

Hoofdstuk VI : Grootte van de krachtwerking van stroomvoerende geleiders op elkaar.

Vermits een stroomvoerende geleider een magnetisch veld creëert in zijn omgeving (zie punt IV.1),

vermits een stroomvoerende geleider een kracht ondervindt van een magnetisch veld (zie punt III.1),

zal een stroomvoerende geleider X een kracht uitoefenen op een stroomvoerende geleider Y, en omgekeerd (principe van actie en reactie).

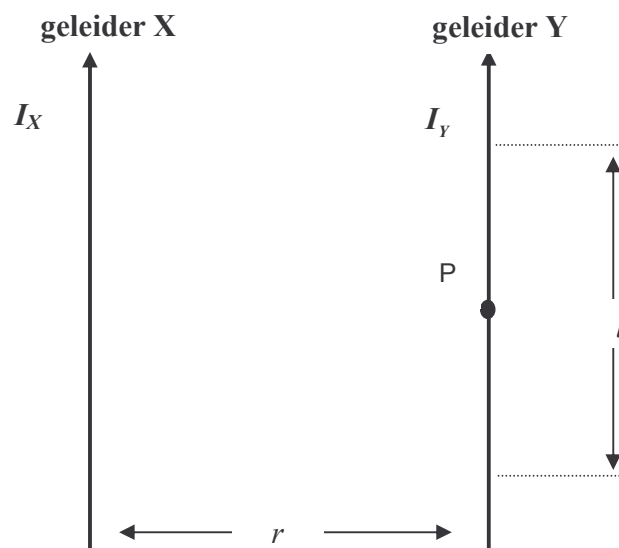
VI.1. Krachtwerking tussen twee oneindig lange rechtlijnige stroomvoerende geleiders, evenwijdig aan elkaar opgesteld, doorlopen door een stroom in dezelfde zin.

a) Krachtwerking door geleider X op geleider Y uitgeoefend :

- de magnetische veldsterkte \vec{B}_P in punt P veroorzaakt door geleider X (in het luchtledige) bedraagt :

$$B_P = \frac{\mu_0 \cdot I_X}{2 \pi \cdot r} \quad (1)$$

Vermits alle punten van de geleider Y op dezelfde afstand van de geleider X gelegen zijn, zal de magnetische veldsterkte in elk punt van deze geleider Y gelijk zijn aan B_P



- Een stuk met lengte l van de stroomvoerende geleider Y ondervindt een kracht :

$$F_{X \rightarrow Y} = I_Y \cdot l_Y \cdot B_X \cdot \sin \vartheta$$

Vermits $\vartheta = 90^\circ$ is $\sin \vartheta = 1$

$$= I_Y \cdot l_Y \cdot B_X \quad (2)$$

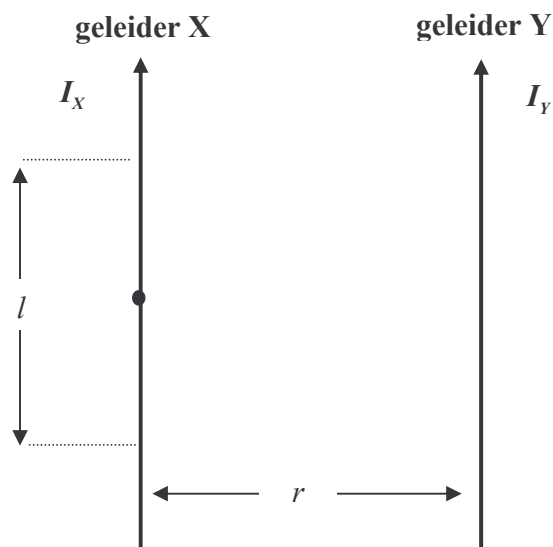
waarvan richting én zin bepaald worden door de linkerhandregel.

- Vullen we in vergelijking (2) de waarde van \vec{B} uit vergelijking (1) in, dan bekomen we :

$$F_{X \rightarrow Y} = I_Y \cdot l_Y \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_X}{2 \pi \cdot r_{X \rightarrow Y}}$$

- of \vec{F} is :
- rechtevenredig met I_X en I_Y
 - omgekeerd evenredig met de afstand r
 - afhankelijk van de middenstof.

b) Krachtwerking door geleider Y op geleider X uitgeoefend :



- magnetische veldsterkte in punt Q veroorzaakt door geleider Y (in luchtledige)

$$B_Q = \frac{\mu_0 \cdot I_Y}{2 \pi \cdot r} \quad (1)$$

- Een stuk met lengte l van de stroomvoerende geleider X ondervindt een kracht :

$$F_{Y \rightarrow X} = I_X \cdot l_X \cdot B_Y \cdot \sin \vartheta$$

Vermits $\vartheta = 90^\circ$ is $\sin \vartheta = 1$

$$= I_X \cdot l_X \cdot B_Y \quad (2)$$

waarvan richting én zin bepaald worden door de linkerhandregel.

- Vullen we in vergelijking (2) de waarde van \vec{B} uit vergelijking (1) in, dan bekomen we :

$$F_{Y \rightarrow X} = I_X \cdot l_X \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_Y}{2 \pi \cdot r_{Y \rightarrow X}}$$

Als de beschouwde elementen van X en Y in lengte gelijk zijn :

$$\vec{F}_{X \rightarrow Y} = - \vec{F}_{Y \rightarrow X}$$

hetgeen te verwachten was volgens het principe van actie en reactie.

Besluit : twee rechtlijnige stroomvoerende geleiders die evenwijdig opgesteld zijn, trekken elkaar aan met een kracht \vec{F} :

$$F = \mu_0 \cdot l \cdot \frac{I_X \cdot I_Y}{2 \pi \cdot r}$$

Nota : op voorgaand verschijnsel berust de nieuwe S.I. - eenheid van stroomintensiteit.

De ampère is de constante elektrische stroom die, indien hij geleid wordt door twee evenwijdige, rechtlijnige en oneindig lange geleiders van te verwaarlozen cirkelvormige doorsnede, welke geplaatst zijn in het luchtledige op een onderlinge afstand van 1,00 meter, tussen deze twee geleiders per meter lengte een kracht veroorzaakt van $2,0 \cdot 10^{-7}$ newton.

- Welke was onze oude bepaling van de eenheid van stroomsterkte ?

- Zie je nu ook waarom de coulomb geen basiseenheid meer is ?

- Welke zijn de tot nu toe geziene vier basisgrootheden en de overeenkomstige basiseenheden, waaruit alle andere eenheden zijn afgeleid ?

VI.2. Krachtwerking tussen geleiders doorlopen door een stroom in tegengestelde zin.

Maak dezelfde beschouwingen als onder punt VI.1 bij de tekening op volgende blz. en formuleer uw besluit.

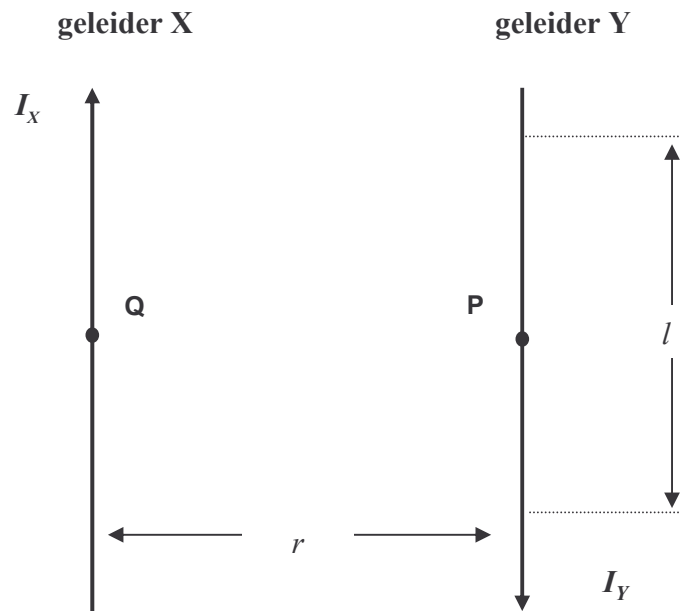
Besluit :

B_P

=

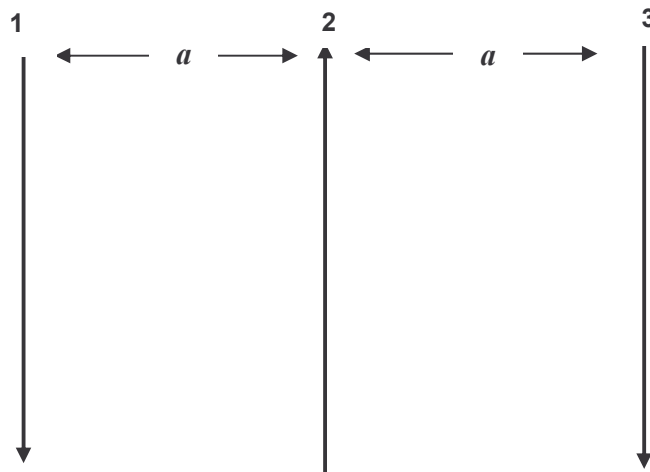
$F_{x \rightarrow Y}$

=



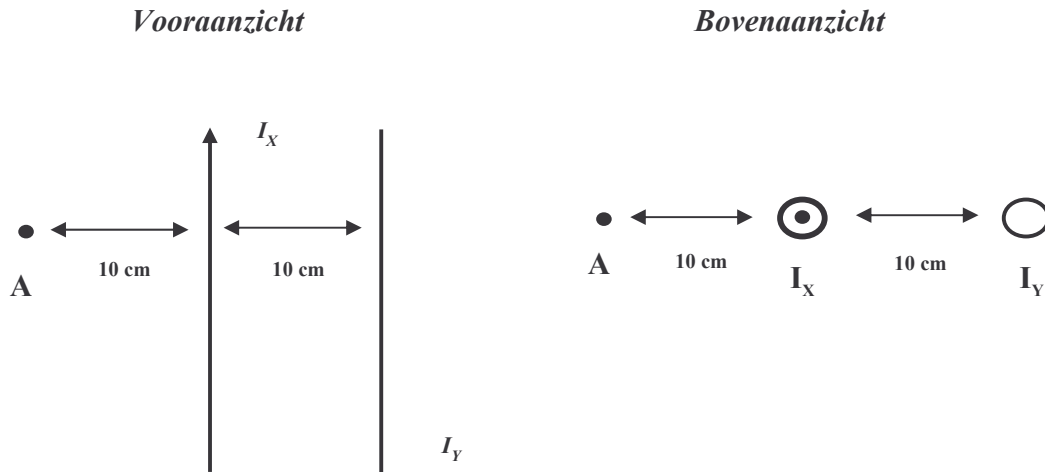
OEFENINGEN.

1. Drie rechte zeer lange draden zijn evenwijdig aan elkaar opgesteld in een verticaal vlak. Draad 1 en draad 3 zijn immobiel terwijl draad 2 kan bewegen. De stroomzinnen zijn aangegeven op de tekening.

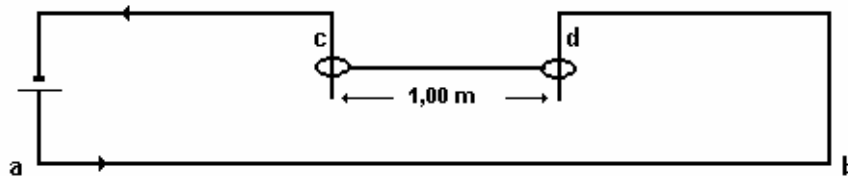


- Hoe gaat draad 2 zich verplaatsen als $I_1 = 2 \cdot I_3$?
- Heeft de stroomintensiteit in draad 2 invloed op de zin van zijn verplaatsing?
- Heeft de stroomintensiteit in draad 2 invloed op de grootte van de kracht waarmee hij verplaatst wordt?

2. Twee lange rechte draden X en Y zijn in een vertikaal vlak evenwijdig opgesteld op 10,0 cm van elkaar. Door de draad X loopt een stroom van 3,00 A in de aangegeven zin.

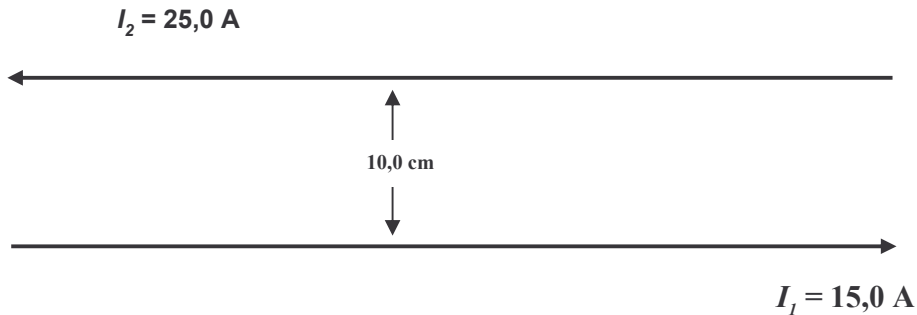


- Wat moet de zin van de stroom door Y zijn opdat de resulterende veldsterkte in punt A (zie fig.) nul kan worden ?
 - Hoe groot moet de stroomintensiteit door Y dan zijn ?
 - Wat is dan de richting en de zin van de krachtwerking tussen X en Y ?
 - Bereken de grootte van deze krachtwerking tussen 1,00 meter van X en 1,00 meter van Y.
3. Een lange draad **[a,b]** rust op het vlak van een tafel. Een draadstuk **[c,d]**, 1,00 meter lang, bevindt zich vertikaal boven de eerste.



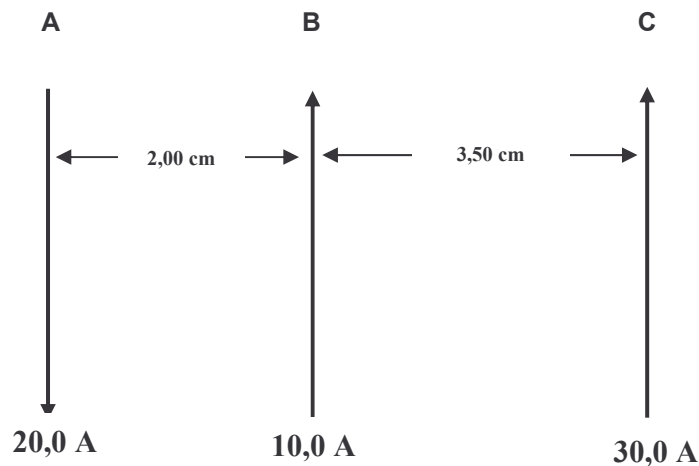
Het draadstuk **[c,d]** is zo opgesteld dat het vrij op en neer kan glijden over twee metalen geleiders. Via deze geleiders zijn beide draden met elkaar verbonden; er loopt een stroom van 50,0 A door dit systeem. De massa van het draadstuk **[c,d]** is 5,00 gram. Op welke hoogte zal het draadstuk **[c,d]** blijven zweven ?

4. Twee rechte zeer lange geleiders 1 en 2 zijn parallel in een vertikaal vlak op 10 cm van elkaar opgesteld. Ze worden doorlopen door stromen in tegengestelde zin met intensiteit $I_1 = 15,0$ A en $I_2 = 25,0$ A.



Zoek een punt waar het magnetisch veld vanwege deze twee stroomvoerende geleiders nul is. Bepaal de preciese ligging van zulk een punt t.o.v. geleider 1 en 2.
 $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ V.s/A.m

5. Beschouw de drie parallele rechtlijnige stroomvoerende draden A, B en C die opgesteld zijn in een vertikaal vlak. De stroomintensiteiten en stroomzinnen zijn aangeduid op de tekening.



Welke kracht (grootte, richting én zin) ondergaat 10,0 cm van de draad B ? Verklaar !
 $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ V.s/A.m

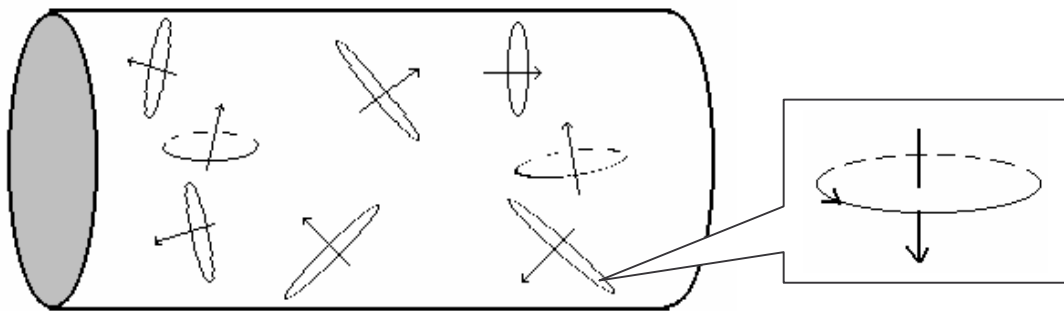
Richting én zin van de kracht aangeven op de tekening.

Hoofdstuk VII : Magnetisering van middenstoffen.

VII.1. Krachtwerking van een magnetisch veld op "elektronenbanen" in een atoom.

Vermits een gebonden elektron van een atoom van een element een cirkelvormige baan beschrijft, hetgeen overeenkomt met een stroom in een lusvormige geleider, zal er zodoende een N – kant en Z - kant ontstaan of een bladmagneet (zie punt II.1).

Let op het teken van de lading van het elektron bij de bepaling van de N - kant.

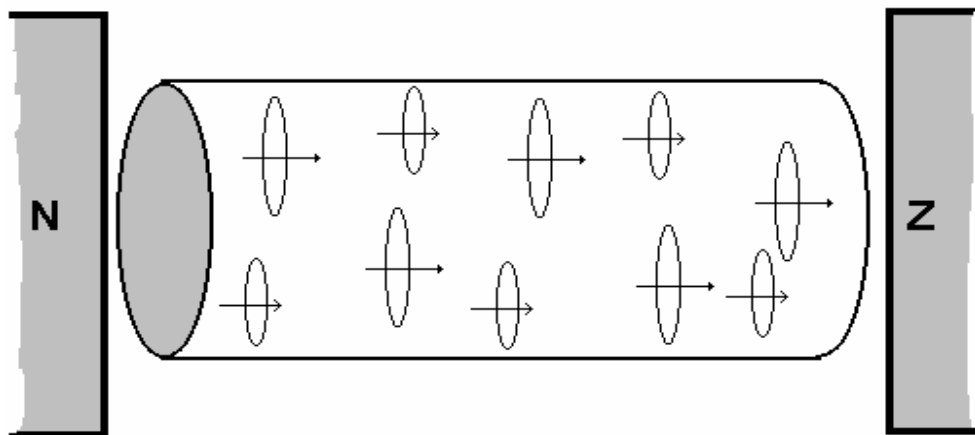


Macroscopisch gezien zal de stof echter geen noord- of zuidpool vertonen daar in normale omstandigheden (= buiten elk magnetisch veld) de oriëntatie van de N - en Z - kanten op atomair gebied volkomen willekeurig is, zodat de atomaire "bladmagneten" elkaar neutraliseren.

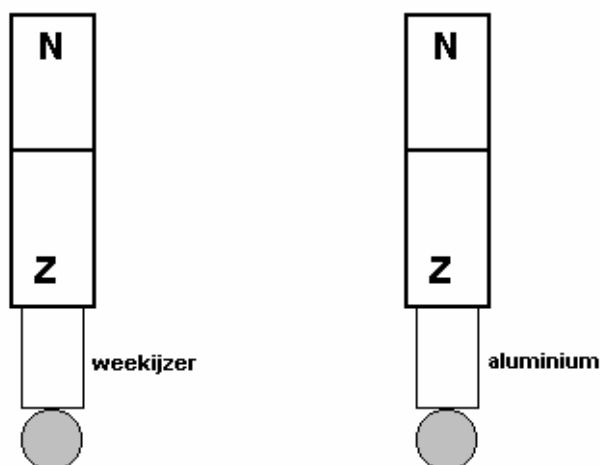
Als men een dergelijk atoom in een homogeen magnetisch veld plaatst, zal het vlak van de elektronenbanen zodanig willen draaien tot de "bladmagneet" en dus ook de banen van de elektronen zich oriënteren zoals magneetnaalden in een magnetisch veld. De bladmagneten van de omliggende atomen zullen dit echter door onderlinge wisselwerking trachten te verhinderen.

Nu stelt men vast dat er stoffen zijn die hun "bladmagneten" wel laten oriënteren en andere stoffen niet.

Zoals we reeds in punt I.1 gezien hebben kan men de stoffen onderverdelen in magnetische en niet-magnetische stoffen. De magnetische stoffen (Fe, Ni, Co en Gd) noemt men ook de ferromagnetische stoffen. Dit zijn stoffen die hun atomaire elektronenbanen goed laten oriënteren in een magnetisch veld.



Proef : men houdt tussen een stalen kogel en een staafmagneet respectievelijk een weekijzeren en een aluminiumblokje - in beide gevallen tracht men de stalen kogel op te tillen.



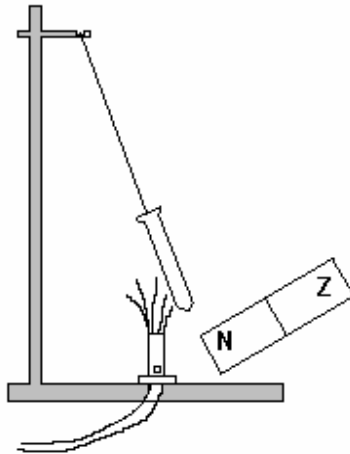
Waarneming :

Besluit : in een ferromagnetische stof ontstaat een oriëntatie van de "elektronenbanen" wanneer de stof in een magnetisch veld wordt geplaatst → de stof vertoont zelf een noord- en zuidpool, dus in de stof wordt een oriëntatie geïnduceerd = **magnetische inductie**.

Nota :

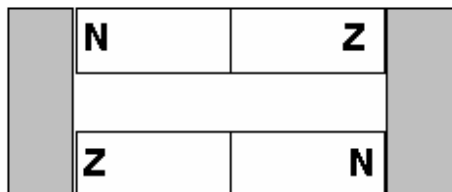
1°. Hoe zou je die oriëntatie kunnen teniet doen ?

Een stalen nagel ophangen aan een koperen draad; in de nabijheid van de nagel een staafmagneet houden zodat de nagel wordt aangetrokken maar niet de magneet raakt. Dan de nagel verwarmen totdat hij roodgloeiend wordt.



Bij een bepaalde temperatuur wordt de nagel niet meer aangetrokken en hangt het koperen draadje opnieuw vertikaal. Deze temperatuur noemt men de CURIE- temperatuur. De thermische beweging binnenin het staal wordt zo groot dat de ontstane oriëntatie van de elektronenbanen verdwijnt.

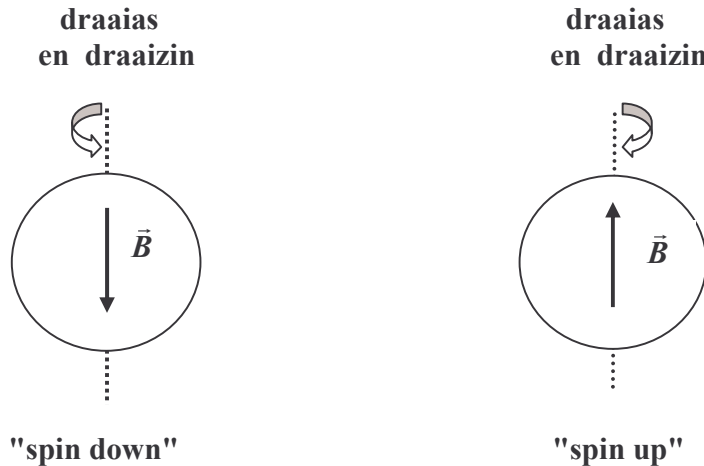
2°. Hoe zou je die oriëntatie het best kunnen handhaven in een ferromagnetische stof als het uitwendig veld verdwenen is ?



Verklaar het effect van het aanbrengen van de ijzeren sluitstukken !

VII.2. Spinmomenten.

Vermits de elektronen niet alleen in een baan omheen de kern draaien maar ook om hun eigen as tollen, ontstaat naast het "baan-effect" ook een "spineffect".



Bij middel van dit "spineffect" kan men de **doublet**-vorming bij elektronen verklaren (ondanks de elektrostatische afstoting tussen negatieve ladingen)

Vanzelfsprekend zal een uitwendig magnetisch veld ook een oriëntatie van de draai-as van de tollende elektronen veroorzaken.

VII.3. Magnetische inductie in een middenstof.

Zoals bij metalen zullen ook andere stoffen b.v.b. vloeistoffen of gassen de baan en de draaias van de elektronen in meer of mindere mate oriënteren onder invloed van een uitwendig magnetisch veld.

Vb. De lucht, die zich rond een staafmagneet bevindt zal zelf in zekere mate gemagnetiseerd worden doordat er een magnetische oriëntatie ontstaat binnen de zuurstof- en stikstofmoleculen.

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_i$$

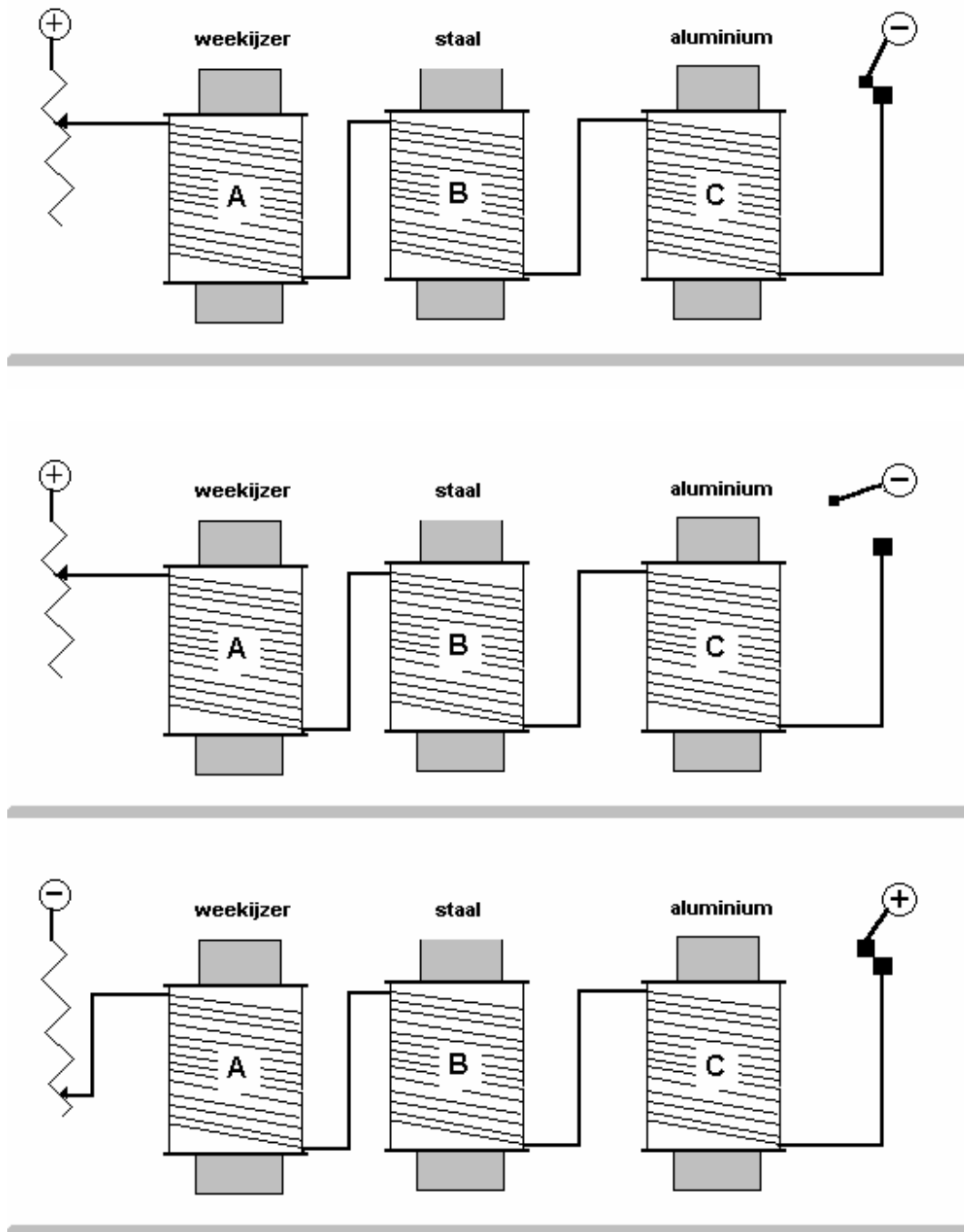
resulterende
veldsterkte
in een punt

magnetisch veld
(opgewekt door magneet
of stroomvoerende geleider)
dat in dat punt zou heersen
indien de ruimte er lucht-
ledig was.

het geïnduceerd magnetisch
veld in de middenstof
vanwege de "oriëntatie" van
de elektronen(banen) in de
atomen

VII.4. Magnetisering en demagnetisering van weekijzer en staal.

Proefopstelling :



Proefuitvoering en waarnemingen :

- 1°. Dezelfde stroom zenden door drie identieke solenoïdes met
in solenoïde A : een staaf weekijzer
in solenoïde B : een staaf staal
in solenoïde C : een staaf aluminium

De uiteinden van de staven naderen met ijzeren nagels

Waarneming :

- 2°. De stroom in de solenoïdes onderbreken

Waarneming :

- 3°. De zin van de stroom omkeren en geleidelijk de intensiteit opdrijven

Waarneming :

Besluit : Men kan de stoffen onderverdelen in de volgende categorieën :

- **niet - magnetische stoffen** : laten zich praktisch niet magnetiseren
Vb. hout, aluminium, glas,
- **magnetische stoffen** : laten zich magnetiseren in een magnetisch veld.
Vb. Fe, Ni en Co (en hun legeringen)

Kunnen onderverdeeld in 2 groepen :

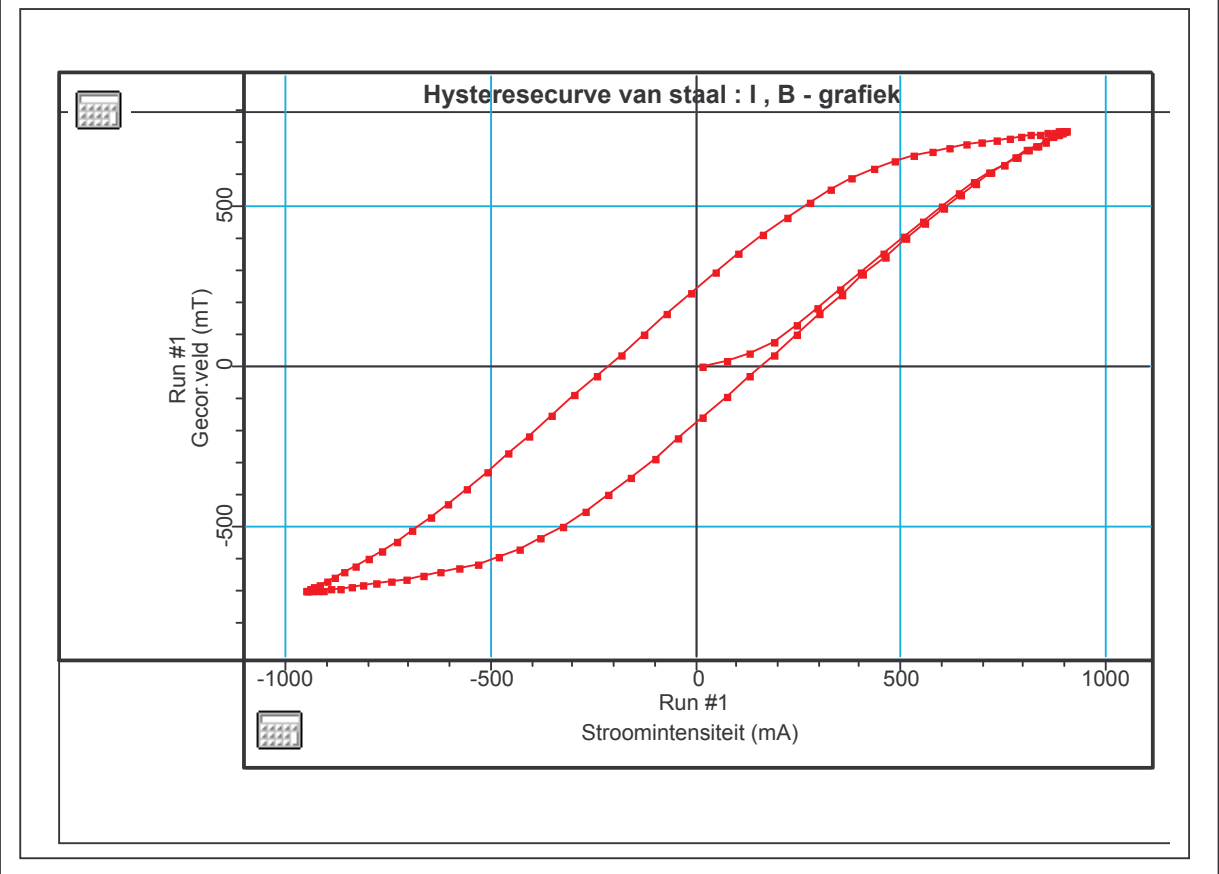
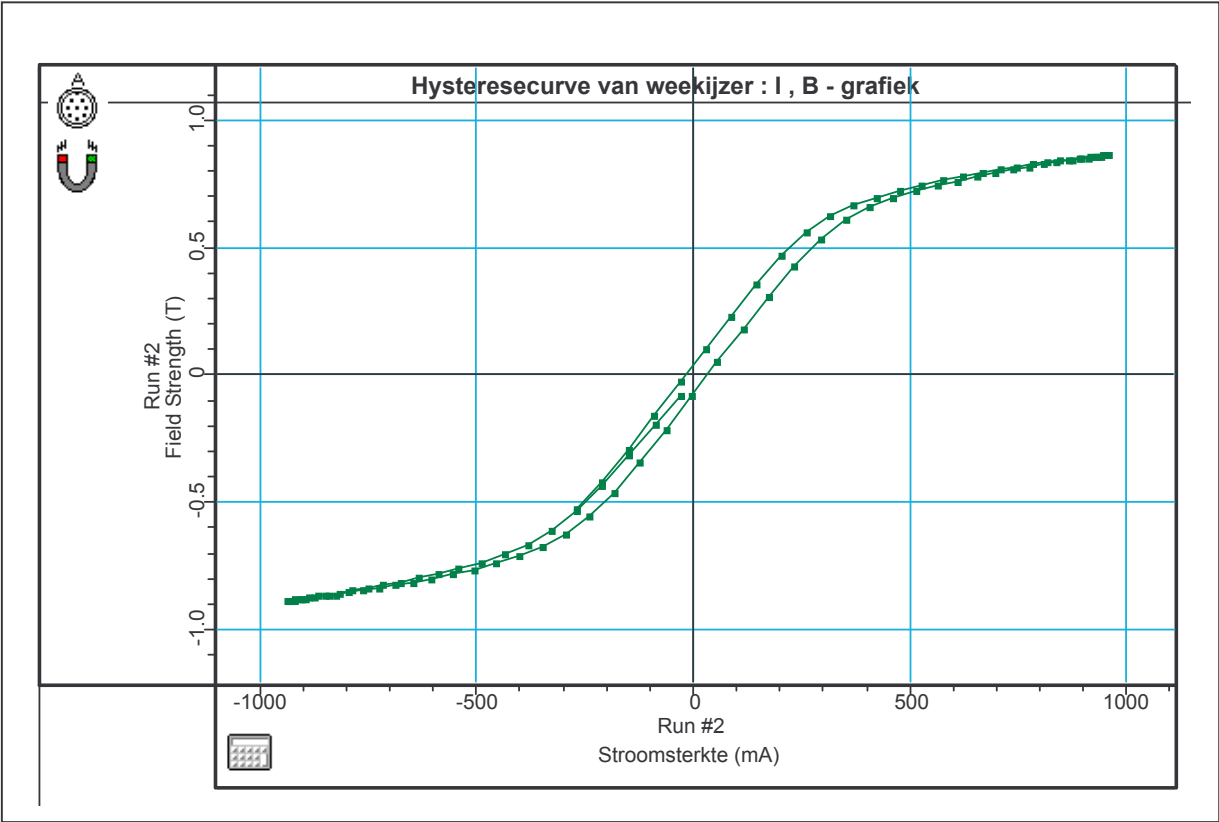
- a) stoffen die spontaan hun verkregen magnetisme verliezen. Vb. weekijzer
- b) stoffen die niet spontaan hun verkregen magnetisme verliezen. Vb. staal

Elke ferromagnetische stof heeft haar eigen "hysteresiscurve"

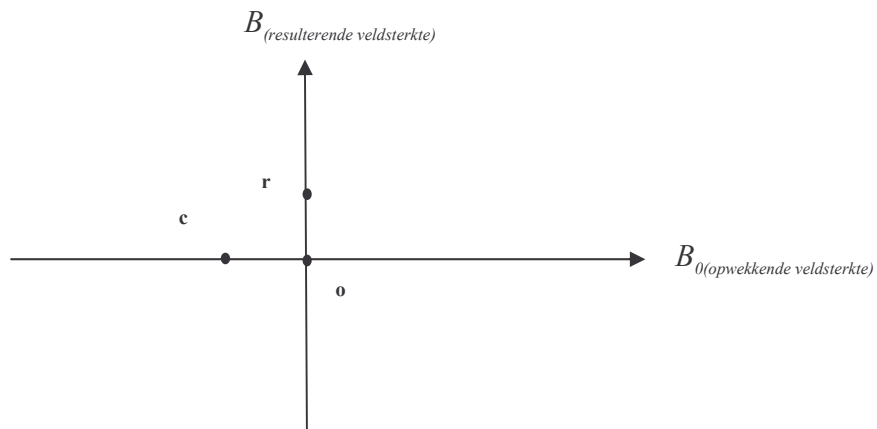
De **relatieve permeabiliteit** μ_r van de stof = de maat voor de bijdrage welke de middenstof levert voor de magnetische inductie

$$\mu_r = \frac{B}{B_0}$$

Hysteresiscurve :



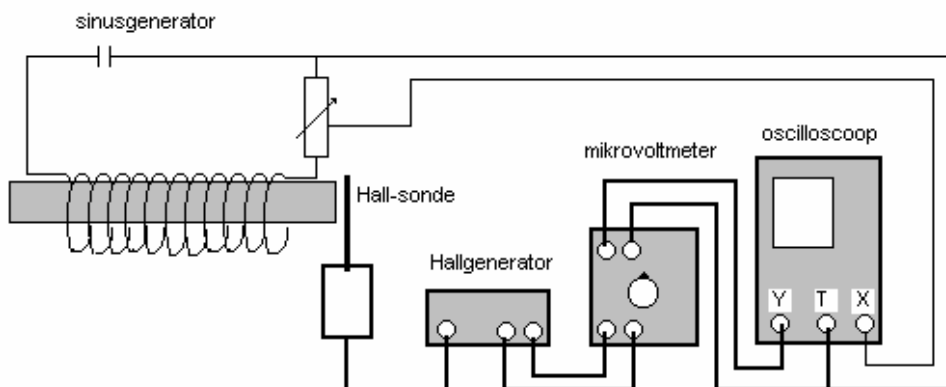
Bespreking hysteresecurve :



De lengte van **[o,r]** = maat voor het **remanent magnetisme** = overblijvend magnetisme als het opwekkende veld (= de oorzaak) verdwenen is.

De lengte van **[o,c]** = maat voor het **coërcitief veld** = tegenveld dat aangelegd moet worden om de verworven magnetisering op te heffen.

Deze hysteresiscurve kan met de volgende proefopstelling op een oscilloscoop getoond worden :



Proefopstelling met de Pasco-interface :

Benodigdheden

Magnetic field sensor (CI – 6520A)
Pasco interface
Power Amplifier II (CI – 6552A)
Spoel voor hysteresecurve 8496112

Proefuitvoering :

Sluit de magnetische veldsensor aan op het analoog kanaal A en de power amplifier op het kanaal B van de interface. Verbind de output van de power amplifier met de spoel.

Stel de magnetische veldsensor op in een statiefklem op gelijke hoogte en in het verlengde van de te onderzoeken kern die zich in de spoel bevindt. Selecteer op de sensor de positie axial en de range 10 x en tareer de sensor voor de start van elke proef. Voor de opname van de hysteresecurve van weekijzer mag de sensor het weekijzer raken; voor de curve van staal plaats je de sensor best op +/- 5 mm van het staal.

De generator wordt ingesteld op een sinussignaal met een amplitude van 1,2 V en een frequentie van 0,05 hertz.

De sampling options wordt ingesteld op 5 hertz met een stoptijd van 21 s. Zodoende wordt een periode van het signaal éénmaal volledig geregistreerd.

