

## Hoofdstuk I : de magnetische werking van magneten en van de elektrische stroom

### I.1. Ervaringsfeiten

#### a) Welke stoffen ondergaan een krachtwerking vanwege magneten ?

*Proef :*

- met een staafmagneet verschillende stoffen naderen;
- nagaan welke stoffen door een magneet worden aangetrokken.

*Waarneming :*

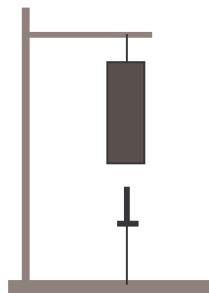
*Besluit :*

- stoffen die worden aangetrokken : **magnetische (magnetiseerbare) stoffen**
- stoffen die niet worden aangetrokken : **niet - magnetische (niet -magnetiseerbare) stoffen**

#### b) Gaat de krachtwerking van een magneet ook doorheen niet-magnetische stoffen ? Is magnetische schermwerking mogelijk ?

*Proef :*

- een nagel m.b.v. een koordje laten zweven in de nabijheid van een magneet
- tussen de nagel en de magneet verschillende stoffen aanbrengen :  
vb. blad papier, plasticfolie, ijzeren plaatje, koperen plaatje, nikkelen plaatje, ...



*Waarneming :*

*Besluit :*

- de magnetische krachtwerking gaat ook doorheen niet-magnetische stoffen;
- magnetische stoffen schermen de magnetische krachtwerking af.

**c) Waar bevindt zich vooral de magnetische krachtwerking in een staaf- of hoefijzermagneet ?**

*Proef :*

- een stalen kogel naar een staaf- of hoefijzermagneet toe laten rollen;
- een stalen kogel in het midden van een staafmagneet of op de kromming van een hoefijzermagneet aanbrenen.

*Waarneming :*

*Besluit :*

- de sterkste aantrekkingskrachten bij een magneet gaan uit van de uiteinden van de magneet;
- deze uiteinden noemt men de **POLEN**.

**d) Neemt een beweegbaar opgestelde magneet (staaf- of hoefijzervormig) een voorkeursrichting aan als hij draaibaar opgesteld is ?**

*Proef :*

- een staafmagneet in horizontale positie draaibaar opstellen op een naald (eventueel vervangen door een kompas) - wachten tot de magneet tot stilstand is gekomen; een pool kenmerken en de proef hernemen.

*Waarneming :*

*Besluit :* De pool die zich naar het geografische noorden oriënteert noemt men bij conventie de **noordpool**. De ander pool is de **zuidpool**.

## **I.2. Krachten tussen magneetpolen onderling**

*Proef :*

- leg een staafmagneet waarvan je de N- en Z-pool kent op een wagentje;
- nader met een tweede staafmagneet, waarvan je eveneens de polen kent, de eerste magneet.

*Waarneming :*

*Besluit :*

- **gelijknamige polen stoten elkaar af;**
- **ongelijknamige polen trekken elkaar aan.**

*Toepassing :* verklaar de werking van een kompasnaald.

**Nota :** door de conventie van punt I.1.d. is de geografische noordpool van de aardbol een magnetische zuidpool, en omgekeerd.

*Opm.:* de magnetische polen van de aarde vallen niet precies samen met de geografische polen (de doorgangspunten van de rotatieas). Het hoekverschil tussen het magnetische zuiden en het geografische noorden wordt de ‘magnetische declinatie’ genoemd. Deze verschilt van plaats tot plaats op aarde én verandert ook van plaats in de loop der jaren.

### I.3. Kan je één noordpool en één zuidpool afzonderen ?

*Proef:* Zoek de N - en Z - pool op van een gemagnetiseerde spaak van een fietswiel steunende op punt I.2 met behulp van een kompasnaaldje. Duid de polen aan op de spaak. Knip met een nijptang de spaak in twee gelijke delen. Controleer of de twee niet gemerkte uiteinden magnetische polen zijn en zo ja, welke polen dan.  
(Deze proef kan ook met een gebroken staafmagneet uitgevoerd worden.)

*Waarneming :*

--

*Besluit :* N - pool en Z - pool kunnen nooit geïsoleerd worden. Daarom is het verkeerd te denken dat magnetische polen net zoiets zijn als elektrische ladingen.

### I.4. Het magnetisch veld.

a) *Vergelijking met andere reeds gekende velden.*

Naam v.h. veld :	Stellen we vast rond :	Werkt op :	Eigenschappen :
			- richting : - zin : - grootte :
			- richting : - zin : - grootte :
<b>magnetisch veld</b>			- richting : - zin : - grootte :

**b) Wat is de richting van het magnetisch veld ?**

*Proef :* In een plasticen plaatje zijn in kleine uitsparingen ijzeren staafjes vrij beweegbaar opgesteld. We plaatsen enkele van deze plaatjes op een overheadprojector. De ijzeren staafjes nemen logischer wijze een willekeurige oriëntatie aan.

Op deze plaatjes brengen we achtereenvolgens aan :

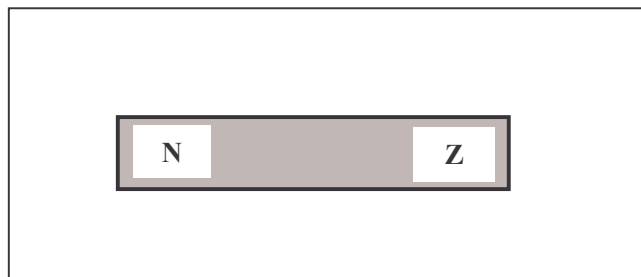
- een staafmagneet
- twee staafmagneten met de *ongelijknamige* polen naar elkaar toe
- twee staafmagneten met de *gelijknamige* polen naar elkaar toe
- een hoefijzermagneet.

Maak telkens een schets van de ontstane rangschikking van de ijzeren staafjes.

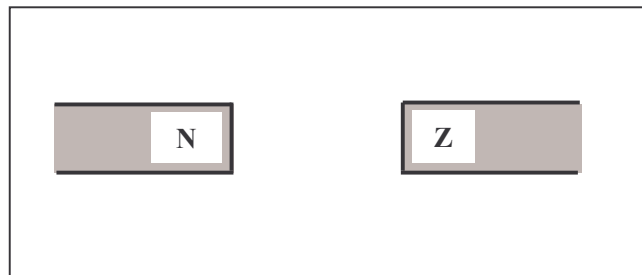
Plaats eveneens enkele doorzichtige kompasnaaldjes in de nabijheid van de aangebrachte magneten. Hoe oriënteren zich deze naaldjes t.o.v. het ontstane patroon van de ijzeren staafjes ? Geef deze oriëntatie eveneens aan op onderstaande tekeningen.

*Waarneming :*

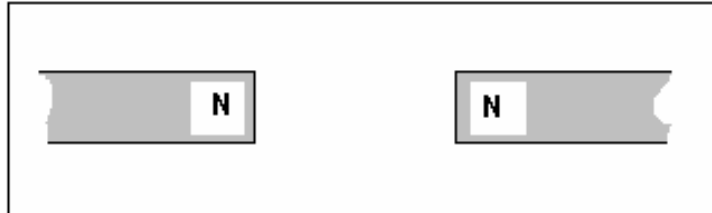
- **staafmagneet**



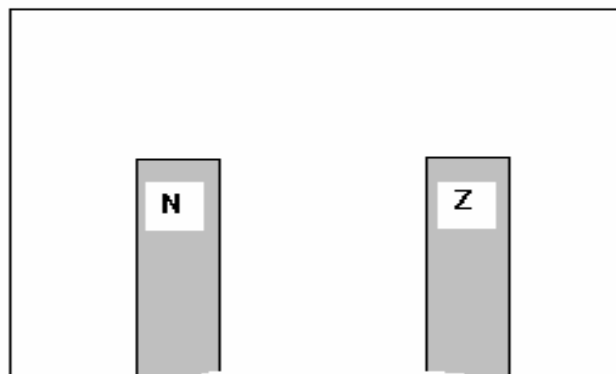
- **ongelijknamige polen**



- gelijknamige polen



- hoefijzermagneet



*Besluit :* de richting van het magnetisch veld is **de raaklijn aan de veldlijn** in dat punt.

*c) Wat is de zin van het magnetisch veld ?*

*Conventie :* de **zin van het magnetisch veld** is gelijk aan **de zin van de krachtwerking op een noordpool** in dat punt geplaatst.

*Toepassing :* geef in bovenstaande tekeningen op enkele plaatsen de richting én de zin aan van het magnetisch veld  $\vec{B}$ .

*d) Welke is de grootte van het magnetisch veld in een bepaald punt ?*

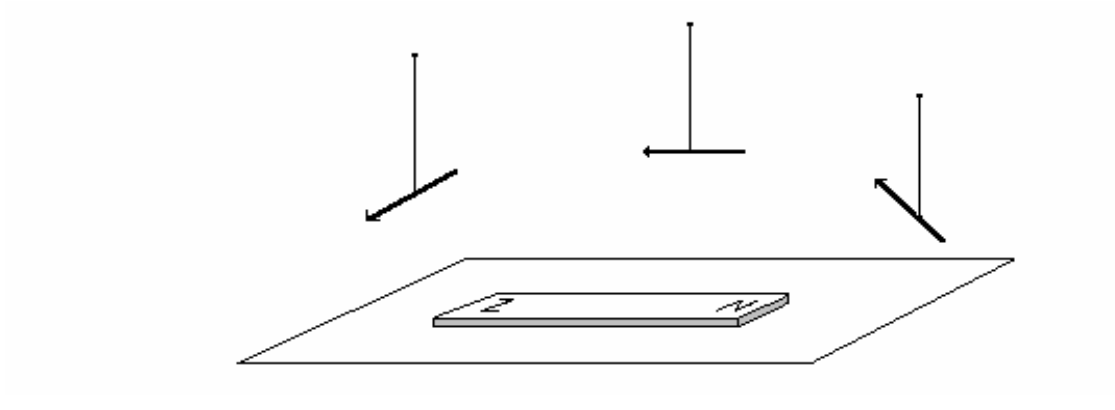
De grootte van het magnetisch veld wordt in hoofdstuk IV apart behandeld.

**Nota :** Wanneer heerst er in een punt X een magnetisch veld ?

Er heerst in het punt X een magnetisch veld als een magneetpool, in X geplaatst, er een

kracht ondervindt.

*Oefening :* verklaar de oriëntatie van de magneetnaaldjes.



### I.5. Wat schept buiten een magneet nog een magnetisch veld ?

*Vraag :* Waarom mag je bij het bepalen van het **geografische noorden** het kompas niet gebruiken in de nabijheid van een hoogspanningslijn ?

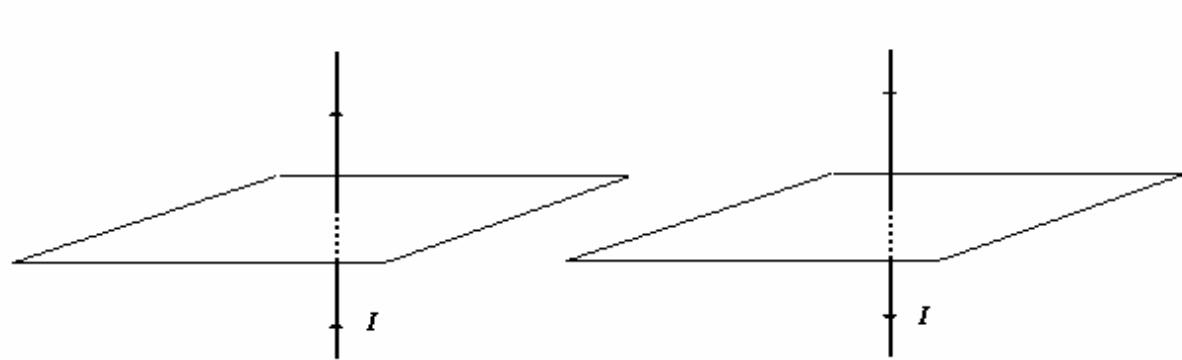
*Proef :* Een dikke draadgeleider (of een bundel van 30 draden) wordt vertikaal opgesteld. Hij doorboort een stuk plexiglas loodrecht. We strooien ijzervijlsel op het plexiglas en plaatsen magneetnaaldjes in een kring rond de geleider.

We sturen een sterke stroom (minstens 5 A) door de draad en letten vooral op de uitwijking van de noordpolen van de magneetnaaldjes.

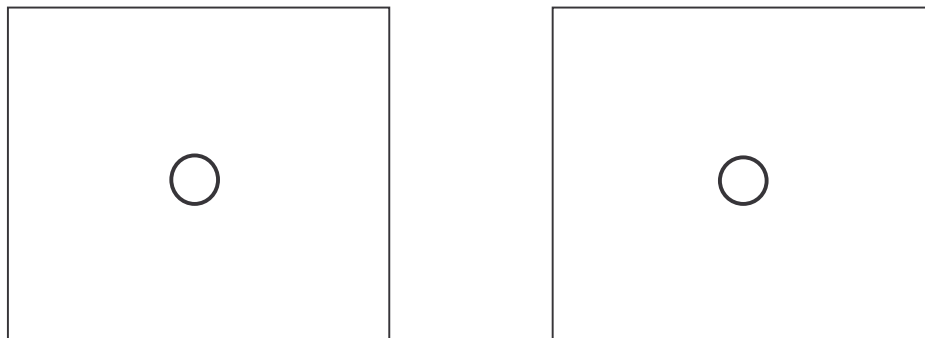
Dezelfde proef hernemen we maar met tegengestelde stroomzin. Is de oriëntatie van de noordpolen van de naaldjes nu nog dezelfde ?

Welke figuren tekenen de ijzerkorrels in beide gevallen ? Schets die figuren op onderstaande tekeningen en geeft tevens de oriëntatie aan van enkele magneetnaaldjes.

Waarnemingen :



Bovenaanzicht : vergelijk de stroomzin met een dart-pijltje



*Besluit :* In de nabijheid van een stroomvoerende geleider ondervinden de polen van een magneet een krachtwerking in tegengestelde zin.  
Deze krachtwerking treedt alleen op als er stroom door deze geleider gaat.

Dus : een stroomvoerende geleider verwekt rond zich een magnetisch veld.

*Vraag :* Welk is de richting en de zin van dit veld ?

1°. Richting van het veld. (Zie afspraak in punt I.4.b)

De magnetische veldlijnen zijn concentrische cirkels zodat de richting van het veld in een punt X gevonden wordt door de **raaklijn aan de veldlijn** te tekenen in dat punt X.

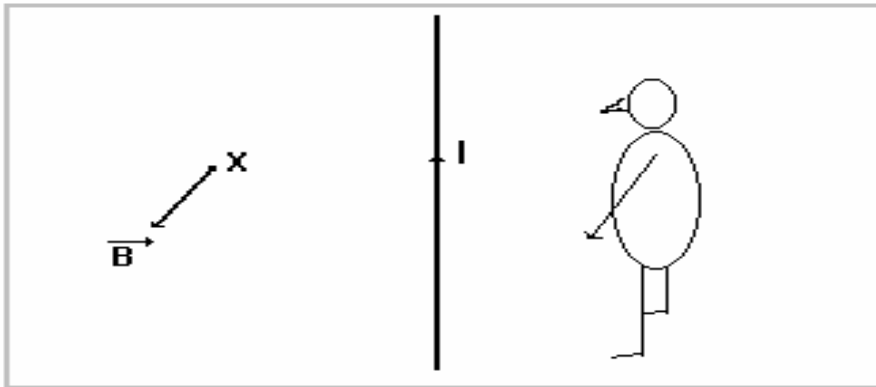
2°. Zin van het magnetisch veld. (Zie afspraak in punt I.4.c)

**Methode 1 : regel van Ampère.**

Plaats jezelf gestrekt zo langs de draad dat de stroom via je voeten binnenkomt en via je hoofd de geleider verlaat; kijk naar de draad.

Draai rond de draad tot het bewuste punt X in het veld zich in oppositie met jezelf t.o.v. de draad bevindt.

Strek je LINKERARM zijdelings uit : de wijzende linkerhand geeft de zin van het veld aan (*naar die kant toe tracht de noordpool van een magneetnaaldje in dat punt geplaatst zich te oriënteren terwijl het eerst naar het geografische noorden wees*).



Bepaal m.b.v. deze regel de **richting** en de **zin** van het magnetisch veld  $\vec{B}$  in enkele punten van voorgaande proefopstelling bij beide stroomzinnen.

**Methode 2 : eerste rechterhandregel**

Hou je rechterhand met de gestrekte duim zoals de zin van de stroom in de stroomvoerende draad. De gekromde vingers geven dan de zin aan van de veldlijn in dat punt.





## I.6. Oefent een magneet een krachtwerking uit op een stroomvoerende geleider ?

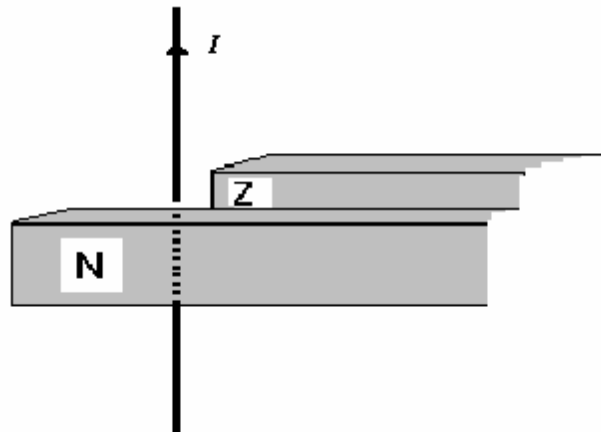
Daar een stroomvoerende geleider een krachtwerking uitoefent op een magneet, zou je, uitgaande van het principe van actie en reactie, ook moeten besluiten dat een magneet een krachtwerking uitoefent op een stroomvoerende geleider.

*Proefopstelling :*

We stellen een recht stukje stroomvoerende geleider beweegbaar op tussen de polen van een hoefijzermagneet, loodrecht op de as tussen beide polen, d.w.z. loodrecht op de magnetische veldrichting.

We testen de krachtwerking voor beide stroomzinnen.

*Waarneming :*



*Besluit :* een stroomvoerende geleider ondervindt in een magnetisch veld een krachtwerking.

*Vraag :* **Wat is de richting en de zin van de krachtwerking van een magneet (magnetisch veld) op een stroomvoerende geleider ?**

**1°. Richting van de krachtwerking :**

Loodrecht op het magnetisch veld  $\vec{B}$  én loodrecht op de stroomvoerende geleider.

**2°. Zin van de krachtwerking :**

Kan gevonden met de **LINKERHANDREGEL**

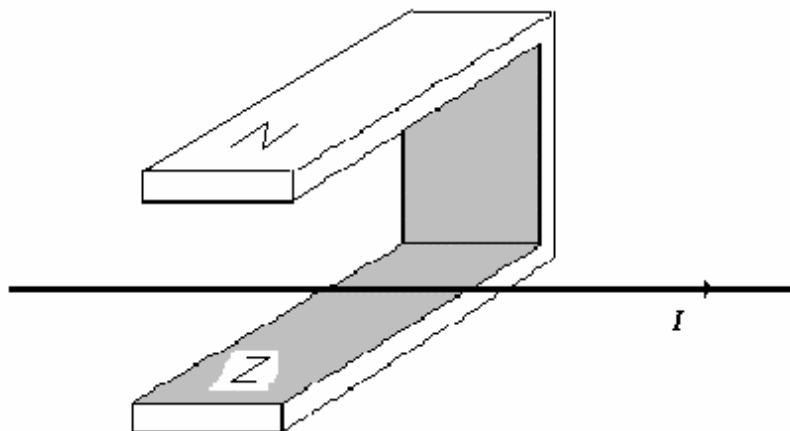
- Hou je linkerhand parallel met de stroomvoerende draad zo dat de stroom (= conventionele stroomzin) uit de vingertoppen wegvloeit.
- Draai je hand totdat het magnetisch veld (= de  $\vec{B}$ -vector) in de palm binnendringt en via de rug van de hand verdergaat.
- De **gestrekte duim** geeft de **richting** én de **zin** aan van de krachtwerking die de stroomvoerende draad ondervindt vanwege het magnetisch veld.

Let wel : deze linkerhandregel geeft geen verklaring van het fenomeen.

*Verklaring :* uitgaande van de krachtwerking van een stroomvoerende geleider op een magneetnaald ( zie punt I.5 ) én steunend op het principe van actie en reactie.

Veronderstel dat een hoefijzermagneet op wieletjes staat terwijl de stroomvoerende geleider onbeweeglijk was opgesteld.

Welk effect zou de krachtwerking (= actie ) van de stroomvoerende geleider dan zijn op beide magneetpolen ? Verklaar met behulp van punt I.5. Teken deze krachtvector bij beide polen.



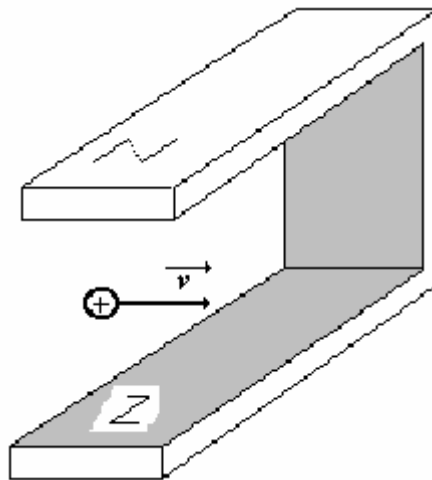
Welke zijn dan de twee reactiekrachten ( = de krachten van de beide polen op de stroomvoerende draad ) ? Teken deze krachtvectoren.  
 Vermits nu in deze proef de magneet onbeweeglijk is opgesteld terwijl de geleider beweeglijk is, zie je het effect van deze reactiekrachten.

## VERDIEPING : krachtwerking van een magneet op een bewegende lading.

- Vermits de krachtwerking van een magnetisch veld op een stroomvoerende geleider enkel optreedt als er stroom door de geleider gaat, kunnen we hieruit besluiten dat een magneet ook een krachtwerking uitoefent op **een bewegende lading**. Dit verschijnsel kan aangetoond worden met een elektronenstraalbuis.

Elektrische stroom in een geleider is immers niets anders dan beweging van vrije elektronen in een bepaalde richting en zin. Daar de bewegende vrije elektronen de geleider niet kunnen verlaten, zal de stroomvoerende draad een kracht ondervinden die te wijten is aan de kracht die de stromende vrije elektronen in die draad ondervinden. Bijgevolg zal de kracht op de bewegende ladingen zich uiten in de kracht op de stroomvoerende geleider.

- Bij de keuze van de stroomzin ( van de pool op de hoogste potentiaal =  $\oplus$  **pool** naar de pool op de laagste potentiaal =  $\ominus$  **pool** ) heeft men achteraf vastgesteld dat deze zin tegengesteld was aan de beweging van de vrije elektronen. Om deze conventionele stroomzin te behouden, nemen we nu even aan dat de elektrische stroom overeenkomt met een stroming van positieve ladingsdeeltjes.
- Beschouwen we de kracht die een bewegende positieve lading ondervindt in een magnetisch veld.



- Vergelijk met de krachtwerking van een magnetisch veld  $\vec{B}$  op een stroomvoerende geleider.

**- Richting van de krachtwerking :**

- loodrecht op de richting van het magnetisch veld  $\vec{B}$ .
- loodrecht op de snelheidsvector van de bewegende lading.

**- Zin van de krachtwerking : "regel van de linkerhand"**

- de palm van de uitgestrekte linkerhand vangt de magnetische veldvector  $\vec{B}$  op;
- de vingers volgens  $\vec{v}$  : de richting en de zin van de bewegende positieve lading;
- de gestrekte duim geeft de zin van de kracht  $\vec{F}$  aan.

*Proef:*

- In een petrischaal brengen we een  $\text{CuSO}_4$  - oplossing aan waarop we een weinig zaagmeel strooien.

Welke ionen bevinden zich in deze oplossing ?

- Het deksel van de schaal, waarop twee elektroden zijn aangebracht (zie fig.), verbinden we met een gelijkspanningsbron. We leggen een spanning aan van 12 V. De buitenring wordt verbonden met de  $\oplus$  pool, de middenstekker met de  $\ominus$  pool.

Hoe zullen de aanwezige ionen migreren o.i.v. het aangelegde elektrisch veld ?

- De petrischaal wordt vervolgens aangebracht tussen de polen van een hoefijzer-magneet.

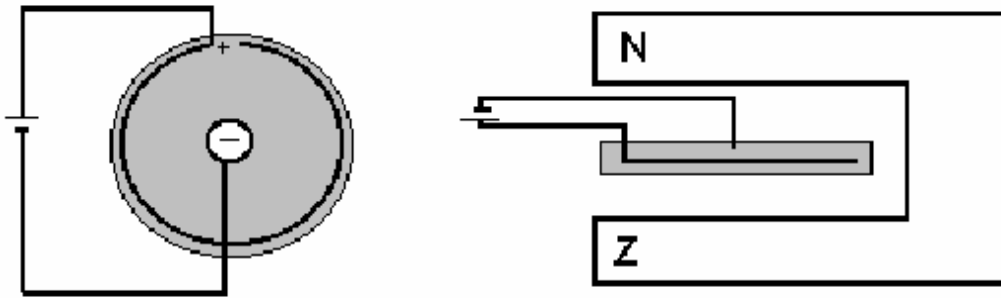
We brengen op de fig. op volgende blz. de richting en de zin van het magnetisch veld  $\vec{B}$  aan en noteren de beweging van het zaagmeel.

- Vervolgens polen we om en hernemen de proef. Waarneming hieronder noteren !
- We draaien de hoefijzermagneet om en hernemen de proef . Waarneming noteren !

*Proefopstelling :*

**Bovenaanzicht**

**Zijaanzicht**



*Waarneming :*

<p>- bij ompolen :</p> <p>- bij omkeren hoefijzermagneet :</p>
--

**Besluit :** de draaizin hangt af van de polariteit van de elektroden én van de zin van het magnetisch veld.

*Verklaring :*

--

## I.7. De krachtwerking tussen twee stroomvoerende geleiders onderling

- Proef :*
- twee soepele geleidende linten (of soepele verbindingssnoeren) worden vertikaal en onderling evenwijdig dicht bij elkaar opgesteld;
  - men stuurt een sterke stroom doorheen de geleiders doorheen de geleiders:
    1. in dezelfde zin
    2. in tegengestelde zin

Let op de onderlinge krachtwerking.

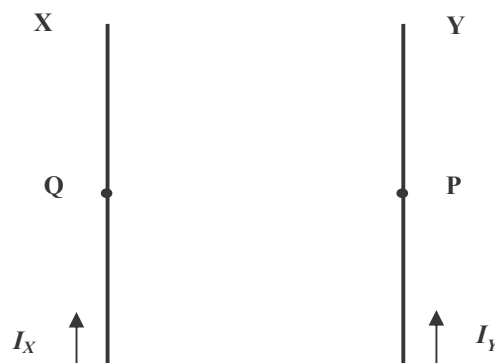
- Waarneming :*
- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. bij stroom in dezelfde zin :</li><li>2. bij stroom in tegengestelde zin :</li></ol> |
|--|

*Besluit :* twee stroomvoerende geleiders doorlopen door een stroom

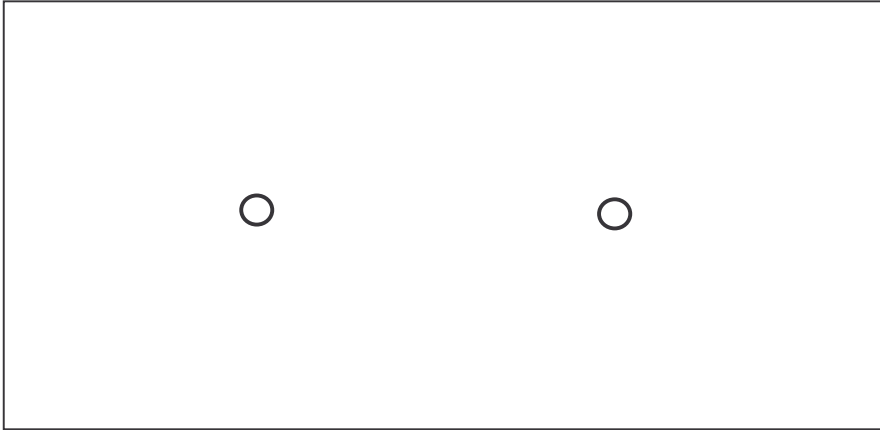
- in dezelfde zin : trekken elkaar aan
- in tegengestelde zin : stoten elkaar af.

*Verklaring :*

1°) Stroomvoerende geleiders doorlopen door een stroom in dezelfde zin.



In bovenaanzicht verkrijgen we :



**a) krachtwerking door geleider X op geleider Y uitgeoefend :**

Bepaal eerst de richting en de zin van het magnetisch veld  $\vec{B}$ , gecreëerd door geleider X, in een punt P van geleider Y.

Bepaal met de regel van de linkerhand de krachtwerking  $\vec{F}$  (richting én zin) die geleider Y ondergaat;

**b) krachtwerking door geleider Y op geleider X uitgeoefend :**

Bepaal eerst de richting en de zin van het magnetisch veld  $\vec{B}$ , gecreëerd door geleider Y, in een punt Q van geleider X.

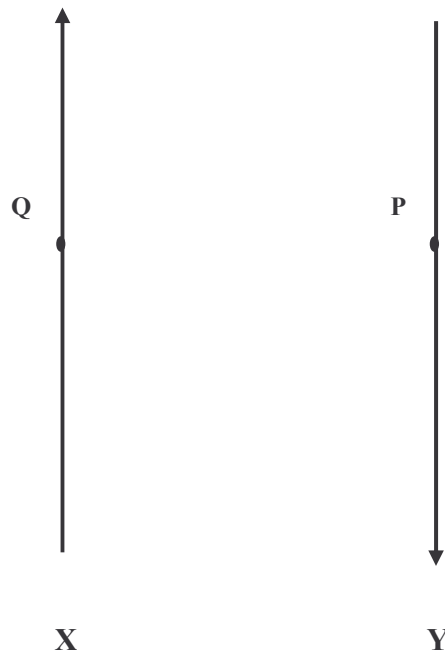
Bepaal met de regel van de linkerhand de krachtwerking  $\vec{F}$  (richting én zin) die geleider X ondergaat.

**Nota :** stemt punt b overeen met het principe van actie en reactie ?

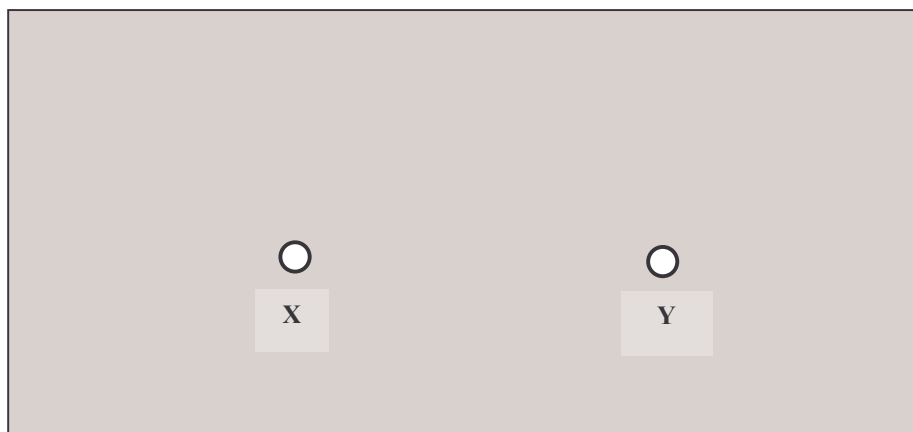


**2°) Stroomvoerende geleiders doorlopen door een stroom in tegengestelde zin :**

Verklaar nu zelf de afstoting m.b.v. onderstaande tekening.



*In bovenaanzicht verkrijgen we :*

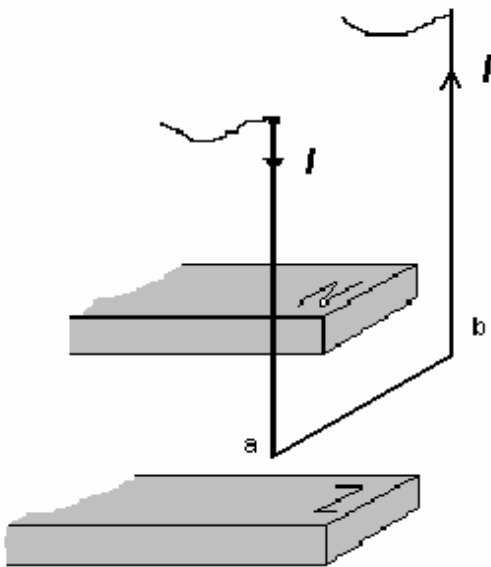




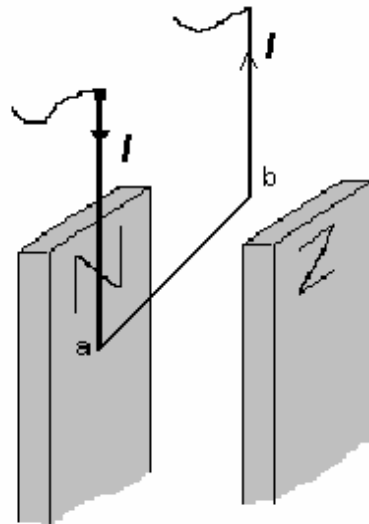
**OEFENINGEN :**

1. Bespreek de krachtwerking op het stroomvoerende draadgedeelte [a b]

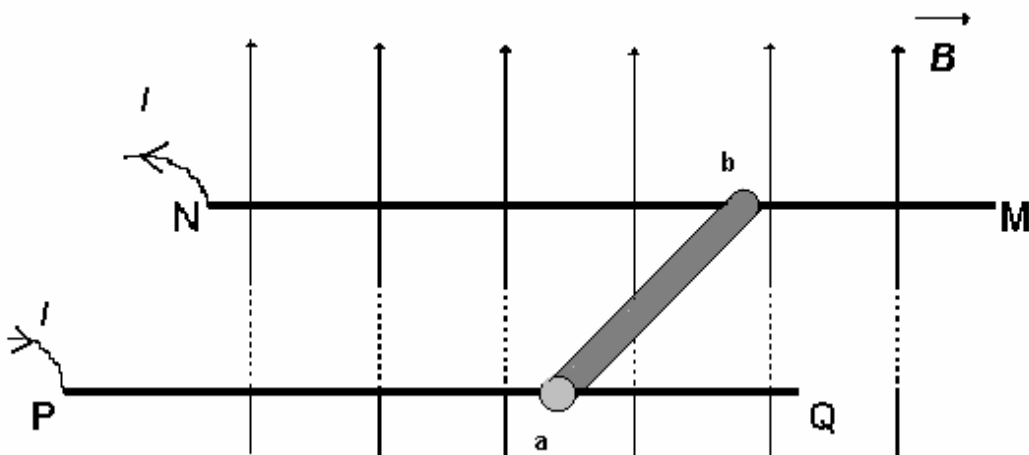
a)



b)

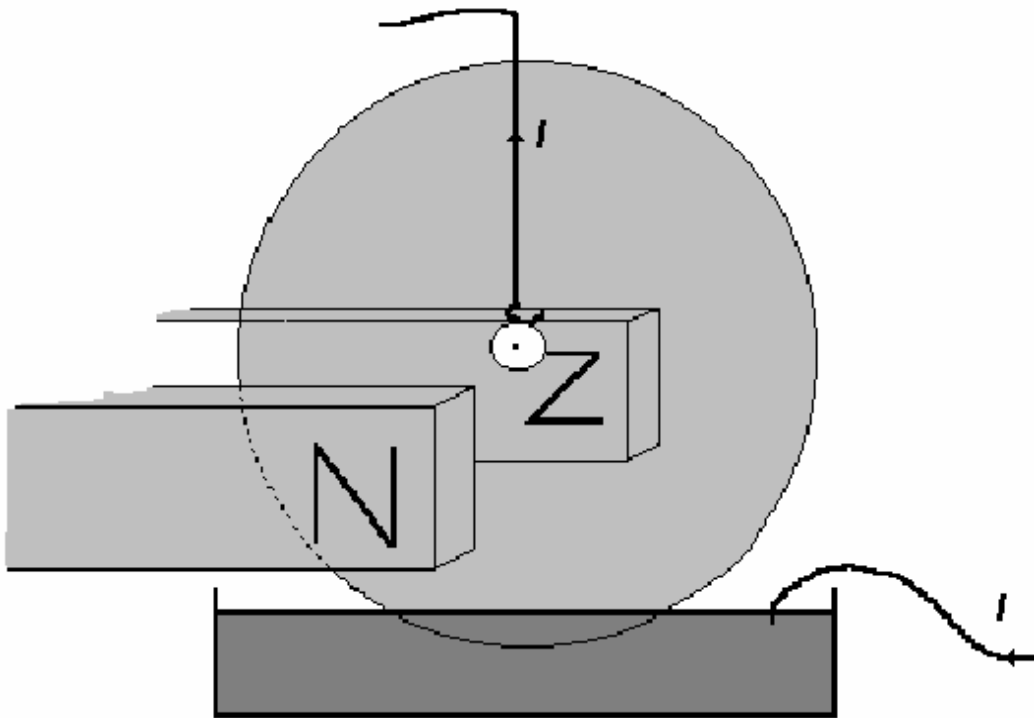


c) [a b] is een cilindervormige geleider in een horizontaal vlak loodrecht geplaatst op twee evenwijdige staven NM en PQ. Het geheel bevindt zich in een homogeen magnetisch veld  $\vec{B}$  dat vertikaal naar boven georiënteerd is.



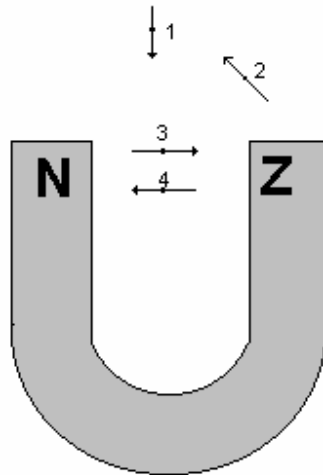
## 2. Wiel van Barlow :

Een wiel dompelt in een kwikbad. Een elektrische stroom kan via het bad, het onderste gedeelte van het wiel en een sleecontact op de as terug naar de spanningsbron vloeien. Verklaar de draaizin van het wiel wanneer dit zich tussen de polen van een hoefijzermagneet bevindt zoals aangegeven op onderstaande tekening !

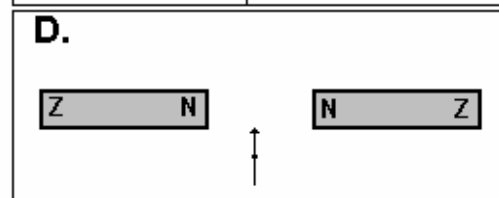
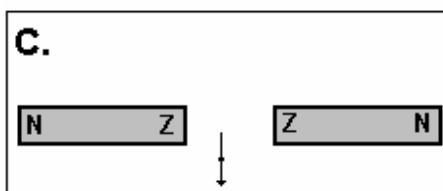
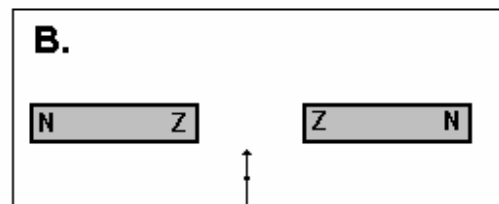
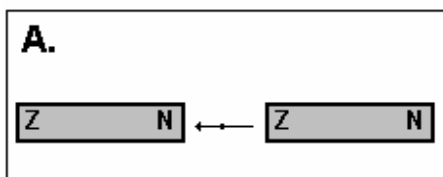


### 3. M.A.K. - vragen.

1. De volgende tekening stelt het bovenaanzicht voor van een hoefijzermagneet die op een tafel ligt. In de omgeving hiervan zijn op vier verschillende plaatsen draaibare magneetnaaldjes opgesteld. De magneetnaaldjes worden aangegeven d.m.v. een pijl; het pijlpunt geeft hun noordpool aan.  
In welke punt is het magneetnaaldje juist georiënteerd ?

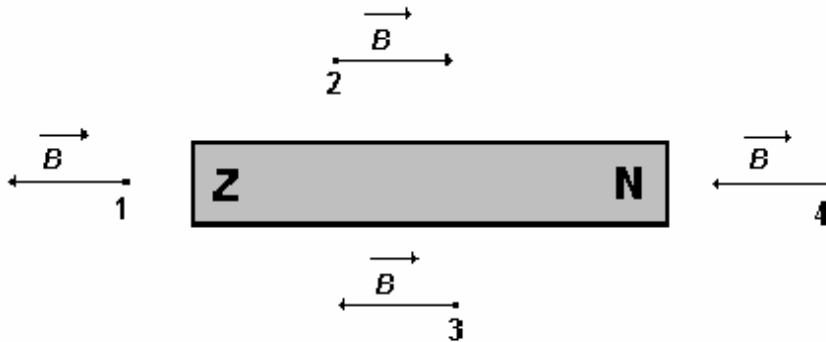


- A. in punt 1                      B. in punt 2                      C. in punt 3                      D. in punt 4
2. De volgende tekeningen stellen het bovenaanzicht voor van een magneetnaaldje dat draaibaar opgesteld is in de nabijheid van twee staafmagneten. In welke tekening is het magneetnaaldje juist georiënteerd ?



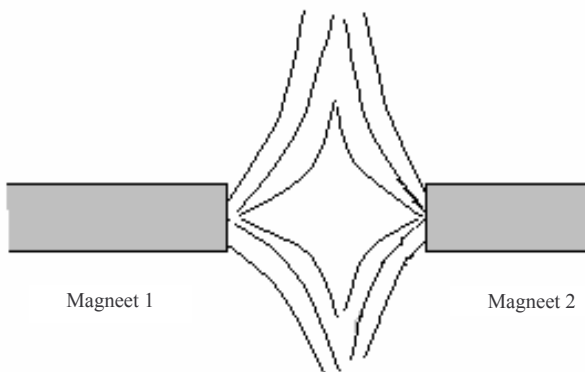
3. De volgende tekening stelt het bovenaanzicht voor van een staafmagneet die op een tafel ligt. In de nabijheid van deze staafmagneet is in vier verschillende punt de vector  $\vec{B}$  getekend die de richting en de zin aangeeft van het magnetisch veld dat in dit punt heerst vanwege die staafmagneet.

In welk punt is deze vector juist aangegeven ?



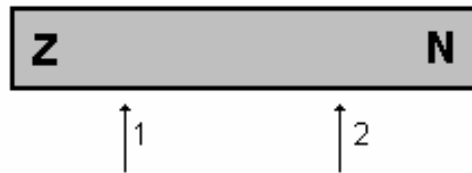
- A. in punt 1                      B. in punt 2                      C. in punt 3                      D. in punt 4

4. Twee staafmagneten staan tegenover elkaar en geven onderstaand ijzervijlselpatroon te zien. Welke polen staan tegenover elkaar ?

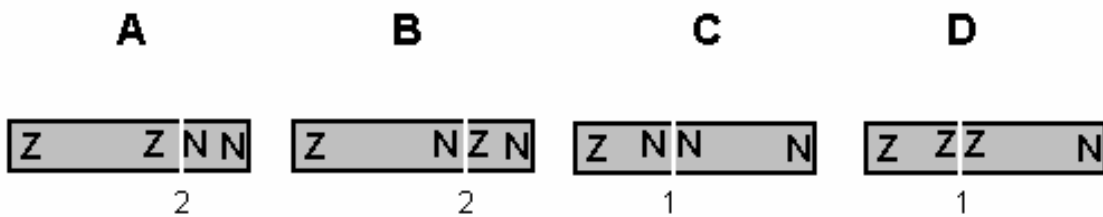


- A. Een noordpool en een zuidpool;  
 B. Twee noordpolen maar niet twee zuidpolen;  
 C. Twee zuidpolen maar niet twee noordpolen;  
 D. Twee noordpolen OF twee zuidpolen; dat is niet met zekerheid te zeggen.

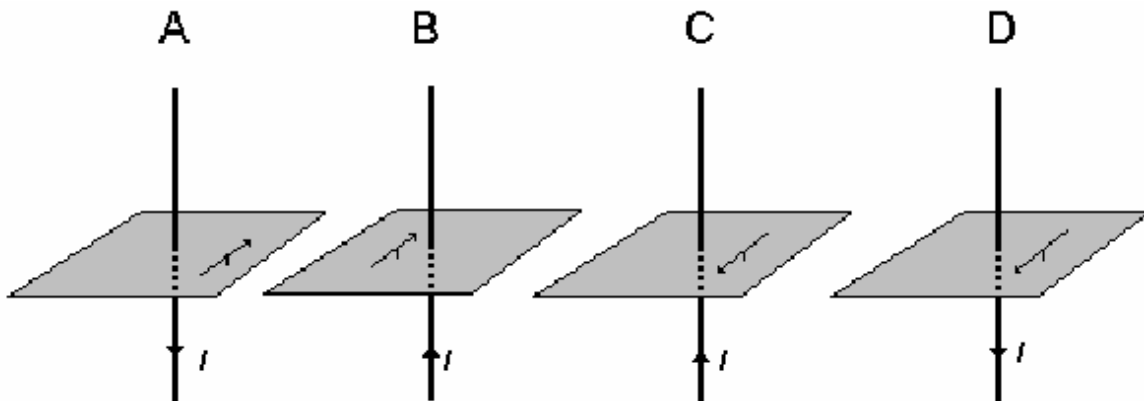
5. Gegeven : een staafmagneet die men ofwel op de plaats ( 1 ) ofwel op de plaats ( 2 ) dwars doorbreekt.



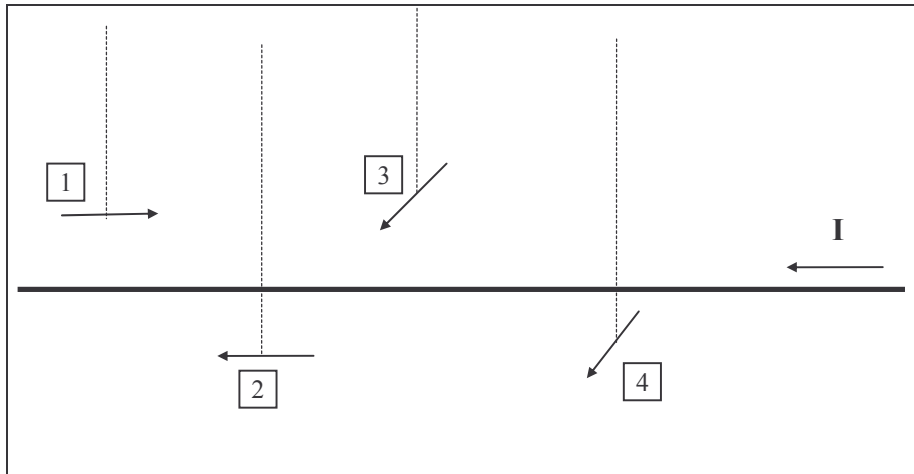
Welke van de volgende tekeningen geeft de juiste aanduiding van de ontstane magnetische polen ?



6. Bijgaande tekeningen stellen een vertikaal opgestelde stroomvoerende geleider voor. Deze geleider doorboort een horizontaal geplaatst plexiglas waarop een magneetnaaldje draaibaar is opgesteld. Duid de tekening aan die een juiste oriëntatie aangeeft van het magneetnaaldje.



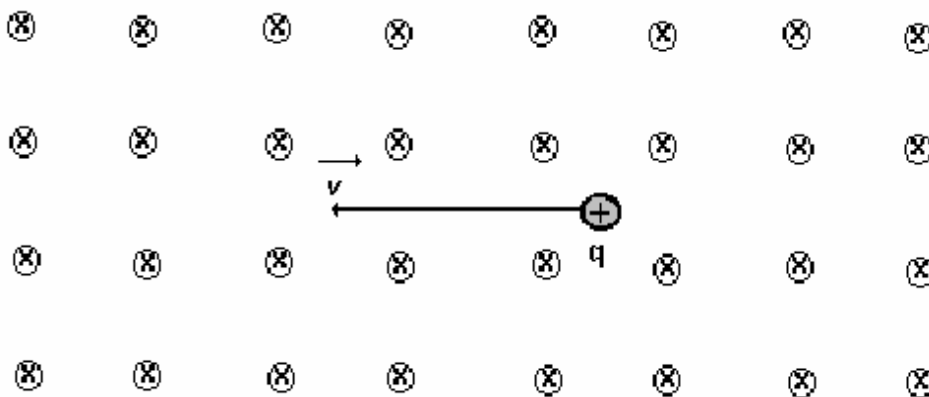
7. In de nabijheid van een rechtlijnige stroomvoerende geleider is op vier plaatsen in een vertikaal vlak doorheen de geleider een magneetnaaldje opgehangen; tweemaal boven de geleider en tweemaal eronder. Duid het naaldje aan dat juist georiënteerd is.



- A. in punt 1
- B. in punt 2
- C. in punt 3
- D. in punt 4

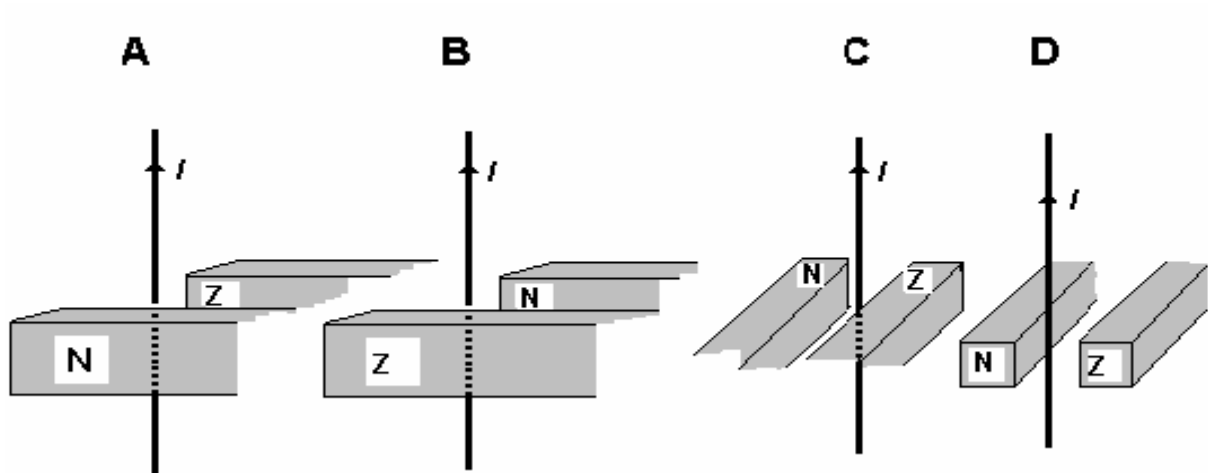
8. In een homogeen magnetisch veld  $\vec{B}$  (loodrecht op het blad en het blad in) heeft een positieve lading  $q$  een snelheid zoals aangegeven door de snelheidsvector  $\vec{v}$ .

De kracht die deze bewegende lading ondervindt is :



- A. loodrecht op het blad en het blad uit;
- B. loodrecht op het blad en het blad in;
- C. in het vlak van het blad en naar de bovenkant van het blad;
- D. in het vlak van het blad en naar de onderkant van het blad.

9. Volgende tekeningen stellen een geleider voor die onbeweeglijk is opgesteld. Bij deze draad bevindt zich een beweegbaar opgestelde hoefijzermagneet. In welk geval zal de magneet naar links schuiven als men een stroom doorheen de geleider stuurt in de aangeduide (conventionele) zin ?

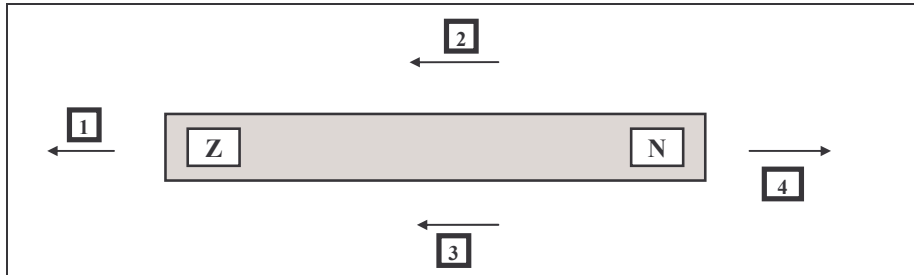


10. Onderstaande tekening stelt twee evenwijdige geleiders voor die in een horizontaal vlak geplaatst zijn. De kracht  $\vec{F}$  die de voorste geleider (I) uitoefent op de achterste (II) is :



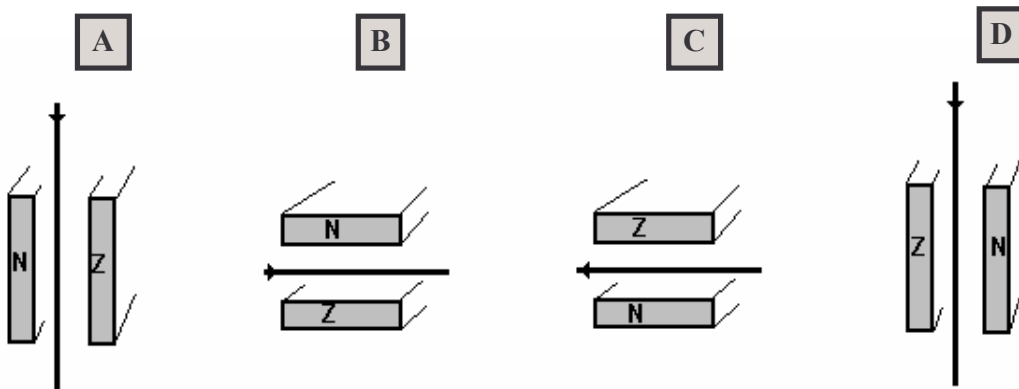
- A. horizontaal naar voren  
 B. horizontaal naar achter  
 C. verticaal naar onder  
 D. verticaal naar boven
11. Stam : zie vorige vraag . Geleider (II) oefent in een punt van geleider (I) een magnetisch veld  $\vec{B}$  uit waarvan de vector :
- A. verticaal naar onder is gericht  
 B. verticaal naar boven is gericht  
 C. horizontaal naar voren is gericht  
 D. horizontaal naar achter is gericht.

12. In vier punten in de nabijheid van een staafmagneet is de magnetische veldvector  $\vec{B}$  (magnetische inductievector) getekend. In welk punt is de vector **fout** getekend ?

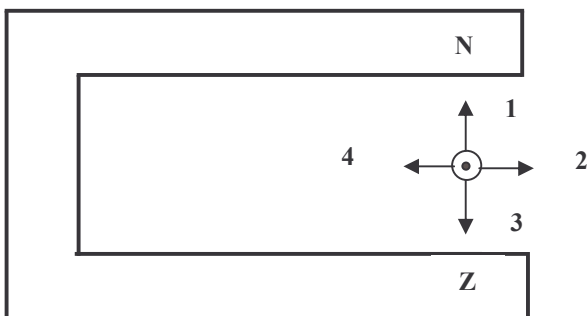


- A. In punt 1;
- B. In punt 2;
- C. In punt 3;
- D. In punt 4.

13. Volgende tekeningen stellen een stroomvoerende geleider voor die **beweeglijk** is opgesteld tussen de polen van een onbeweeglijk opgestelde hoefijzermagneet. In welk geval zal de stroomvoerende geleider uit het blad naar je toe bewegen als men er plots stroom doorzendt in de aangegeven zin ?



14. Onderstaande tekening geeft het vooraanzicht van een hoefijzermagneet. Tussen de polen bevindt zich een horizontaal opgestelde stroomvoerende geleider. Als de stroom uit het blad naar je toe komt, welke vector geeft dan de krachtwerking van de magneet op deze geleider aan ?



- A. vector 1
- B. vector 2
- C. vector 3
- D. vector 4



15. Volgende tekeningen stellen een elektron ( $e^-$ ) voor dat in een horizontaal vlak met een bepaalde snelheid  $\vec{v}$  beweegt. Dit elektron bevindt zich in een homogeen magnetisch veld aangegeven door de vector  $\vec{B}$  welke zich in een vertikaal vlak bevindt. In welk geval ondervindt dit elektron een horizontale krachtwerking naar links toe ?

