen verklaren. [W2]

13 Je moet weten wat permanente magneten zijn. [W2]

14 Je moet weten hoe je kunt aantonen dat rond een rechte stroomdraad en een spoel een magnetisch veld aanwezig is. [P2]

15 Je moet het veldlijnenpatroon van een spoel en een rechte stroomdraad kunnen tekenen. [P3, T3, W3]

16 Je moet de rechterhandregel kennen en kunnen gebruiken voor een stroomdraad en een spoel. [T3, W3]

17 Je moet weten dat je de krachtwerking van een spoel vergroot door een grotere stroomsterkte door de spoel te laten gaan. [P3, T3]

18 Je moet weten dat een ijzeren kern de magnetische krachtwerking van de spoel vergroot. [P3, T3]

19 Je moet weten dat het magnetisch veld van een spoel groter wordt als het aantal windingen toeneemt en de lengte van de spoel gelijkblijft. [P3, T3]

20 Je moet weten wat een elektromagneet is. [T3]

21 Je moet de overeenkomsten en de verschillen tussen een staafmagneet en een elektromagneet kunnen opnoemen. [W3]

22 Je moet vijf toepassingen van een elektromagneet kunnen opnoemen. [P3, T3]

23 Je moet weten hoe een relais werkt. [P4, T4, W4]

24 Je moet weten hoe de elektrische bel werkt. [P4, T4]

25 Je moet de werking kunnen begrijpen van een schakeling waarin een relais is opgenomen. [P4, T4, W4]

26 Je moet weten hoe een luidspreker werkt. [P4, T4, W4]

27 Je moet weten hoe de waakvlambeveiliging werkt. [T4, W4]

28 Je moet weten hoe een elektrisch signaal op een geluidsband kan worden vastgelegd. [T4, W4]

## Blok 9

# Magneten

### Basisstof

T1 Magneten 6

W1 7

T2 Het magnetisch veld 8

W2 9

T3 Magnetisme en elektrische stromen 11

W3 13

T4 Toepassingen van elektromagneten 14

W4 17

### Herhaalstof

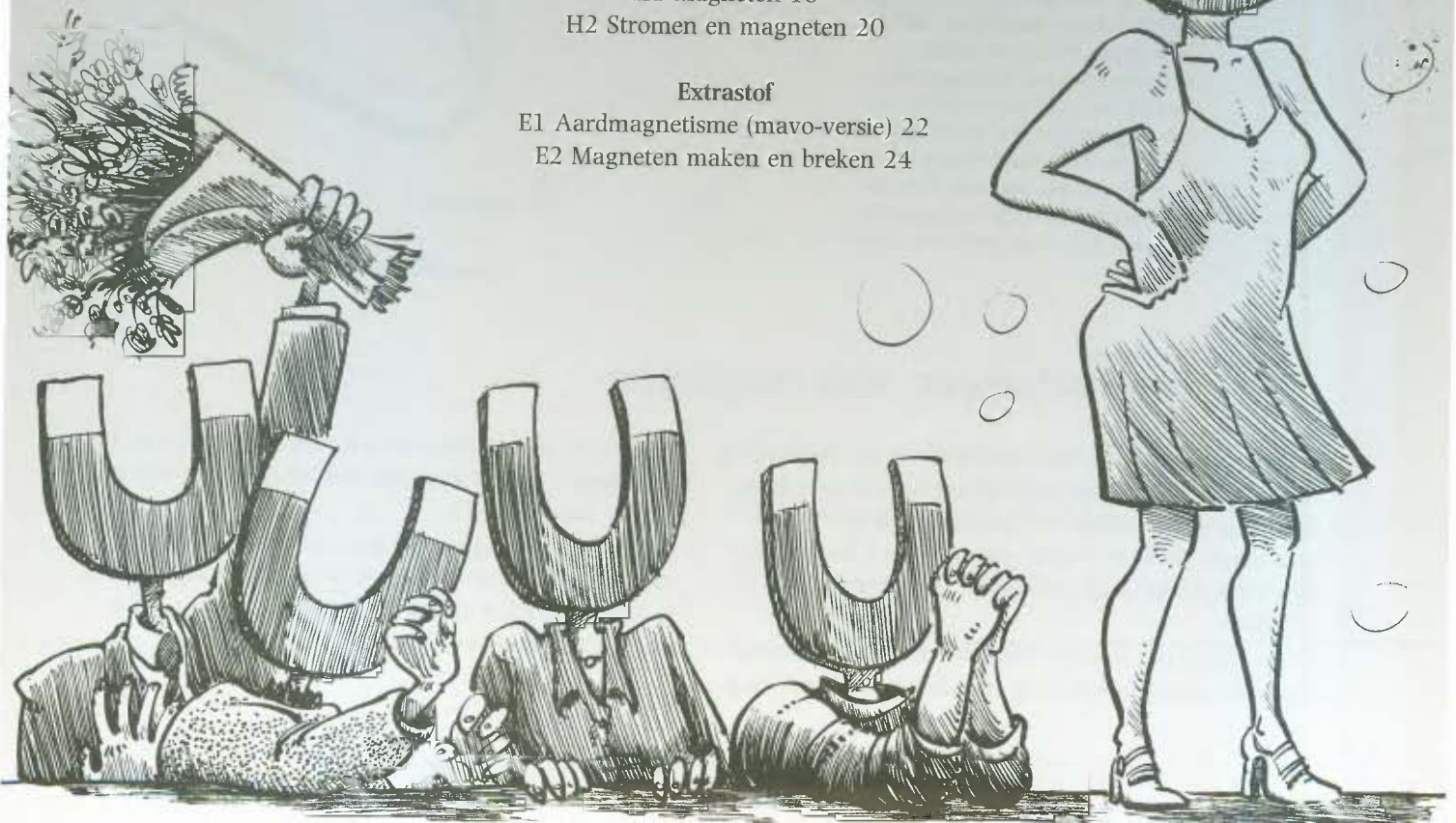
H1 Magneten 18

H2 Stroom en magneten 20

### Extrastof

E1 Aardmagnetisme (mavo-versie) 22

E2 Magneten maken en breken 24



Je hebt natuurlijk wel eens met een magneet gespeeld en je misschien afgevraagd wat je allemaal met een magneet kunt doen. Dat ga je nu in dit blok onderzoeken.

Tenslotte eindigen we met een aantal praktische toepassingen, zoals de elektrische bel, magnetische schakelaars (relais), waakvlambeveiliging en het opnemen van elektrische signalen op een cassettebandje.

## Magneten: de samenstelling

Het woord magneet is afkomstig van het Griekse 'magnētos lithos' dat letterlijk 'steen van Magnesia' betekent. Magnesia was in de oudheid een stad in het koninkrijk Lydië (nu gelegen in West-Turkije). Bij Magnesia werden stenen gevonden die ijzeren voorwerpen konden aantrekken. Deze stenen waren waarschijnlijk stukken magnetisch ijzererts met een groot gehalte aan zuiver ijzer.

Tegenwoordig worden magneten veel toegepast. In huis tref je ze overal aan, soms zichtbaar zoals bijvoorbeeld het slot van het keukenkastje, soms onzichtbaar, zoals in het afbuigjuk in het televisietoestel.

De stoffen ticonal en alnico worden veel gebruikt bij het vervaardigen van magneten omdat deze materialen uitstekende magnetische eigenschappen hebben. Ticonal is een mengsel van de metalen: ijzer, titaan, kobalt, nikkel en aluminium. Alnico is een mengsel van: ijzer, aluminium, nikkel en kobalt. Magneten worden tegenwoordig dikwijls gemaakt door korrels van een magnetische stof te mengen met een kleiachtige stof. Daaruit bakt men dan op een pottenbakkersmanier een magneet. Zo kan men de magneet elke vorm geven die men wil.

Enkele tientallen jaren geleden was men voor magneten nog vooral aangewezen op staal. Men kon maar een beperkt aantal vormen aan de magneten geven. De meest bekende vormen van magneten stammen dan ook uit die tijd. Deze zijn:

- staafmagneet
- hoefijzermagneet
- naaldmagneet (kompassen).

fig. 1

Een staafmagneet.



fig. 2

Een hoefijzermagneet.



fig. 3

Een naaldmagneet.



## Eigenschappen van magneten

a Een magneet heeft een noordpool en een zuidpool. Je kunt de noordpool van de magneet vinden door hem draaibaar op te stellen. De magneet gaat dan noord-zuid staan. De kant van de magneet die naar het noorden wijst, noem je de noordpool. De andere kant is de zuidpool.

b De noordpool van een magneet stoot de noordpool van een andere magneet af. De zuidpool van een magneet

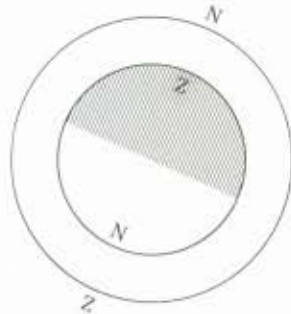
stoot de zuidpool van een andere magneet af. De noordpool van een magneet trekt de zuidpool van een andere magneet aan.

c Alleen voorwerpen van ijzer (ook staal, weekijzer), nikkel en kobalt worden door magneten aangetrokken.

d Een magneet is aan de polen het sterkst en in het midden het zwakst.

Met behulp van eigenschap b kun je begrijpen waarom een kompasnaald noord-zuid gaat staan. De aarde is namelijk zelf een magneet. De magnetische noordpool van de aarde ligt in de buurt van de geografische zuidpool. De magnetische zuidpool van de aarde ligt in de buurt van de geografische noordpool. Het gevolg is dat de noordpool van de kompasnaald naar het noorden wijst.

fig. 4  
De aarde als magneet.



Staal is een ijzerlegering. Dat wil zeggen dat staal een mengsel is van ijzer en enige andere stoffen. Deze stoffen worden aan het vloeibare ijzer toegevoegd om het andere eigenschappen te geven dan gewoon ijzer, dat meestal weekijzer wordt genoemd. Vergeleken met weekijzer is staal harder en minder buigzaam.

## Blok 9

### W1

1 Hoe kun je een hoeveelheid koperen en ijzeren spijkertjes sorteren die door elkaar zijn geraakt?

2 Een magneet ligt op de bodem van een doorzichtige plastic bak (figuur 5). Je hebt een tweede magneet die ook in de bak moet. Je kunt dat op 2 manieren doen. Verklaar wat er in beide gevallen gebeurt.

fig. 5



3 Je hebt twee even grote, zwarte staven. De ene is een staafmagneet, de andere is van ijzer. Hoe kun je na gaan welke staaf de magneet is zonder andere voorwerpen te gebruiken dan deze twee staven?

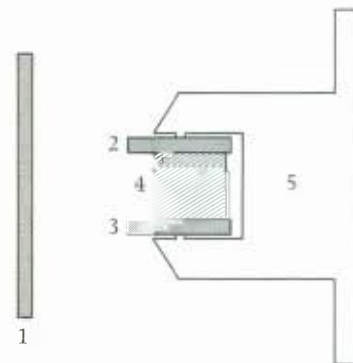
4 In figuur 6 is een magnetisch slot getekend zoals dat in kasten wordt gebruikt.

Waar zitten de polen van de magneet?

fig. 6

Een magnetisch slot.

- 1 ijzeren plaatje op de deurstijl
- 2 en 3 ijzeren plaatjes
- 4 magneet
- 5 plastic houdertje



5 Leg de werking van een kompas uit.



## Het magnetisch veld rond een magneet

Voorwerpen in de omgeving van een magneet worden aangetrokken. IJzervijlsel rangschikt zich in een patroon wanneer er een magneet in de buurt gehouden wordt. IJzer blijkt zich als een magneet te gedragen wanneer er een staafmagneet in de nabijheid is. Het magnetisme verdwijnt weer als je de magneet weghaalt. Een stalen voorwerp dat enige tijd in de buurt

van een magneet ligt, blijft wel zelf magnetisch. Uit al deze verschijnselen blijkt dat een magneet krachtwerking uitoefent op ijzeren en nikkel voorwerpen. Daarbij hoeft de magneet die voorwerpen niet aan te raken. De magneet vertoont ook krachtwerking op afstand. We zeggen dat er rondom de magneet een magnetisch veld aanwezig is.

## Veldlijnen

Je kunt het veld van een magneet zichtbaar maken met behulp van ijzervijlsel. IJzervijlsel rangschikt zich in de buurt van een magneet, waardoor er vaste patronen met kromme lijnen ontstaan. Deze lijnen noemen we veldlijnen. Alle veldlijnen bij elkaar noemen we het veldlijnenpatroon. De veldlijnen geven de richting van het magnetisch veld aan. Volgens afspraak lopen de veldlijnen altijd van de noordpool naar de zuidpool. Hieronder en op blz. 9 staan enkele veldlijnenpatronen getekend. Uit de tekeningen blijkt dat veel veldlijnen van de ene pool naar de andere lopen. Er zijn ook veel lijnen die bij een pool beginnen en zomaar ergens lijken op te houden. Zou je echter een groter blad papier nemen en fijner ijzervijlsel, dan blijkt dat die lijnen ook van noordpool naar zuidpool lopen. In figuur 8 zie je ook dat er geen veldlijnen van de ene zuidpool naar de andere zuidpool lopen.

Op grote afstand is de krachtwerking van de magneet minder, waardoor zelfs de kleinste stukjes ijzervijlsel niet meer in beweging gebracht kunnen worden.

Bovendien blijkt uit de proeven dat het ijzervijlsel vooral bij de polen terechtkomt. Dat komt doordat de magneet daar de grootste krachtwerking vertoont. De veldlijnen liggen daar dicht bij elkaar. Verder van de polen ligt minder ijzervijlsel. De veldlijnen liggen verder van elkaar af. De krachtwerking is er kleiner.

**Samenvatting:** waar de veldlijnen dicht bij elkaar liggen, is er een sterk magnetisch veld met grote krachtwerking en waar de veldlijnen ver uit elkaar liggen, is er een zwak magnetisch veld met kleine krachtwerking.

fig. 7  
Het veld van een staafmagneet; de veldlijnen lopen van noord naar zuid.

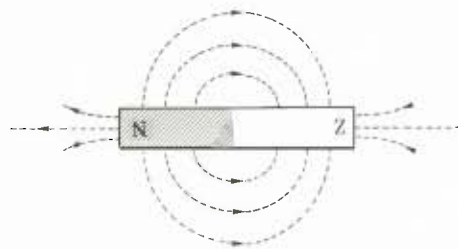


fig. 8  
Het veld van twee staafmagneten met de zuidpolen naar elkaar gericht.

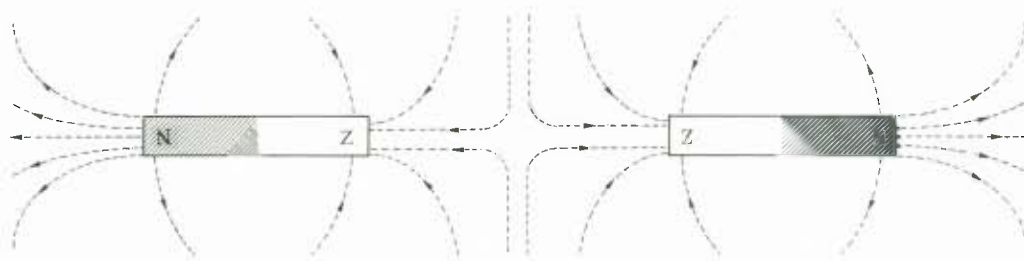


fig. 9  
Twee magneten met on-  
gelijke polen naar elkaar toe.

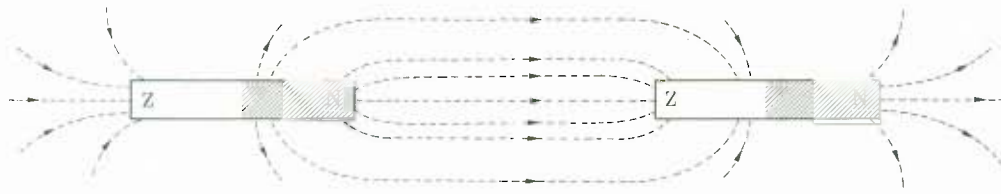
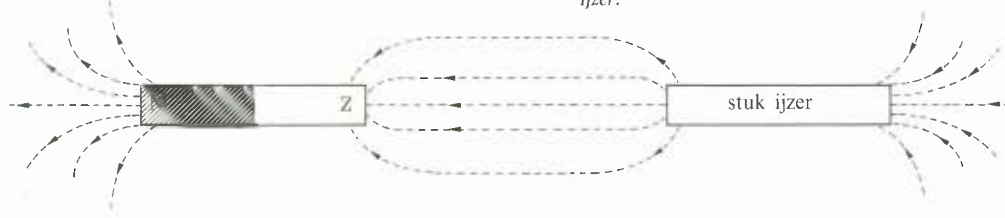


fig. 10  
Een magneet en een stuk  
ijzer.



## Magnetische influentie

Je hebt in proef 6 van P2 ontdekt dat weekijzer zelf ook magnetisch wordt als je er een magneet bij houdt. Dit verschijnsel noemen we magnetische influentie. Het treedt op bij ijzer, nikkel en kobalt.

Het magnetisme van het weekijzer verdwijnt op het moment dat de magneet wordt weggehaald. Bij een stuk staal blijft het magnetisme aanwezig nadat de magneet is weggehaald. Bijvoorbeeld een stalen spijker in de buurt van een magneet wordt op den duur zelf magnetisch. We spreken dan over permanent magnetisme. In E2 kun je vinden hoe het komt dat staal permanent magnetisch kan zijn en weekijzer niet.

fig. 11  
Spijker bij een staafmagneet.  
De kop van de spijker wordt  
zuidpool, de punt noordpool.  
De zuidpool van de spijker  
wordt naar de noordpool van  
de magneet getrokken.



Uit de figuren 9 en 10 kun je afleiden dat het deel van het ijzer dat het dichtst bij de zuidpool van de magneet ligt door influentie een noordpool wordt. Je begrijpt dan meteen waarom het ijzer aangetrokken wordt.

## Blok 9

### W2

1 Teken het veldlijnenpatroon van de staafmagneet van figuur 12. Neem eerst de figuur over.

fig. 12



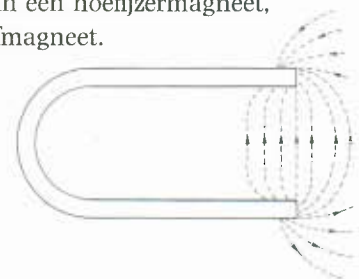
2 In figuur 13 is het veld van een hoefijzermagneet getekend.

a Welke pool is de noordpool en welke de zuidpool?

b Waar is het veld het sterkst?

c Noem een voordeel van een hoefijzermagneet, vergeleken met een staafmagneet.

fig. 13  
Veldlijnen van een hoef-  
ijzermagneet.



3 Neem figuur 14 over in je schrift.

- a Teken het veldlijnenpatroon van de twee magneten.  
b Geef aan waar het magnetisch veld het sterkst is.

fig. 14



4 Leg met behulp van magnetische influentie uit hoe het komt dat een stukje ijzer naar een magneet toe getrokken wordt.

5 Een stuk ijzer hangt aan een magneet. Aan het stuk ijzer hangt een spijker.

Leg met behulp van magnetische influentie uit waarom de spijker blijft hangen.

6 Neem figuur 15 over in je schrift en teken het veldlijnenpatroon van de magneet en het stuk weekijzer.

fig. 15

Een staafmagneet en een stukje weekijzer.



7 Je houdt een staafmagneet boven een bak met spijkers. De spijkers blijven liggen. Je schuift een stuk weekijzer tussen de magneet en de spijkers. De spijkers vliegen nu wel tegen het weekijzer aan. Verklaar deze proef.

8 Neem figuur 16 over in je schrift.

- a Geef in de tekening aan: de zuidpool van de magneet, de noord- en de zuidpool van het weekijzer, de noord- en de zuidpool van de spijkers.  
b Waarom hangen de spijkers met de koppen uit elkaar?

fig. 16



9a Wat is het verschil tussen permanent magnetisme en tijdelijk magnetisme?

b Geef van beide een voorbeeld.

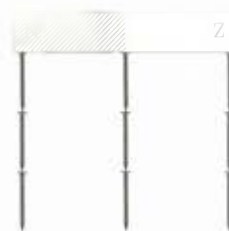
10 Iemand beweert dat de kant van de ijzeren staaf die het dichtst bij de magneet ligt, door influentie altijd een noordpool wordt.

Laat met behulp van een voorbeeld zien dat dit niet altijd zo is.

11 Alle spijkers in figuur 17 zijn van dezelfde soort. Wat klopt er niet in deze figuur?

fig. 17

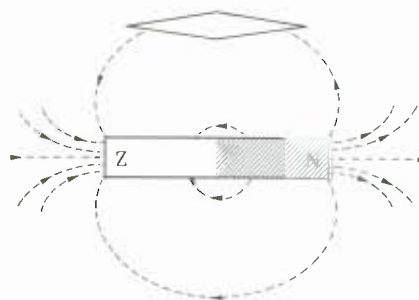
Staafmagneet met negen spijkers.



12 Veldlijnen lopen van noord naar zuid. Geef aan wat de noordpool en wat de zuidpool is van de naaldmagneet uit figuur 18.

fig. 18

Staafmagneet en naaldmagneet.



# Magnetisme en elektrische stromen

## Het magnetisch veld van een stroomdraad

Als er door een draad een elektrische stroom gaat, ontstaat er rond die draad een magnetisch veld. Dit is onder andere te merken aan het gedrag van een kompasnaald in de buurt van de stroomdraad. Het veldlijnenpatroon van een rechte stroomdraad is moeilijk zichtbaar te maken (het veld is te zwak). Het ziet eruit zoals in figuur 19 is getekend.

Bij een magneet lopen de veldlijnen altijd van noordpool naar zuidpool. Bij een stroomdraad kun je niet spreken van een noord- en een zuidpool. De richting

van de veldlijnen hangt af van de richting van de stroom. Met de rechterhandregel kun je de richting van de veldlijnen bepalen.

### De rechterhandregel bij een stroomdraad:

Wijs met de duim van je rechterhand in de richting van de stroom.

Je gebogen vingers wijzen dan in de richting van de veldlijnen (figuur 19, 20 en 21).

fig. 19  
Veld van een rechte stroomdraad.

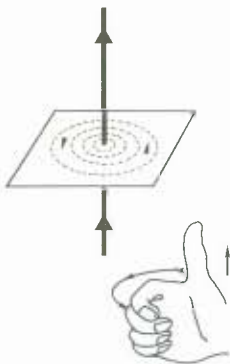


fig. 20  
Veld van een rechte draad. De stroom heeft nu een tegengestelde richting.

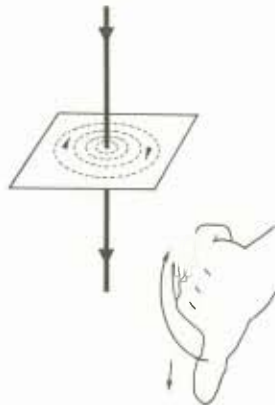
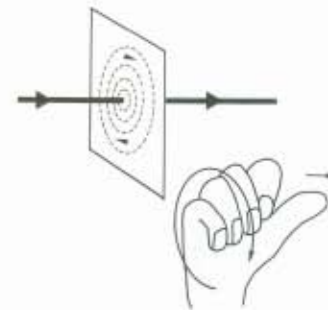


fig. 21  
Nogmaals het magnetisch veld van een rechte stroomdraad.



## Het magnetisch veld van een spoel

Rond een spoel waardoor een elektrische stroom loopt, ontstaat ook een magnetisch veld. Aan het ene uiteinde ontstaat een noordpool en aan het andere uiteinde een zuidpool, waardoor het veld van een spoel dezelfde vorm heeft als dat van een staafmagneet. Het verschil is dat je het magnetisch veld van een spoel vrij gemakkelijk kunt veranderen.

Het magnetisch veld van een spoel kun je vergroten door:

- de stroom door de spoel groter te maken;
- het aantal windingen van de spoel te vergroten (de lengte van de spoel moet dan wel hetzelfde blijven);
- de spoel te voorzien van een weekijzeren kern.

Je kunt het veld laten verdwijnen door de stroom uit te schakelen. Bovendien kun je het magnetische veld van richting laten veranderen door de stroomrichting om te draaien. Vanwege deze voordelen worden er veel meer elektromagneten gebruikt dan permanente magneten.



## Het veld van de spoel

In proef 7 van P3 heb je het veldlijnenpatroon van de spoel onderzocht. Dit is nogmaals in figuur 22 weergegeven.

We vergelijken het veld van een spoel nogmaals met het veldlijnenpatroon van een staafmagneet (figuur 23).

Om de richting van de veldlijnen te vinden bij een spoel gebruiken we de rechterhandregel op een andere manier:

Buig de vingers van je rechterhand over de windingen van de spoel (figuur 24). Je vingers moeten in de richting van de stroom wijzen. Je gestrekte duim wijst nu

in de richting van de veldlijnen in de spoel. De noordpool zit aan de kant waar de veldlijnen de spoel uitgaan en de zuidpool aan de kant waar de veldlijnen de spoel binnenkomen.

In figuur 25 zijn ook de veldlijnen rond de spoel getekend.

De vingers van de rechterhand zijn over de spoel gebogen en ze wijzen weer in de richting van de elektrische stroom. De richting van de duim geeft de richting van de veldlijnen in de spoel aan en ook de plaats van de noordpool. De veldlijnen zijn gesloten. Buiten de spoel lopen de veldlijnen van noord naar zuid.

fig. 22  
Het magnetisch veld van een spoel.

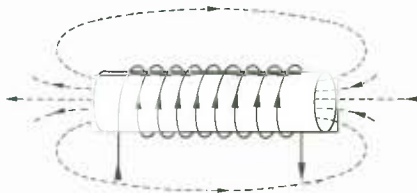


fig. 24  
Rechterhandregel voor een spoel.

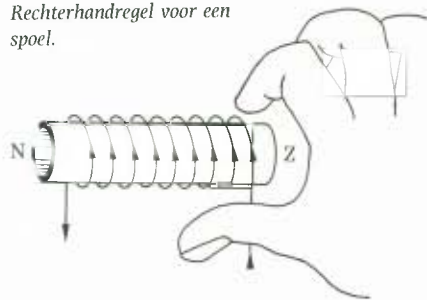


fig. 23  
Magnetisch veld van een staafmagneet.

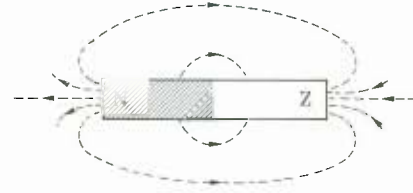
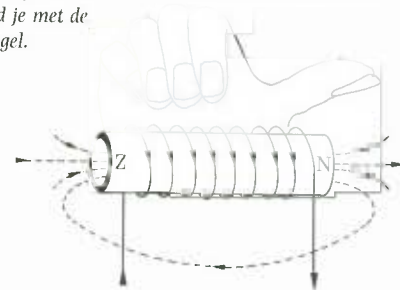


fig. 25  
Magnetisch veld van een spoel. De richting van de veldlijnen vind je met de rechterhandregel.



## Samenvatting

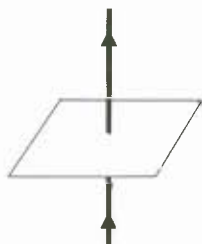
- 1 *Stroomdraad*: je vindt de richting van de veldlijnen door met de duim van je rechterhand in de richting van de stroom te wijzen. Je gebogen vingers wijzen dan in de richting van de veldlijnen.
- 2 *Spoel*: je vindt de richting van de veldlijnen door de

vingers van je rechterhand zo over de spoel te leggen dat ze in de richting van de stroom wijzen. De duim van je rechterhand geeft nu de richting van het veld *in* de spoel aan.

# W3

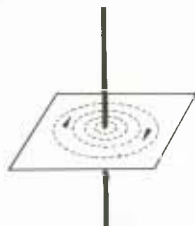
1 Neem figuur 26 over in je schrift en teken het veldlijnenpatroon rond de stroomdraad en de richting van de veldlijnen.

fig. 26



2 Loopt de stroom door de draad in figuur 27 van boven naar beneden, of andersom?

fig. 27

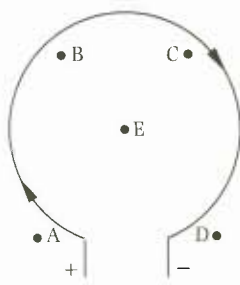


3 De punten A, B, C, D en E liggen in hetzelfde platte vlak als de lusvormige stroomdraad.

- Neem figuur 28 over in je schrift.
  - Geef de richting van het magnetisch veld aan op de plaatsen A, B, C en D.
  - Hoe is het veld in E gericht?
- Beschouw deze winding nu als een spoel.
- Hoe is dan het veld in E gericht?

fig. 28

Bovenaanzicht van een cirkelvormige stroomdraad.



4a Waar bevinden zich in figuur 29 de noordpool en de zuidpool van de kompasnaald?

b Verklaar je antwoord.

fig. 29



5a Waar bevinden zich de noordpool en de zuidpool van spoel A in figuur 30?

b Zelfde vraag, maar nu voor spoel B.

fig. 30



6a Noem drie manieren om het magnetisch veld van een spoel sterker te maken.

b Waarom gebruikt men nooit staal om het veld van een spoel sterker te maken?

7 Neem figuur 31 over in je schrift en teken het veldlijnenpatroon van de spoel:

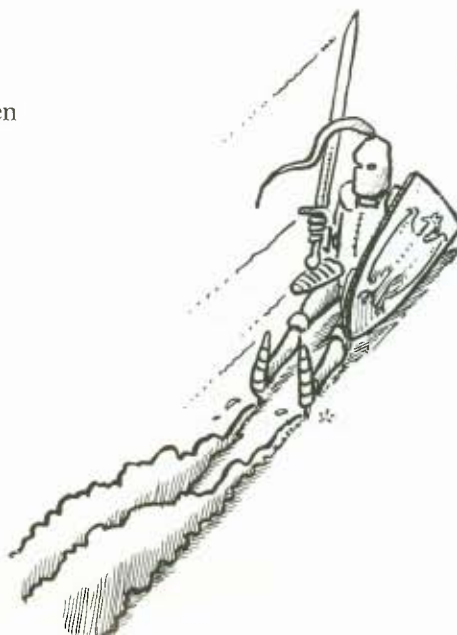
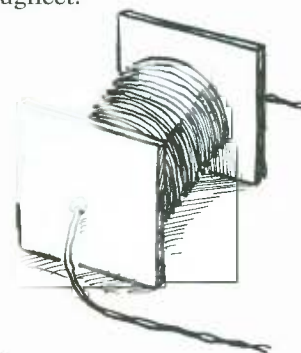
- zonder kern.
- met weekijzeren kern.

fig. 31



8a Wat zijn de overeenkomsten tussen het magnetisch veld van een spoel en een staafmagneet?

b Wat zijn de verschillen?



# Toepassingen van elektromagneten

## Hijstoestel

Bij staalbedrijven en sloperijen worden vaak elektromagneten gebruikt om lasten te hijsen. Het principe is

eenvoudig: schakel de stroom in en de ijzeren last blijft hangen; schakel de stroom uit en de last komt los.

## Relais

Het relais is een schakelement waarmee op afstand de stroom in- en uitgeschakeld kan worden.

In figuur 32 zie je een tekening van een relais. de contacten 1 en 2 zijn aangesloten op een spanningsbron en een verbruikstoestel (bijvoorbeeld een elektromotor). Je ziet aan de contactveren dat ze geen contact maken. Wanneer je de spoel aansluit op een spanningsbron, zorgt de magnetische krachtwerking ervoor dat het anker naar de kern getrokken wordt. Daardoor worden de contactveren tegen elkaar gedrukt en gaat de elektromotor draaien.

Relais worden voor veel doeleinden gebruikt. Een paar toepassingen zijn:

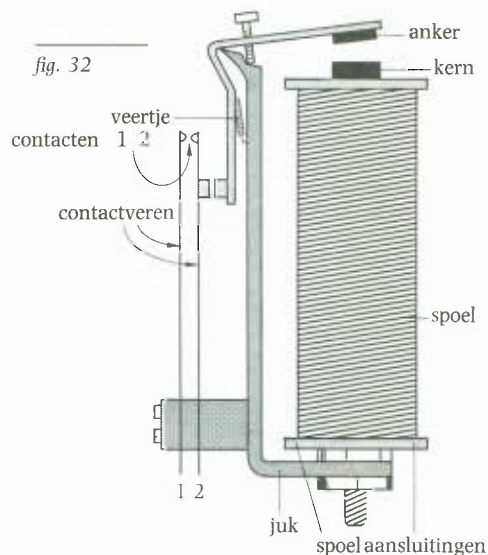
a Met één schakelaar vele apparaten tegelijk inschakelen.

Dat wordt bijvoorbeeld in oude telefooncentrales toegepast. Als je je buurman opbelt, moet er contact gemaakt worden tussen de draden van jouw toestel en het toestel van je buurman. Beide 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.

In moderne telefooncentrales zitten elektronische relais waarvan de werking niet meer berust op magnetisme. Deze elektronische relais hebben als voordeel dat ze sneller schakelen dan hun magnetische voorgangers.

b Grote stromen (sterkstroom) inschakelen met behulp van kleine stromen (zwakstroom).

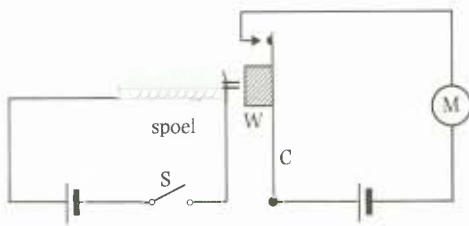
Wanneer ergens een grote stroomsterkte nodig is, houdt men vanwege de veiligheid de draden van de kring met sterkstroom liefst zo kort mogelijk. Om veilig met sterkstroom te kunnen werken, zijn dikke, zwaar geïsoleerde draden nodig en deze zijn erg duur. Met een relais kun je op afstand schakelen en hoef je de eigenlijke schakelaar in de sterkstroomkring niet aan te



raken. Door het relais gaat veilige zwakstroom, zodat in die kring dunne draden gebruikt kunnen worden. In figuur 33 zie je een voorbeeld van een relais in een schakeling.

fig. 33

Schema van relais. Door het sluiten van schakelaar S wordt de spoel met kern een elektromagneet. De elektromagneet trekt het blokje weekijzer W met de contactveer C aan. Hierdoor wordt de schakeling met de motor gesloten en gaat de motor draaien.



## Waakvlambeveiliging

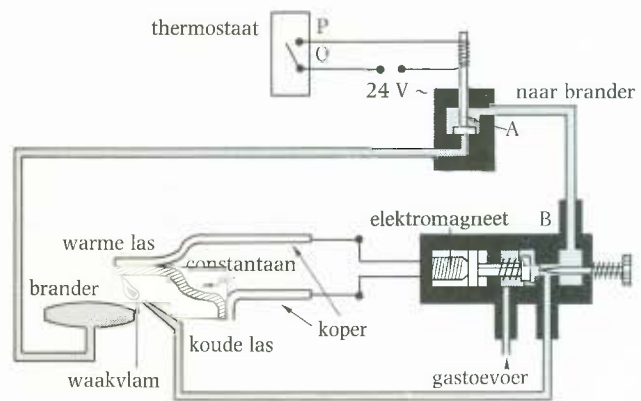
In de waakvlambeveiliging van een C.V.-installatie of van een geiser is ook een soort relais opgenomen (figuur 34).

De elektromagneet wordt hierin gebruikt om de gasaanvoerleiding te openen of te sluiten. Zolang de waakvlam brandt, blijft de temperatuur van de warme las van het thermo-element hoog. Het thermo-element levert elektrische stroom aan de spoel van de elektromagneet als er temperatuurverschil is tussen de warme las en de koude las. De elektromagneet houdt de gasklep open. De gastoevoer naar de brander is hierdoor geopend. Als de waakvlam uitwaait, verdwijnt het temperatuurverschil tussen de warme en de koude las en loopt er geen stroom meer door de elektromagneet, waardoor deze niet meer magnetisch is. De gasklep wordt dan niet meer aangetrokken, waardoor de gastoevoer wordt afgesloten.

Het startrelais van een auto is een goed voorbeeld van een relais in een veilige zwakstroomkring. De startmotor heeft een stroomsterkte nodig van ongeveer 60 ampère. Als men die sterkstroom direct met het contactslot aan en uit zou willen schakelen, zouden er lange, dikke, beveiligde draden moeten lopen van de accu naar het contactslot en naar de startmotor. Bovendien zou er dan ook een zware schakelaar in het contactslot moeten zitten. Om dat te voorkomen is er op de startmotor een relais gemonteerd. Bij het omdraaien van het contactsleuteltje loopt de zwakstroom door dunne draden naar het startrelais. Het startrelais is de schakelaar in de sterkstroomkring waarmee de startmotor wordt gestart.

fig. 34

De waakvlambeveiliging

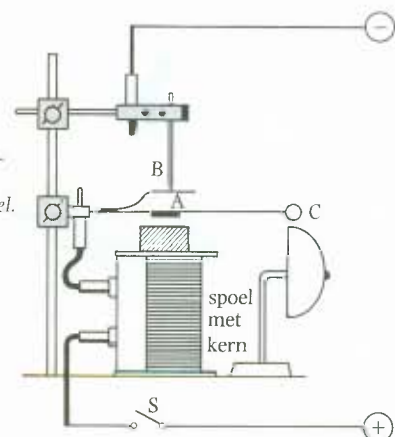


## De elektrische bel

In figuur 35 zie je de bel schematisch weergegeven. Als schakelaar S wordt gesloten, wordt het weekijzerplaatje A door de elektromagneet aangetrokken. Daardoor tikt knop C tegen de bel en wordt het contact bij B verbroken, waardoor de stroom wegvalt. De elektromagneet wordt hierdoor uitgeschakeld en A veert terug naar zijn oude stand. Maar daarmee wordt het contact bij B hersteld en wordt A weer aangetrokken, enz.

fig. 35

Elektrische bel.



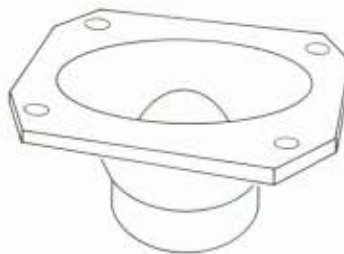


## De luidspreker

Een luidspreker bestaat uit een beweegbare conus (trechtervormig stuk karton), waartegen aan de achterzijde een spoeltje is bevestigd (figuur 36).

Het spoeltje kan bewegen rondom een vaste cilindervormige magneet. De versterker levert aan de spoel een, zowel van grootte als van richting wisselende, elektrische stroom. Hierdoor wordt de spoel met de conus afwisselend aangetrokken en afgestoten door de vaste magneet. De bewegende conus zet de lucht in beweging, waardoor geluid ontstaat.

fig. 36  
Een luidspreker.



## De opnamekop van een cassetterecorder

Als er een stroom loopt door de spoel, wordt de magnetische krachtwerking geconcentreerd op het stukje koper in de spleet (figuur 37).

Over dat stukje koper glijdt de magneetband waarin vele kleine ijzerkorrels liggen. De ijzerkorrels in het laagje worden permanente magneetjes als ze de spleet passeren en gaan in een bepaalde stand staan, bijvoorbeeld met hun noordpool naar links. Als de stroom in een andere richting door de spoel gaat, zullen de noordpolen naar rechts gaan wijzen. De elektrische stroom, die bijvoorbeeld van een microfoon afkomstig kan zijn, is steeds wisselend van sterkte. Het aantal wisselingen

per seconde hangt af van de toonhoogte van het opgenomen geluid. Op de band worden die wisselingen vastgelegd door de wisselende magnetische patronen in de ijzerkorrels.

Een grote geluidsterkte heeft een sterke elektrische stroom tot gevolg, die er voor zorgt dat veel ijzerkorrels gemagnetiseerd zullen worden. Zie ook figuur 38. We hebben hier slechts een paar toepassingen van de elektromagneet besproken. Er zijn er nog veel meer, denk maar aan elektromotoren, magnetische zweeftrainen enzovoorts.

fig. 37  
Opnamekop cassetterecorder.

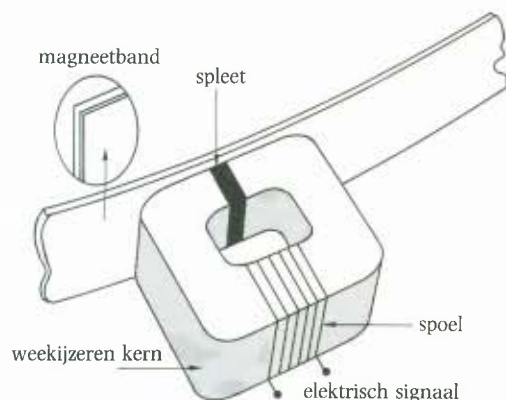
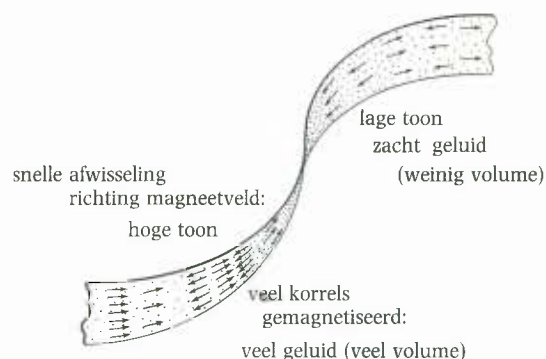
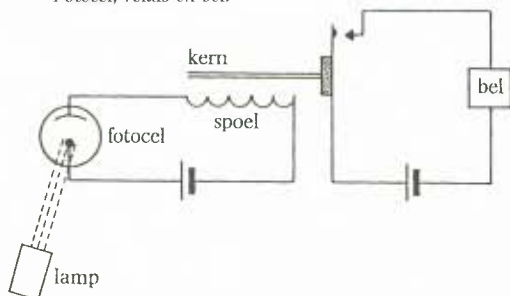


fig. 38  
Schematische voorstelling van een stukje cassetteband dat de opnamekop is gepasseerd.



1 Leg uit waarom de bel in figuur 39 gaat rinkelen als iemand de lichtstraal onderbreekt. (De fotocel laat alleen stroom door als er licht op valt.)

fig. 39  
Fotocel, relais en bel.



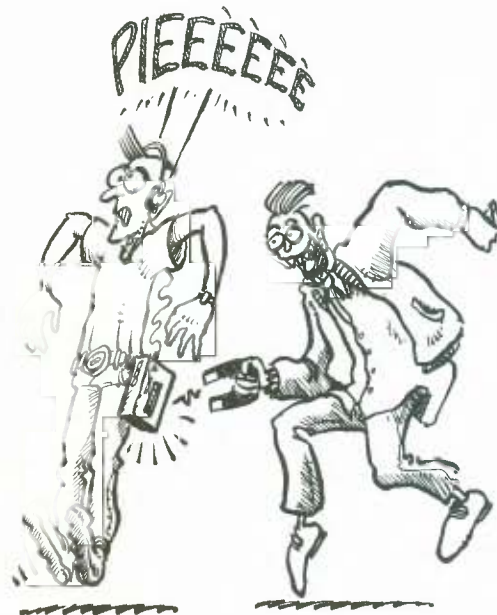
2 Waarom moet je een stalen voorwerp niet te lang aan een elektromagneet laten hangen?



3 Waarom verhoogt het gebruik van relais de veiligheid bij elektrische apparaten?

4 Wat voor geluid levert een luidspreker als hij wordt aangesloten op een batterij van 1,5 volt?

5 Waarom is het onverstandig om met een sterke magneet in de buurt van een bespeelde cassette te komen?



6 Er zijn wel ijzeroxidecassettes te koop. Waarom zijn er geen koperoxidecassettes te koop?

7 Leg uit waarom de brander van een C.V.-ketel met een defect thermo-element nooit zal kunnen branden.

Overzicht van de eigenschappen van magneten

- a Een magneet heeft een noordpool en een zuidpool.
- b Twee gelijknamige polen stoten elkaar af (N - N en Z - Z).
- c Een noord- en een zuidpool trekken elkaar aan.
- d Alleen ijzer (dus ook staal, weekijzer, blik), nikkel en

kobalt worden door een magneet aangetrokken.

- e Een vrij draaibaar opgestelde staafmagneet richt zich met zijn noordpool naar het noorden van de aarde.
- f De krachtwerking van een magneet is het sterkst aan de polen.

## Magnetische influentie

Ijzeren en nikkelen voorwerpen gaan zich in de buurt van magneten zelf ook als magneten gedragen. Dit verschijnsel noemen we magnetische influentie.

### Voorbeeld 1

Het stukje ijzer bij de staafmagneet in figuur 40 wordt zelf magnetisch. Het deel van het ijzer dat zich het dichtst bij de noordpool bevindt, wordt zuidpool.

### Voorbeeld 2

Ook nu wordt het ijzer magnetisch. In figuur 41 is aangegeven wat de noordpool en de zuidpool wordt.

fig. 40  
Stukje ijzer in de buurt van een staafmagneet.



1 In een kompas zit een naaldmagneet.

a Wat is een naaldmagneet?

Wanneer het N-punt van de schaal op het kompas naar het noorden wijst, wijst de naald ook naar het noorden.

b1 Welke kant wijst de naald op wanneer het N-punt van de schaal op het kompas naar het westen wijst?

b2 Waarom?

2 Hoe kun je bepalen waar de noordpool van een magneet zit?

3 In figuur 42 zie je twee verschillende situaties met een draaibare kompasnaald en een magneet. Wat gebeurt er met de beide naalden? Licht je antwoord toe.

4 In figuur 43 ligt een magneet in een bak met ijzer-vijlsel.

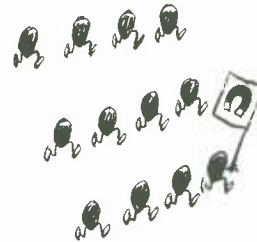


fig. 41  
Blok ijzer en staafmagneet.

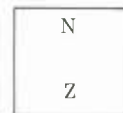
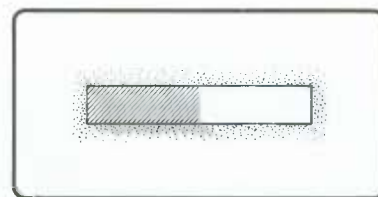


fig. 42



fig. 43

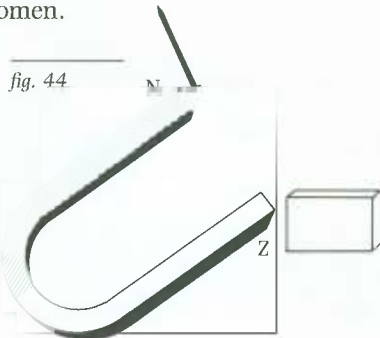


De bak is zo geschud dat al het ijzervijlsel aan de magneet gekleefd zit.

Wat klopt er niet aan het plaatje?

5 In figuur 44 zijn een magneet, een stuk weekijzer en een stalen spijker getekend.

Neem figuur 44 over en geef aan waar bij de spijker en het blokje door magnetische influentie de noord- en de zuidpool komen.



6 Een stukje blik wordt naar een magneet getrokken. Verklaar dit.

7 Verklaar hoe het komt dat de onderste spijker in figuur 45 niet op dezelfde afstand van de magneet kan blijven hangen als de andere twee spijkers weggehaald worden.

fig. 45

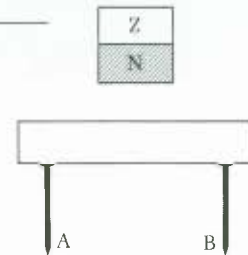


8 In figuur 46 is een blokje weekijzer getekend met twee spijkers A en B en een magneet.

a Wat gebeurt er met de spijkers als de magneet wordt weggehaald?

b Geef een verklaring.

fig. 46



## Velden en veldlijnen

De ruimte om een magneet noem je het magnetisch veld. Het veld van een magneet kun je zichtbaar maken door ijzervijlsel rond de magneet te strooien.

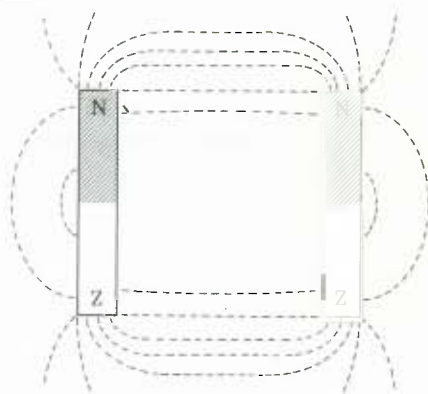
Het ijzervijlsel rangschikt zich dan in een bepaald patroon. De (denkbeeldige) lijnen waarlangs het ijzervijlsel ligt, noem je de veldlijnen.

9 Teken het veld van een staafmagneet.

10 In figuur 47 zie je het veld van 2 magneten. Wat klopt er niet?

Wat moet er gebeuren om figuur 47 kloppend te maken?

fig. 47



11 Neem figuur 48 over en teken het veld van de twee magneten met de richting van de veldlijnen.

fig. 48



12 Neem figuur 49 over en teken het veld van de magneet en het stuk weekijzer. Geef de richting van de veldlijnen aan.

fig. 49



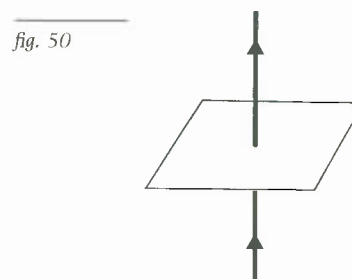




We gaan in deze herhaalstof nog eens op een rijtje zetten wat we in dit blok geleerd hebben over de magnetische velden rond stroomdraden en spoelen en over toepassingen van spoelen als elektromagneet.

1 Waaruit blijkt dat een elektrische stroom een magnetisch veld veroorzaakt rond de stroomdraad?

2 Neem figuur 50 over en teken er de veldlijnen bij. (Je hoeft de richting niet aan te geven.)



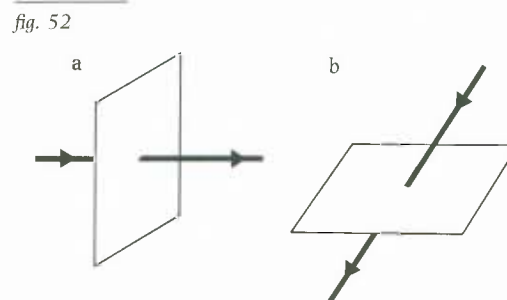
## De rechterhandregel bij een rechte stroomdraad

Als je je rechterhand op de manier van figuur 51 om de draad legt en ervoor zorgt dat je duim in de richting van de stroom wijst, wijzen je vingers in de richting van de veldlijnen.



3 Geef met behulp van de rechterhandregel de richting van de veldlijnen aan in je tekening van opgave 2.

4 Geef met behulp van de rechterhandregel de richting van de veldlijnen aan in beide tekeningen van figuur 52. (Neem de figuur eerst over.)



5 Hoe kun je aantonen dat er om een spoel een magnetisch veld is?

6 Hoe kun je er voor zorgen dat het magnetisch veld van een spoel zonder kern zwakker wordt?

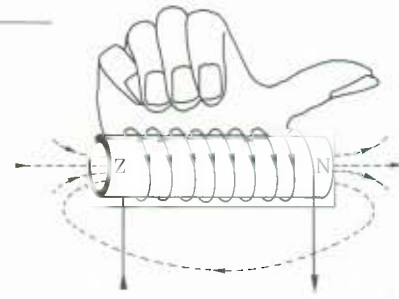
7 Schrijf een belangrijk voordeel op van een elektromagneet boven een permanente magneet.

## De rechterhandregel bij een spoel

Leg je hand om de spoel op de manier van figuur 53. Zorg ervoor dat je vingers in de richting van de stroom wijzen. Je duim wijst nu in de richting van de veldlijnen.

Je duim wijst dus naar de noordpool. Dit betekent dus ook dat de veldlijnen *in* de spoel van de zuidpool naar de noordpool lopen, *buiten* de spoel lopen ze van de noordpool naar de zuidpool.

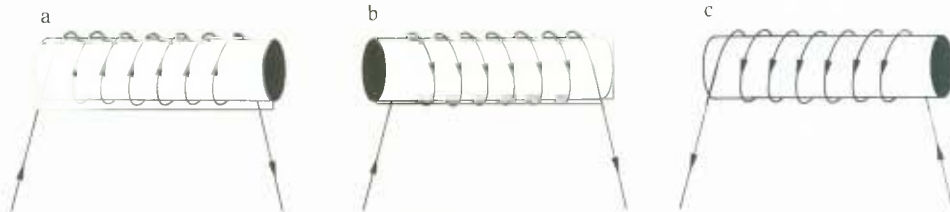
fig. 53



8 Bekijk figuur 54.

In welke twee spoelen heeft het magnetisch veld dezelfde richting?

fig. 54



9 Neem figuur 54 over en teken het veldlijnenpatroon in en om de spoelen.

## Het relais

Een relais is een magnetische schakelaar die op afstand bediend kan worden. De werking is in figuur 55 als volgt: in het relais zit een spoel met kern. Als schakelaar S wordt gesloten, wordt de spoel een magneet en wordt het weekijzer aangetrokken. Daardoor wordt de schakelaar boven het weekijzer gesloten en gaat de lamp branden.

10 Leg uit wat er in de schakeling van figuur 56 gebeurt als je schakelaar A indrukt.

11 Waarom werkt de bel in figuur 57 niet?

12 Leg de werking uit van de schakeling in figuur 58.

fig. 55  
Relaisschakeling.

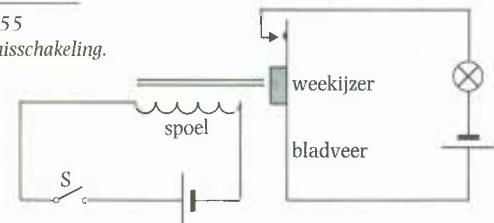


fig. 56

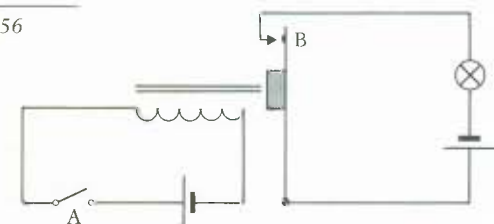


fig. 57

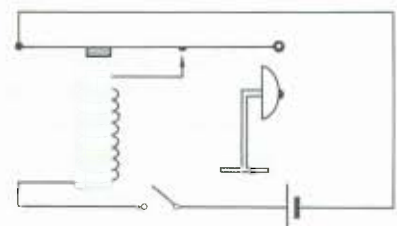
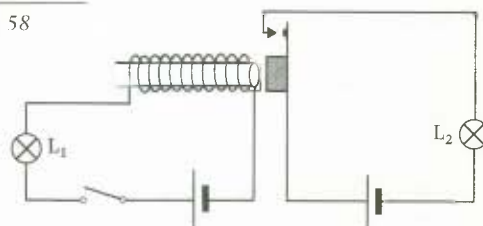


fig. 58



Zoals je weet, heeft de aarde een magnetisch veld. In deze extrastof gaan we het aardmagnetisch veld nader bekijken.

## De aarde als magneet

Je kunt het veld van de aarde vergelijken met dat van een staafmagneet.

1 Waarheen wijst de noordpool van een kompasnaald?

2 Is nu volgens jou de magnetische pool bij de aardrijkskundige noordpool (geografische noordpool) magnetisch een noordpool of een zuidpool?

We zeggen altijd dat kompassen naar het geografische noorden wijzen. Maar dat is toch niet helemaal waar. Dat komt doordat de magnetische as van de aarde (in figuur 59 aangeduid als de staafmagneet) niet helemaal samenvalt met de rotatie-as van de aarde.

De geografische polen zijn de uiteinden van de rotatie-as van de aarde. De magnetische polen zijn de plaatsen waar de veldlijnen loodrecht de aarde uitkomen of ingaan. De magnetische as maakt een hoek van ongeveer  $15^\circ$  met de rotatie-as. De magnetische pool ligt in de buurt van  $75^\circ$  N.B. en  $101^\circ$  W.L. Door de dagelijkse verandering in het aardmagnetisme verschuiven de magnetische polen steeds iets over het aardoppervlak.

3 Zoek in een atlas op waar de magnetische pool precies in het noordpoolgebied ligt.

Er zijn nog meer redenen waarom een kompas nooit precies naar het noorden wijst.

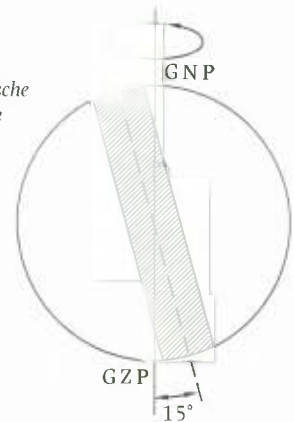
Neem een kompasje en ga vlak naast de radiator van de centrale verwarming staan. Beweeg het kompas nu een eindje van de radiator af.

4 Wat gebeurt er met de kompasnaald?

Je merkt wel dat je niet zomaar het noorden kunt bepalen. Zelfs door ijzererts in de bodem kan een kompas een beetje afwijken. In het magnetisch veld van de aarde zitten ook afwijkingen waardoor je de aarde niet precies als een staafmagneet mag opvatten.

fig. 59

De aarde met de geografische noordpool. Het gearceerde gedeelte geeft de "staafmagneet" van de aarde weer.



Als je een kompas op een schip gebruikt, moet je er ook nog rekening mee houden dat het ijzer van het schip een beetje gemagnetiseerd kan zijn en zo je kompas beïnvloedt. Daarom zijn er in bijna alle grote havens wel bedrijven die de afwijking van het kompas precies kunnen bepalen.

Mensen die veel beroepsmatig met een kompas moeten werken, willen graag nauwkeurig de afwijking van het kompasnoorden weten ten opzichte van het geografische noorden. Deze afwijking heet de *declinatie* en wordt genoteerd in graden.

5 We gaan de declinatie bij de school meten. Daarvoor moeten we twee dingen weten:

a Waar het magnetische noorden is (eigenlijk magnetisch gezien de zuidpool).

b Waar het geografische noorden is.

ad a Het magnetische noorden kunnen we met een kompas bepalen. Leg een vel papier op de grond en zet er een kompasje op. Geef nu op het papier aan hoe de richting noord-zuid volgens het kompas loopt. Let wel op dat je niet te dicht bij ijzeren voorwerpen zit. Blijf ook een eindje bij beton vandaan, want daar zit ook vaak ijzer in. Zorg ervoor dat het papier precies op zijn plaats blijft.

ad b Het geografische noorden is moeilijker te bepalen. Je kunt hiervoor twee methoden gebruiken: met behulp van de zonnestand of met behulp van een nauwkeurige topografische kaart.

*Zonnestand:* de zon staat precies in het zuiden wanneer hij op zijn hoogste stand staat ('s winters ongeveer 12.50 uur, 's zomers ongeveer 13.50 uur). Zet op het juiste uur een smal voorwerp (een potlood) verticaal neer. De richting van de schaduw is dan precies de geografische noord-zuidrichting. Zet deze richting ook op het papier.

*Topografische kaart:* Deze moet zo neergelegd worden dat de richting van het schoolgebouw op de kaart precies overeenkomt met de werkelijkheid. Het kaartnoorden komt dan overeen met het geografische noorden. Je vindt de declinatie door de hoek te meten tussen de twee lijnen die je bij a en b gevonden hebt. Als je alles goed gedaan hebt, moet er ongeveer 7° uitkomen. Er zijn kaarten waar de declinatie van een kompas precies op staat aangegeven. De plaatsen met dezelfde

declinatie zijn hierop met lijnen verbonden. Zulke lijnen heten *isochonen*.

6 Kijk op een zeekaart (misschien zit er een in je atlas, vraag er anders een aan je aardrijkskundeleraar of aan een zeezeiler), hoe de afwijking van het kompas staat aangegeven. Als je geen zeekaart kunt vinden, kun je ook een topografische kaart bekijken.

## De geschiedenis van het aardmagnetisme

De magnetische noordpool heeft niet altijd gelegen waar hij nu ligt en hij blijkt ook nu nog steeds van plaats te veranderen. Men heeft dat ontdekt door na te gaan hoe de richting is van magnetisch stollingsgesteente. Zo blijkt dat de magnetische noordpool eens in het noorden van Japan heeft gelegen. De richting van magnetisch stollings-

gesteente geeft ook informatie over de bewegingen van de continenten ten opzichte van elkaar. (Je aardrijkskundeleraar kan je hierover meer vertellen.) Men heeft ook ontdekt dat de aardmagneet af en toe omklapt, dat wil zeggen, dat de polen van plaats verwisselen. Men denkt dat dit 800 000 jaar geleden voor het laatst is gebeurd.

fig. 6()

## WETENSCHAPPELIJK NIEUWS

### Lava

Een analyse van lava die tijdens een omkering van het magnetisch veld, ongeveer 15 miljoen jaar geleden, in het zuiden van de Amerikaanse staat Oregon tot eruptie kwam, wijst er op dat het magnetisch veld sterk fluctueerde en zich per dag drie graden verplaatste. De ontdekking betekent dat bewegingen van vloeistoffen, die vermoedelijk het magnetisch veld genereren waar de vloeibare kern van de aarde langs de bovenliggende mantel schuift, mogelijk veel sneller verlopen dan tot dusver werd aangenomen. De auteurs spreken van een kilometer per uur. Op basis van een plotselinge verandering die in 1969 en 1970 werd waargenomen, werd geconcludeerd dat zulke bewegingen op zijn hoogst enkele tientallen kilometers per jaar beslaan. De onderzoekers, dr Robert S. Coe van de Universiteit van Californië in Santa Cruz en dr Michel Prévot van de

Universiteit voor Wetenschap en Technologie in Montpellier, Frankrijk, deden hun waarnemingen in Steen Mountain in het zuiden van Oregon en rapporteerden hun bevindingen in een recent nummer van *Earth and Planetary Science Letters*. De onderzoekers maten het magnetisme in een bijna twee meter dikke gestolde lavastroom. Elke laag van de lavastroom legde het aardmagnetisme vast als het gesteente een kritieke temperatuur had bereikt, waarbij eerst de onder- en bovenkant afkoelden en geleidelijk ook het gesteente in het binnenste. Een analyse van de lagen liet zien dat het magnetisme met een snelheid van drie graden per dag tot 90 graden van richting veranderde. Geologen hebben vele jaren lang lavastromen op sporen van zulke veranderingen van het magnetisch veld onderzocht en ontdekt dat het veld over perioden van een paar duizend of een miljoen jaar zijn richting heeft omgekeerd.

Het nevenstaande artikel (figuur 60) uit de wetenschap-bijlage van *de Volkskrant* van zaterdag 29 juli 1989 gaat over de omkering van de polen van het aardmagnetisch veld. Een aantal dagbladen heeft elke zaterdag ook voor jou interessante wetenschappelijke artikelen. Voor het gemak zijn enkele, misschien onbekende, wetenschappelijke termen voor je verklaard. eruptie: vulkaanuitbarsting fluctueerde: schommelde, wisselde van richting genereren: opwekken, veroorzaken

7 Wat zijn de gevolgen voor de declinatie als de magnetische noordpool van plaats verandert?



# Magneten maken en breken

1 Neem een stalen breinaald en magnetiseer (= maak er een magneet van) deze door er met de noordpool van een staafmagneet steeds in één richting overheen te strijken. (Ga bij het eind van de naald met een wijde boog terug naar het begin van de naald.)

a Bepaal aan welk uiteinde de noordpool ligt.

Breek of knip nu de breinaald doormidden.

b1 Zijn beide delen nog magnetisch?

b2 Beredeneer wat er volgens jou bij de nieuwe uiteinden is ontstaan.

c Ga met wat spijkertjes na waar de polen van de stukken zich werkelijk bevinden.

d Wat denk je dat er zou gebeuren als je elk van de helften nog een keer doormidden zou breken?

We hebben in de proef gezien, dat als je een magneet (in ons geval een gemagnetiseerde breinaald) breekt, er twee complete magneten ontstaan met elk een noord- en een zuidpool. Je krijgt nooit losse noord- of zuidpolen.

2 Neem nu twee staafmagneten. Elk van die magneten heeft, zoals je weet twee polen. Leg nu de noordpool van de ene tegen de zuidpool van de andere. Hier zou je misschien verwachten, dat je in het midden van de nieuwe magneet (de twee staafmagneten tegen elkaar) een sterke aantrekking vindt.

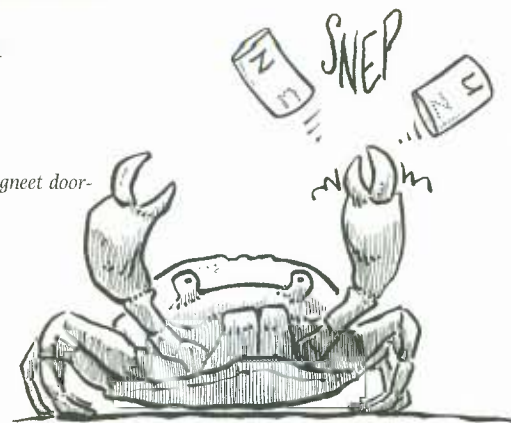
Is er in het midden nog iets van de polen te merken? Het beste kun je dit onderzoeken met kleine spijkertjes (ijzervijlsel is zo moeilijk van de magneten af te krijgen).

Het is dus raar maar waar: twee magneten, met een noord- en zuidpool tegen elkaar, reageren als één magneet.

In deze extrastof probeer je je een idee te vormen hoe een magneet eigenlijk is opgebouwd en misschien kun je aan de hand van deze theorie meer begrijpen van de proeven die je hebt gedaan.

fig. 61

Breek een magneet doormidden...



We hebben ontdekt dat er twee magneten ontstaan als je een magneet doormidden breekt. Als je die halve magneten ook weer doormidden breekt, krijg je in totaal vier magneten.

Dat kun je net zo lang blijven doen tot je zo'n klein magneetje overhoudt, dat je het niet meer in tweeën kunt hakken. Zo'n magneetje noemen we een *elementaire magneetje*. We kunnen een gewone magneet dus opgebouwd denken uit zeer veel elementaire magneetjes die alle dezelfde richting hebben (figuur 62).

Om nu iets meer te weten te komen over wat magnetiseren en demagnetiseren eigenlijk inhoudt, ga je de volgende proef doen.

3 Magnetiseer een breinaald.

a Controleer met wat kleine spijkertjes of hij echt gemagnetiseerd is.

Geef nu op de gemagnetiseerde breinaald een paar flinke klappen met een hamer. Houd de breinaald weer bij de spijkertjes.

b Wat neem je waar?

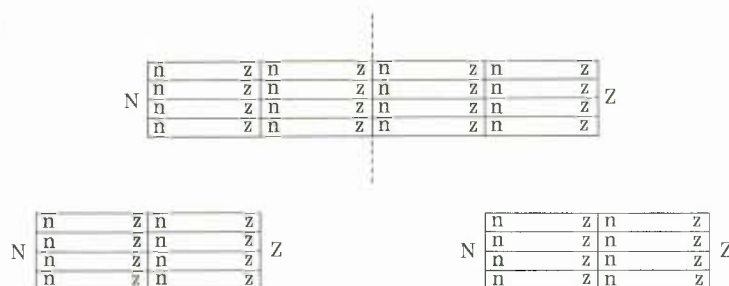
Maak de breinaald weer magnetisch door er met een staafmagneet langs te strijken.

c Controleer of de breinaald weer magnetisch is.

Houd daarna de breinaald in de vlam van een brander. Laat de breinaald echt goed heet worden over het hele oppervlak.

d Wat neem je waar als je de breinaald weer bij de spijkertjes houdt?

fig. 62



Om een beetje te begrijpen wat we bij deze proeven hebben waargenomen, gaan we weer even terug naar ons model van de magneet: een groot aantal elementaire magneetjes die alle dezelfde richting hebben (figuur 63).

fig. 63

Een magneet is opgebouwd uit elementaire magneetjes.

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n | z | n | z | n | z | n | z |
| n | z | n | z | n | z | n | z |
| n | z | n | z | n | z | n | z |
| n | z | n | z | n | z | n | z |

Maar als ze nu eens niet zo mooi gericht zouden liggen? Je kunt je vast wel indenken dat de magneetjes dan elkaars werking opheffen en dat je daardoor geen magnetische werking meer hebt (figuur 64).

fig. 64



Bij het magnetiseren worden de elementaire magneetjes geordend door ze te richten met een andere magneet, in ons geval met de staafmagneet, die we daar telkens voor gebruiken.

Bij het demagnetiseren verbreek je de ordening van de elementaire magneetjes. De wanorde ontstaat door op de magneet te slaan of door de magneet te verhitten. Bij verhitten gaan de deeltjes van een stof namelijk meer trillen en als we ze maar heftig genoeg laten trillen, verbreek je de ordening. Je snapt nu misschien

ook waarom je een magneet nooit mag laten vallen? Met ons model van een magneet kunnen we al veel begrijpen van allerlei verschijnselen die we in de proeven hebben gezien. Je zou je nu af kunnen vragen hoe het komt dat sommige materialen (staal) lang magnetisch kunnen blijven en andere (weekijzer) niet.

**4a** Is weekijzer snel te magnetiseren en te demagnetiseren?

**b** Zou het veel energie kosten om de elementaire magneetjes in het weekijzer te richten?

**c** Denk je dat weekijzer een geschikt materiaal is om staafmagneten van te maken?

**d** Waarom wel/niet?

Weekijzer is ijzer dat ook een kleine hoeveelheid koolstof bevat. Als je het koolstofgehalte groter maakt, krijg je staal.

**5** Onderzoek of een stalen voorwerp door een staafmagneet meteen wordt aangetrokken.

**a** Wat valt je op?

**b** De elementaire magneetjes zijn dus moeilijk/makkelijk te richten.

**c** Is staal dus geschikt om staafmagneten van te maken?

**6** Waarom wordt voor een elektromagneet weekijzer gebruikt en geen staal?