

(Y) VOORWOORD

Dit is de samenvatting fysica ter voorbereiding van de fysicatoetsen en het -examen. Deze module ronden we elektriciteit af met het onderzoek van het **elektrisch potentiaal**. Daarna starten we met magnetisme en elektromagnetische inductie.

(X) INHOUDSTAFEL

Zie volgende pagina.

Inhoudsopgave

6) Elektrisch potentiaal.....	4
6.1) Even opfrissen	4
6.1.1) Arbeid en energie (herhaling 4dejaar)	4
6.1.2) Elektrische velden (herhaling module 2).....	4
6.1.3) SI-eenhedenstelsel	4
en beduidende cijfers	4
6.2) Potentiële E in een elektrisch veld	5
6.3) Het elektrisch potentiaal	5
6.4) Potentiële elektrische energie en potentiaal van een lading Q in een radiaal veld	5
6.4.1) Potentiële elektrische energie	5
6.4.2) Elektrisch potentiaal.....	5
6.4.3) Spanning = potentiaalverschil	6
6.4.4) Equipotentiaaloppervlakken in een radiaal elektrisch veld	6
6.4.5) Potentiaal rond een geladen bolvormige geleider	6
6.5) Spanning en arbeid in een homogeen veld.....	7
6.5.1) Spanning in een homogeen veld	7
6.5.2) Arbeid in een homogeen veld	7
6.6) Overzicht formules hoofdstuk 6	8
6.7) Voorbeeldoefeningen	8
6.7.1) Kennis	8
6.7.2) Inzicht	10
6.7.3) Toepassen.....	11
6.7.4) Vraagstukken oplossen	12
7) Het magnetisch veld.....	15
7.1) Permanente magneten	15
7.1.1) De 8 geboden der permanente magneten.....	15
7.2) Het magnetisch veld (tekenen)	15
7.2.1) De magnetische veldsterkte is een vectoriële grootheid.....	15
7.2.2) Magnetisch veld opgewekt door een rechte geleider	17
7.2.3) Magnetisch veld opgewekt door een cirkelvormige geleider (minder belangrijk)	19
7.2.4) Magnetisch veld opgewekt door een spoel	19
7.3) Oorsprong van het magnetisme.....	23
7.4) Het magnetisch veld van de aarde.....	23
7.5) Toepassingen op magnetisme.....	24
7.5) Overzicht formules hoofdstuk 7	25

7.6) Voorbeeldoefeningen	25
7.6.1) Kennis	25
7.6.2) Inzicht	25
7.6.3) Toepassen.....	25
7.6.4) Vraagstukken oplossen	26

6) Elektrisch potentiaal

*In dit hoofdstuk leren we wat potentiaal is, een nieuwe definitie voor spanning. Maar ook hoe men de potentiële energie uitrekent van een lading én tot slot nog hoe we de elektrische veldsterkte uitrekenen in een homogeen veld. Vooraleer we dat leren, grijpen we terug naar basiskennis. Persoonlijk vind ik, Abdellah, dit de saaiste hoofdstuk, bereid je maar voor op de saaiheid.

6.1) Even opfrissen

6.1.1) Arbeid en energie (herhaling 4dejaar)

*Als een kracht een verplaatsing veroorzaakt (bijvoorbeeld: ik verplaats mijn kast met spierkracht), dan verricht ik **arbeid (W)**. Arbeid drukken we uit in Nm. $1 \text{ Nm} = 1 \text{ J (Joule)}$.

→ De formule voor arbeid is: $W = F \cdot \Delta x$.

--> De arbeid is positief als F en Δx dezelfde zin hebben (ik die mijn kast verplaats).

--> De arbeid is negatief als F en Δx een verschillende zin hebben (wrijvingskracht op m'n kast).

*Een systeem bezit energie (E) als het de mogelijkheid heeft om arbeid te verrichten.

→ Als we in de les chemie zitten (3^{de} verdiep) dan bezitten we allemaal potentiële gravitatie-energie ($E = mgh$), maar als we Alexander uit het raam gooien wordt zijn potentiële energie omgezet naar echte gravitatie-energie. Als we Alex uit het raam gooien is **de grond** het gekozen **referentiepunt**, op dit punt is de arbeid op Alex gelijk aan 0.

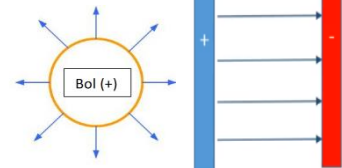
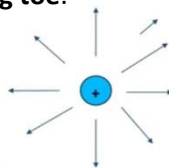
*De hoeveelheid energie in een systeem blijft altijd constant, energie kan niet gemaakt worden noch kan het verloren gaan. Dit noemen we de wet van behoud van energie.

6.1.2) Elektrische velden (herhaling module 2)

*Een elektrische lading kan o.a. een **homogeen veld** of een **radiaal veld** maken (er zijn er meer).

--> Een **homogeen elektrisch veld** wordt opgewekt door **twee geleiders** die evenwijdig van elkaar staan, de elektrische **veldlijnen** zijn evenwijdig en gaan altijd van de **plus-kant naar de min**.

--> Een **radiaal veld** wordt opgewekt door **één puntlading (of bol)**, als de puntlading **positief** is gaan de elektrische veldlijnen **van de lading weg**, is hij **negatief** komen ze **naar de puntlading toe**.



6.1.3) SI-eenhedenstelsel en beduidende cijfers

*Uit samenvatting fysica module 2 halen we:

1.2.1.1) Het SI-eenhedenstelsel

Tx -- / -- / -- Gx -- / -- / Mx -- / -- / kx -- hx -- dax -- x -- dx -- cx -- mx -- / -- / -- μx -- / -- / -- nx -- / -- / -- px
10¹² 10⁹ 10⁶ 10³ 10² 10¹ 10⁰ 10⁻¹ 10⁻² 10⁻³ 10⁻⁶ 10⁻⁹ 10⁻¹²

→ Moeilijke benamingen: T = terra, G = giga, μ = micro, n = nano, p = pico

→ Je kan op dit stelsel aflezen bv.: $1 \text{ Tx} = 10^{12} \text{ x} \Leftrightarrow 1 \text{ x} = 10^{-12} \text{ Tx} \text{ /// } 1 \text{ C} = 10^6 \mu\text{C} \text{ /// ...}$

1.2.1.1) Afronden op beduidende cijfers + wetenschappelijke notatie

*+/-: afronden op het meest onnauwkeurige getal → $10 \text{ m} + 23,38 \text{ m} \approx 33 \text{ m}$ (10 is meest onnauwk.)

*./.: afronden op het getal met de minste BC → $101 \text{ C} \cdot 0,03 \text{ C} = 3,03 \text{ C} \approx 3 \text{ C}$

→ Waarom? 0,03 heeft het minste BC, namelijk 1 BC (nullen ervoor tellen niet als BC, erachter wel!)

*Wetenschappelijke notatie: het aantal nullen dat je hebt weggelaten, schrijf je als een macht van 10

→ $101 \text{ C} \cdot 0,03 \text{ C} = 3,03 \text{ C} \approx 3 \text{ C} = 3 \cdot 10^0 \text{ BC}$

Zes nullen

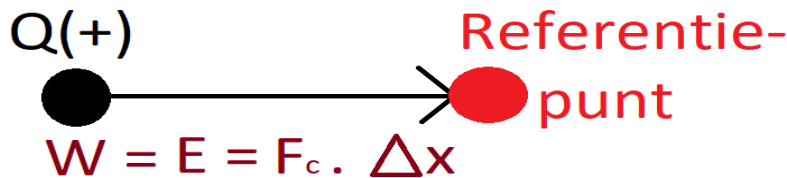
→ $1017384045 \text{ C} : 12 \text{ C} = 84782003,75 \text{ C} = 85000000,00 \text{ C} = 85 \cdot 10^6 \text{ C} = 85 \text{ MC}$ (1 MC = 10^6 C)

Gemaakt door Abdellah, 5WEWA, Atheneum Plus Hasselt

6.2) Potentiële E in een elektrisch veld

*Een lading bezit ook potentiële energie, dit is de energie die een lading kan gebruiken als hij van een punt P naar een gekozen referentiepunt beweegt.

→ In dit geval is de arbeid positief want bij een positieve lading in een radiaal veld is de elektrische veldsterkte naar buiten (zie samenvatting fysica module 2), dus is de verplaatsing in dezelfde zin met de kracht.



6.3) Het elektrisch potentiaal

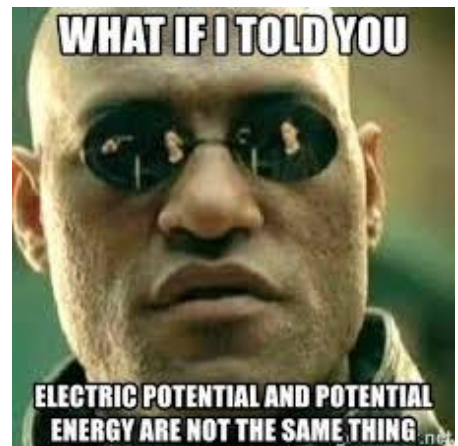
*Zoals de meme hiernaast zegt: potentiële elektrische energie en elektrisch potentiaal zijn niet hetzelfde.

*Het potentiaal V in een punt P is gelijk aan:

$$V = \frac{E_{pot}}{Q} \rightarrow \frac{J}{C} = 1V$$

→ Het potentiaal is dus de potentiële elektrische energie van een lading gedeeld door de grootte van de lading.

--> Potentiaal is een scalaire grootheid.



6.4) Potentiële elektrische energie en potentiaal van een lading Q in een radiaal veld

6.4.1) Potentiële elektrische energie

*Herinnering: een radiaal elektrisch veld wordt opgewekt door één lading.

*De formule om de potentiële elektrische energie te berekenen is:

$$E_{pot} = k \cdot \frac{Q_b \cdot Q_t}{r} \rightarrow \text{Dit is de potentiële energie van een lading } Q_t \text{ op een afstand } r \text{ van } Q_b.$$

→ k is en blijft $8,99 \cdot \frac{10^9 Nm^2}{C}$

→ Niet verwarren met de wet van Coulomb; $F_c = k \cdot \frac{|Q_b| |Q_t|}{r^2}$! De absolute waardes en kwadraat zijn weg. Deze formule is afgeleid uit de wet van Coulomb (met integralen, wiskunde 6dejaar).

6.4.2) Elektrisch potentiaal

*Je kent de basisformule voor elektrisch potentiaal nu: $V = \frac{E_{pot}}{Q}$, je kent ook de formule voor E_{pot} .

$$\rightarrow \text{Dus: } V = \frac{E_{pot}}{Q} \Leftrightarrow V = \frac{k \cdot \frac{Q_b \cdot Q_t}{r}}{Q_t} \Leftrightarrow V = \frac{k \cdot Q_b \cdot Q_t}{r \cdot Q_t} \Leftrightarrow V = k \cdot \frac{Q_b}{r}$$

*Je kent nu dus twee formules om het elektrisch potentiaal uit te rekenen (zie voorbeeldoefeningen voor toepassingen).

Je moet de eenvoudige wiskundige afleiding niet kennen, dit is echter wel handig als je de formule bent vergeten.

6.4.3) Spanning = potentiaalverschil

*Wie zich nog iets herinnert van module 2 ziet dat de formule voor spanning en potentiaalverschil hetzelfde zijn, enkel werken we bij spanning met 2 punten, met potentiaalverschil in één punt.

--> De spanning definiëren we nu dan ook als het potentiaalverschil tussen twee punten:

$$U(\text{spanning}) = V_2 - V_1(\text{potentiaalverschil}) = k \cdot \frac{Q_b}{r_1} - k \cdot \frac{Q_b}{r_2} (\text{formules}) = k \cdot Q_b \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

--> Je moet in staat zijn deze (zeer) eenvoudige wiskundige afleiding te maken wanneer je de spanning of potentiaalverschil moet uitrekenen. Dit is gewoon basis: formule, afzonderen.

*Als de bronlading $Q_b > 0$, dan daalt de potentiaal als de afstand tussen V_1 en V_2 groter wordt.

→ Dit zie je aan de formule: $k \cdot Q_b \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ --> We nemen een positieve Q en 2 afstanden.

$$\rightarrow U(1) = 8,99 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C} \cdot 3C \cdot \left(\frac{1}{5m} - \frac{1}{3m} \right) = 13485000000 V$$

$$\rightarrow U(2) = 8,99 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C} \cdot 3C \cdot \left(\frac{1}{5m} - \frac{1}{1m} \right) = 6742500000 V \text{ (er is één nul minder!)}$$

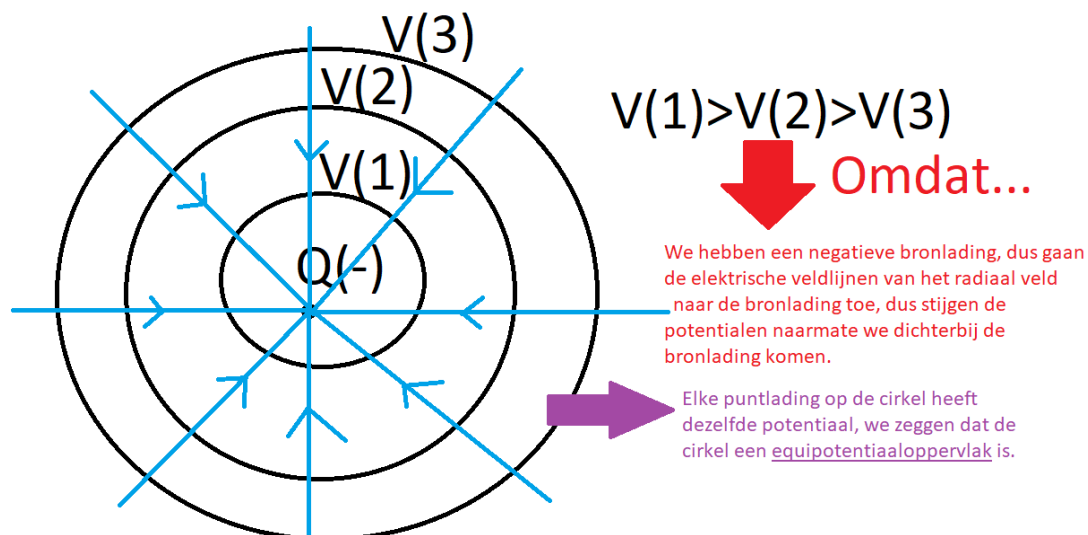
→ Of dit zie je aan je voorkennis: van een positieve bronlading gaan de elektrische veldlijnen weg, de elektrische veldsterkte is afhankelijk van de afstand. Hoe verder de afstand hoe zwakker de veldsterkte en daardoor hoe lager het potentiaal ($E = F/Q$ --> module 2).

*Als de bronlading $Q_b < 0$, dan stijgt het potentiaal als de afstand tussen V_1 en V_2 toeneemt.

→ Ga zelf met de formule na of dat écht zo is, je pakt random getallen zoals ik dat deed daarjuist.

6.4.4) Equipotentiaaloppervlakken in een radiaal elektrisch veld

*Equipotentiaaloppervlakken zijn **concentrische cirkels** rond de bronlading waar de elke puntlading hetzelfde potentiaal heeft.



6.4.5) Potentiaal rond een geladen bolvormige geleider

*In een bolvormige geleider werkt géén kracht op de ladingen, je moet géén arbeid leveren om de ladingen te verplaatsen.

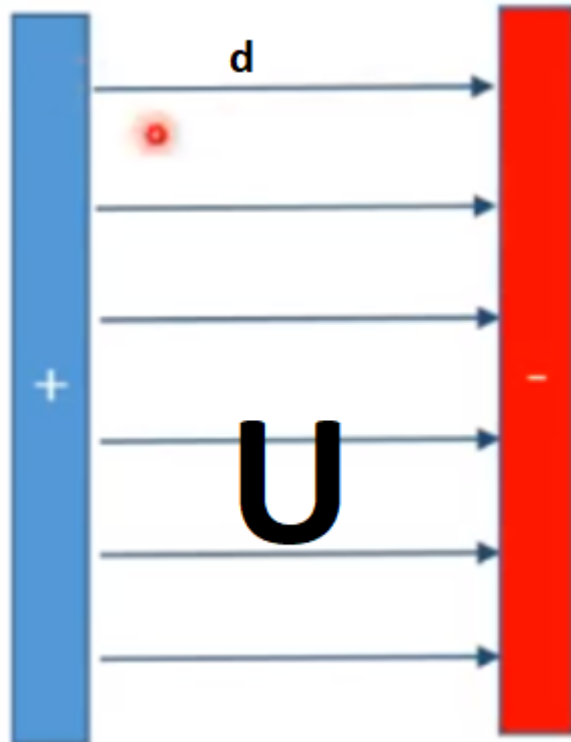
→ Echter is het potentiaal van elke lading in de bol gelijk aan de potentialen op de oppervlakte van de bol.

--> Voor de rest gaat het hetzelfde als puntje 1.4.3 en 1.4.4 voor de V 's en equipotentiaallijnen ...

6.5) Spanning en arbeid in een homogeen veld

*Voorkennis: een homogeen veld is een veld opgewekt door 2 evenwijdige geleiders, de elektrische veldsterkte volgt de conventionele stroomzin, van + naar -.

6.5.1) Spanning in een homogeen veld



*Tussen 2 geleiders van een homogeen veld hangt een spanning (= potentiaalverschil) U .

*De elektrische veldsterkte in een homogeen veld is gedefinieerd als:

$$E = \frac{U \rightarrow V}{d \rightarrow m}$$

→ Hierbij is U de spanning en d de afstand tussen de geleiders. De elektrische veldsterkte kan uitgedrukt worden in N/C maar ook in V/m.

→ Ezelsbruggetjes om te onthouden:

1) (Fr)EUD → $E = U/D$

2) Erik, U are on dick → $E = U/D$

→ Ikzelf verkies de eerste, maar kies zelf maar hoe je het onthoud. ;)

→ Voorbeeldoefening:

--> Opgave: er heerst een elektrische veldsterkte van 5 V/m en een spanning van 193V tussen mijn geleiders. Hoe groot is de afstand tussen beide geleiders?

--> Gegeven: $E = 5 \text{ V/m}$ en $U = 193 \text{ V}$

--> Gevraagd: d

--> Oplossing: $E = \frac{U}{d} \Leftrightarrow d = \frac{U}{E} = \frac{193V}{5V/m} = 38,6m$

6.5.2) Arbeid in een homogeen veld

*In een homogeen veld wordt er ook arbeid verricht, deze is gelijk aan:

$W = Q \cdot U$ --> De totale arbeid op een puntlading is de lading vermenigvuldigd met het potentiaalverschil (spanning).

→ Voorbeeldoefening:

--> Opgave: 1 elektron beweegt naar de minkant van een homogeen veld waartussen een spanning heerst van 1V. Hoe groot is de arbeid uitgedrukt in J van de elektron als je weet dat de lading van een elektron gelijk is aan $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$?

--> Gegeven: $Q = e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $U = 1V$

--> Gevraagd: W

--> Oplossing: $W = Q \cdot U = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ J/C} (! 1V = 1 \text{ J/C}) = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

--> De elektrische energie van een elektron die omgezet is in kinetische energie is $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, dit is de energie die de elektron nodig heeft om van + naar - te bewegen.

→ We noemen die hoeveelheid 1 elektronenvolt (eV): $1\text{eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

*We spreken hier van beweging, dit is kinetische energie want de elektron beweegt.

→ Dus kunnen we stellen: $W = Q \cdot U = E_{kinetisch} = \frac{mv^2}{2}$

*Nieuwe woordenschat: we gaan niet meer spreken van pluskant en minkant van een veld.

→ **Pluskant wordt anode ⇔ minkant wordt kathode**

--> Ezelsbruggetje: KNAP (Kathode Negatief Anode Positief)

→ ! Let op (belangrijk voor ingangsexamenpeople), de kathode is positief maar de kation is negatief, je mag dit ezelsbruggetje niet doortrekken tot ionen !

6.6) Overzicht formules hoofdstuk 6

*We hebben hier véél formules geleerd, we zetten ze op een rijtje vooraleer we gaan oefenen:

FORMULE	TOELICHTING
1) $V = \frac{E}{Q}$	Basisformule elektrisch potentiaal
2) $V = k \cdot \frac{Q}{r}$	Afgeleid van basisformule elektrisch potentiaal
3) $E = k \cdot \frac{Q_b Q_t}{r}$	Formule potentiële energie in een radiaal veld
4) $U = V(1) - V(2) = k \cdot Q_b \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$	Spanning = potentiaalverschil (eenvoudige wiskundige afleiding van formule 2).
5) $E = \frac{U}{d}$ (frEUD – formule)	Elektrische veldsterkte in een homogeen elektrisch veld uitgedrukt in V/m
6) $W = Q \cdot U \rightarrow 1\text{eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	Arbeid in een homogeen elektrisch veld
7) $E(kin) = \frac{mv^2}{2}$	Kinetische energie (= arbeid) in een homogeen elektrisch veld

6.7) Voorbeeldoefeningen

*Tip: probeer de oefeningen eerst zelf vooraleer mijn uitgebreide oplossing te bekijken.

6.7.1) Kennis

*Hier testen we onze kennis en krijg je een beetje inzicht in mijn denkwijze wanneer ik dit soort vragen oplos, hopelijk zal dit je helpen bij kennisvragen op toetsen/examens.

*Oefening 1: omschrijf de volgende uitspraken.

a) De potentiaal in een punt P van een elektrisch veld is gelijk aan 25 V (Volt).

--> Je moet terugkijken naar de basisformule (formule 1), een potentiaal van 25 V betekent dat er op één coulomb (C) lading op dat punt 25 J energie bevat.

*Oefening 2: juist of fout (Fagard is bekend om haar vele juist of fout vragen)

a) Een lading die zich in een elektrisch veld bevindt, bezit potentiële energie.

--> **Juist**, net zoals een persoon (bv. Alexander) potentiële gravitatie-energie bezit in een zwaarteveld (zie begin samenvatting) bezit een lading potentiële elektrische energie in een elektrisch veld.

b) De potentiële energie van een lading in een punt van een elektrisch veld hangt enkel af van de bronlading en de afstand tot de bronlading.

--> **Fout**, als je terugkijkt naar formule 3 zie je dat het ook afhangt van de testlading Q_t !

$$\rightarrow E = k \cdot \frac{Q_b Q_t}{r}$$

c) De potentiaal in een punt van een elektrisch veld is altijd positief.

--> **Fout**, dit kan je zien aan de basis- en/of afgeleide formule. We bekijken de basisformule van het elektrisch potentiaal: $V = \frac{E}{Q}$, zie jij hier ergens absolute waarden? Nee? Ik ook niet. Dus, we kunnen besluiten dat het elektrisch potentiaal ook negatief kan zijn als E of Q negatief is.

d) De spanning tussen twee punten in het elektrisch veld is altijd positief.

--> **Fout**, we hebben de spanning gedefinieerd als het potentiaalverschil tussen twee punten. In de vorige opgave hebben we ontdekt dat het elektrisch potentiaal ook negatief kan zijn. Dus kan de spanning ook negatief zijn (want: géén absolute waarde).

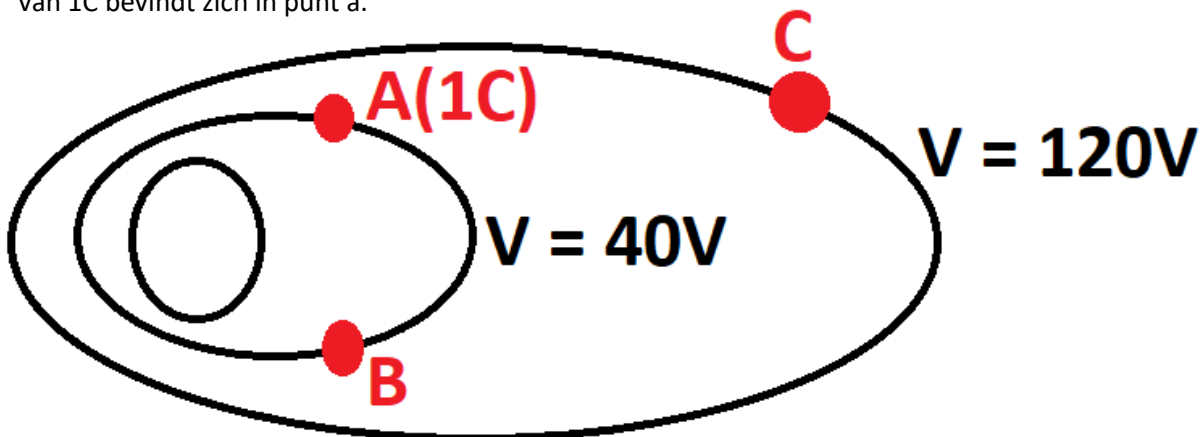
e) Om een lading te verplaatsen langs een equipotentiaaloppervlak is géén kracht nodig.

--> **Fout**, er is géén arbeid nodig, wel een kracht, namelijk de Coulombkracht.

*Oefening 3: Een testlading bevindt zich in een punt van een elektrisch veld met een **positieve bronlading**. De testlading wordt **verder verwijderd** van de bronlading. Hoe is de potentiële elektrische energie van de testlading veranderd? Argumenteer.

→ Zoals we hebben gezien in module 2 en hebben herhaald in deze samenvatting lopen de elektrische veldlijnen rond een positief radiaal veld weg van de bronlading. Hoe verder we zitten van de bronlading hoe lager de veldsterkte is. Omdat de veldsterkte lager is verlaagd de potentiële elektrische energie dus ook. De potentiële energie verlaagt.

*Oefening 4: De figuur toont de equipotentiaallijnen van een bepaald elektrisch veld. Een lading Q van 1C bevindt zich in punt a.



→ a) Bereken de arbeid om het punt van A naar B te verplaatsen.

→ **A en B bevinden zich op een equipotentiaaloppervlak, de totale arbeid die nodig is, is dus gelijk aan 0J.**

→ b) Bereken de arbeid om het punt van A naar C te verplaatsen.

→ We passen de formule $W = Q \cdot U$ toe omdat we een lading en potentiaalverschil hebben.

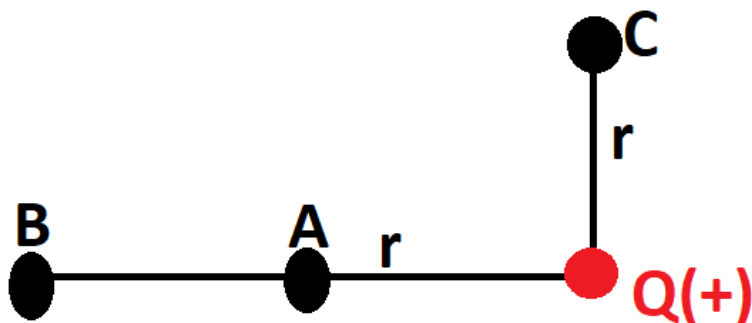
$$\rightarrow U = V_1 - V_2 = 40V - 120V = -80V$$

$$\rightarrow W = Q \cdot U = 1C \cdot (-80V) = -80J$$

→ Herinner jezelf: als de arbeid negatief is zijn de kracht en de verplaatsing tegengesteld, dus dan weet je dat als A zich naar C verplaatst de kracht de andere richting uitwijst en A dus eigenlijk wordt aangetrokken. Aangezien A positief is kunnen we zeggen dat de bronlading negatief is (want negatieve ladingen trekken elkaar aan!).

6.7.2) Inzicht

*Oefening 7: Een positieve lading Q bevindt zich zoals aangegeven op de figuur



→ a) Hoe verandert E_{pot} van een testlading bij het verplaatsen van het punt A naar het punt B?

--> We zitten in een positief radiaal veld dus de potentiële elektrische energie zal verlagen omdat de veldsterkte verlaagd. Je kan ook redeneren: $E = k \cdot \frac{Q_b Q_t}{r}$, dus kunnen we uit de formule afleiden dat $E \sim \frac{1}{r}$ wat betekent dat als r verhoogd E zal verlagen wat hier het geval is.

--> Maar met hoeveel verlaagd E? We hebben nu niet meer r maar 2r. Dus we vullen het in in de formule: $E = k \cdot \frac{Q_b Q_t}{2r}$ → Het totaal zal dus verkleinen met een factor 2.

→ b) Een puntlading Q' verplaatst van A naar C, hoeveel arbeid wordt daarbij verricht.

--> Dit is een beetje een instinker, A en C hebben dezelfde straal (r) dus ze liggen beide op dezelfde cirkel die dus een equipotentiaaloppervlak vormt. De arbeid is dus gelijk aan 0.

*Oefening 8: In de omgeving van een lading Q is de potentiaal in een punt A gelijk aan 50V. **Op dezelfde afstand van A** plaatsen we eenzelfde lading Q' .

→ a) Wat is de nieuwe potentiaal in het punt A.

--> **r verhoogt met een factor 2**, dus zal V met factor 2 verlagen, want: $V = k \cdot \frac{Q}{r}$, dus 25V.

*Oefening 9: Een positieve testlading bevindt zich in het radiale veld van een positieve bronlading. De lading kan verplaatst worden van een punt P_1 (dichtbij bron) naar een punt P_2 (verder weg).

--> Hou in je achterhoofd: positieve bronlading, positieve testlading.

→ a) In welke situatie wordt er positieve arbeid geleverd op de testlading.

--> Als de testlading van P_1 naar P_2 gaat aangezien de bronlading positief is en de testlading dus zal afstoten. Als de testlading dus naar P_2 gaat dan hebben F en Δx dezelfde zin.

--> Aangezien $W = Q \cdot U$ geldt $U = W/Q$, U hangt dus af van de arbeid en de lading, aangezien de testlading en arbeid positief zijn is U positief.

→ b) In welke situatie wordt er negatieve arbeid geleverd op de testlading?

--> Aangezien de testlading wordt afgestoten wordt er negatieve arbeid geleverd wanneer het naar P_1 gaat aangezien het door de bron wordt afgestoten. F en Δx hebben tegengestelde zin.

--> $U = W/Q$ geldt, aangezien W = negatief zal U negatief zijn.

→ c) In welke situatie wordt er geen arbeid geleverd?

--> Als de testlading als een cirkel rond de bronlading beweegt, aangezien een cirkel rond de bronlading mag gezien worden als een equipotentiaaloppervlak.

--> $U = W/Q \Rightarrow$ Aangezien W = 0 is U = 0.

6.7.3) Toepassen

*Oefening 10: Om een lading van 20 mC te in een elektrisch veld te verplaatsen tussen twee punten is een arbeid van 8,0 J nodig. Bereken het potentiaalverschil tussen de twee punten.

→ Gegeven: $Q = 20 \text{ mC} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ C}$, $W = 8,0 \text{ J}$

→ Gevraagd: U

→ Oplossing: $W = Q \cdot U \Leftrightarrow U = \frac{W}{Q} = \frac{8,0 \text{ J}}{20 \cdot 10^{-3} \text{ C}} = 4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{J}}{\text{C}} (\text{V})$

*Oefening 11: We verplaatsen een lading van 6 mC van een punt met een potentiaal van 40 V naar een punt met een potentiaal van 100 V. Hoeveel arbeid wordt er verricht door de elektr. kracht?

→ Gegeven: $Q = 6 \text{ mC} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ C}$, $V_1 = 40 \text{ V}$, $V_2 = 100 \text{ V}$

→ Gevraagd: W

→ Oplossing: $W = Q \cdot U$

$\Leftrightarrow W = Q \cdot (V_1 - V_2)$ (niet vergeten: de spanning is het potentiaalverschil!)

$\Leftrightarrow W = 6 \cdot 10^{-3} \text{ C} \cdot (40 \text{ V} - 100 \text{ V})$

$\Leftrightarrow W = 6 \cdot 10^{-3} \text{ C} \cdot (-60 \text{ V})$

$\Leftrightarrow W = -360 \cdot 10^{-3} \text{ J} = -0,36 \text{ J}$

*Oefening 12: Een lading van 50 mC bevindt zich op een punt waar de potentiaal gelijk is aan 300V. Hoe groot is de potentiële elektrische energie van de lading in dat punt?

→ Gegeven: $Q = 50 \cdot 10^{-3} \text{ C}$, $V = 300 \text{ V}$

→ Gevraagd: E_{pot}

→ Oplossing: Ik snap dat je verleid gaat worden om direct te grijpen naar de formule van E_{pot} , dus deze formule $\rightarrow E = k \cdot \frac{Q_b Q_t}{r}$, maar als je goed kijkt hebben we géén twee ladingen noch een afstand gegeven. We moeten dus op zoek gaan naar een andere formule.

\rightarrow We vinden dat: $V = \frac{E}{Q}$ perfect past omdat we een V en een Q hebben gegeven.

\rightarrow Dus: $V = \frac{E}{Q} \Leftrightarrow E = V \cdot Q = 50 \cdot 10^{-3} \text{ C} \cdot 300 \text{ V} = 15000 \cdot 10^{-3} \text{ J} = 15 \text{ J}$

*Oefening 13: Een elektron doorloopt een spanningsverschil van 50V tussen twee verticale platen. Bereken de arbeid die op het elektron wordt verricht en de eindsnelheid als je weet dat de lading van een elektron gelijk is aan $-1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ en de massa van een elektron $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ is.

→ Gegeven: $U = 50 \text{ V}$, $Q = e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

→ Gevraagd: W , v_e

→ Oplossing: (a) $W = Q \cdot U = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 50 \text{ V} = 8 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ (letterlijk invullen)

(b) $W = E_k = \frac{mv^2}{2}$, we kennen m en we kennen E (aangezien $W = E$, energie en arbeid zijn equivalent!), dus kunnen we v berekenen. We beginnen met afzonderen.

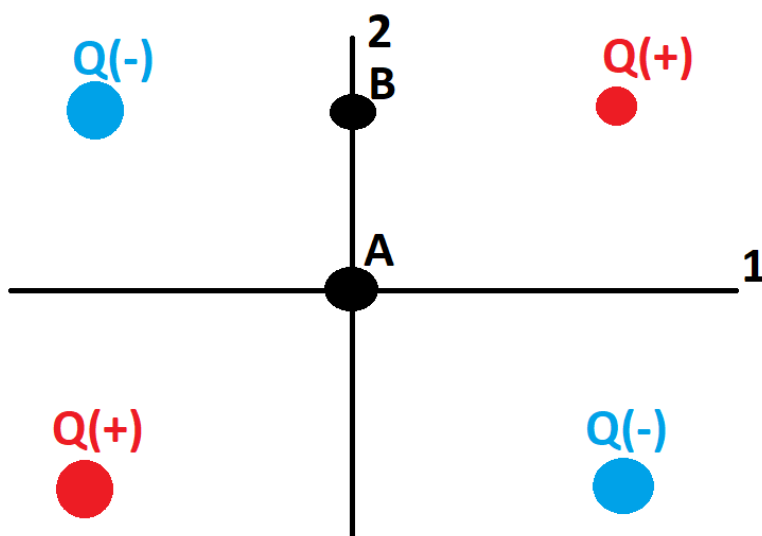
$$\rightarrow \frac{E_k}{v^2} = \frac{m}{2} \Leftrightarrow \frac{1}{v^2} = \frac{m}{2E} \Leftrightarrow v^2 = \frac{2E}{m} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

$$\rightarrow \text{Nu kunnen we invullen: } v = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-18} \text{ J}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 4190837,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4,2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

→ Bij de kinetische energie is het noodzakelijk dat je antwoord in de juiste SI-eenheden staan zodat je een antwoord in m/s uitkomt bij snelheid!

*Oefening 16: Vier even grote ladingen bevinden zich op de hoekpunten van een vierkant. Op de figuur zijn de punten A en B en de lijnen 1 en 2 aangegeven.

Op welke plaats(en) is de elektrische veldsterkte nul? Op welke is het elektrisch potentiaal nul.



a) De elektrische veldsterkte is een vectoriële grootheid, als je de vectoren tekent (bij + van + weg en bij – naar – toe) dan zal je zien dat ze elkaar opheffen enkel in het punt A. Punt B zal een kleine invloed hebben van de onderste 2 punten.

b) Potentiaal is een scalaire grootheid, alleen de grootte en het teken zijn van belang. Aangezien de tekens even groot maar tegengesteld zijn en de afstanden telkens even groot zijn, zullen ze elkaar opheffen. Het is dus nul op elk punt op lijnen 1 en 2.

*Oefening 17 (fysica-olympiade): Een deeltje A heeft een massa m_A en een lading Q_A . Een deeltje B heeft een massa m_B en een lading Q_B . De twee deeltjes worden vanuit rust versneld in eenzelfde potentiaalverschil. Opdat ze op elke plaats dezelfde kinetische energie zouden hebben, moet:

a) $m_A = m_B$

b) $Q_A = Q_B$

c) $Q_A^2/m_A = Q_B^2/m_B$

d) Ze kunnen nooit dezelfde kinetische energie hebben.

→ Oplossing: bij ingangsexamen of olympiadevragen moet je snel en efficiënt nadenken.

Je leest kinetische energie en potentiaalverschil. We hebben in dit hoofdstuk geleerd...

$$W = Q \cdot \mathcal{U} = E_k = \frac{mv^2}{2}$$

→ De potentiaalverschil is constant dus kunnen we schrappen.

➔ Om dezelfde arbeid te hebben moeten ze dus dezelfde lading hebben. Omdat arbeid gelijk is aan energie is dit juist. Dus antwoord b = OK. Je moet niet eens naar de formule van kinetische energie kijken omdat W hieraan gelijk is (dit is een beetje een omleiding die ze geven om mensen op 't verkeerde pad te leiden).

6.7.4) Vraagstukken oplossen

*Oefening 29: Een elektron bevindt zich op een bepaald ogenblik in punt P_1 van een elektrisch veld. De potentiaal in het punt bedraagt 220V.

a) Bereken de potentiële elektrische energie die het elektron bezit.

b) Even later bevindt het elektron zich in een punt P_2 . Tijdens de verplaatsing van P_1 naar P_2 heeft de elektrische kracht een arbeid van $+9,15 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ verricht op het elektron. Bereken het potentiaal in P_2 .

→ GEGEVEN: $V = 220\text{V}$, $Q = e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

→ GEVRAAGD: E_{pot} , V_{P2}

→ OPLOSSING: $V = \frac{E}{Q} \Leftrightarrow E = V \cdot Q = 220 \text{ V} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 3,52 \cdot 10^{-17} \text{ J}$

→ Dit is letterlijk gewoon de juiste formule zoeken en die dan invullen.

$$W = Q \cdot U \Leftrightarrow U = \frac{W}{Q} \Leftrightarrow U = \frac{9,15 \cdot 10^{-17} \text{ J}}{-1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = -572 \text{ V}$$

→ $U = V(1) - V(2) = -572 \text{ V}$ (de spanning = het potentiaalverschil)

$$\Leftrightarrow \text{dus: } V(1) - V(2) = -572 \text{ V} \Leftrightarrow -V(2) = -572 \text{ V} - 220 \text{ V} \Leftrightarrow$$

$$V(2) = 572 \text{ V} + 220 \text{ V} = 792 \text{ V}$$

*Oefening 30 (aangepast): Abdellah is buiten aan het joggen als pauze van het samenvatten tot er opeens bliksem uitbreekt 150m van Abdellah met een lading van 12,5C. Abdellah is zijn fysica vergeten dus gaat hij onder een boom met gespreide benen van 20cm staan. Hoeveel spanning gaat er door Abdellah in deze toestand? Gaat Abdellah dood? Zo ja, hoe zou Abdellah de bliksem kunnen hebben overleefd?

→ GEGEVEN: $r_1 = 150 \text{ m}$ (bliksem 150m van me weg!), $r_2 = 150,2 \text{ m}$ (m'n benen zijn 20 cm gespreid!), $Q = 12,5 \text{ C}$

→ GEVRAAGD: U, leeft Abdellah nog?

→ OPLOSSING: $V_1 = k \cdot \frac{Q_b}{r_1} = 8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{12,5 \text{ C}}{150 \text{ m}} = 749166666,7 \frac{\text{Nm}}{\text{C}} \left(\frac{\text{J}}{\text{C}} \right) (V)$

$$V_2 = k \cdot \frac{Q_b}{r_1} = 8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{12,5 \text{ C}}{150,2 \text{ m}} = 748169107,9 \frac{\text{Nm}}{\text{C}} \left(\frac{\text{J}}{\text{C}} \right) (V)$$

→ We hebben in dit hoofdstuk de spanning gedefinieerd als het potentiaalverschil:

$$U = V_1 - V_2 = 749166666,7 \text{ V} - 748169107,9 \text{ V} = 997558,8 \text{ V}$$

$$= 1\,000\,000 \text{ V} = 10^6 \text{ V} = 1 \text{ miljoen volt}$$

→ Abdellah zal jammer genoeg sterven dankzij deze dodelijke spanning.

→ Hoe had Abdellah de bliksem kunnen hebben overleefd?

→ Door het potentiaalverschil zo klein mogelijk te maken, Abdellah had zijn voeten zo kort mogelijk bij elkaar moeten houden, stel hij probeerde dat en hield ze zo kort bij elkaar zodat ze maar 1cm gespreid waren.

$$V_1 = k \cdot \frac{Q_b}{r_1} = 8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{12,5 \text{ C}}{150 \text{ m}} = 749166666,7 \frac{\text{Nm}}{\text{C}} \left(\frac{\text{J}}{\text{C}} \right) (V)$$

$$V_2 = k \cdot \frac{Q_b}{r_1} = 8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{12,5 \text{ C}}{150,01 \text{ m}} = 74916275,6 \frac{\text{Nm}}{\text{C}} \left(\frac{\text{J}}{\text{C}} \right) (V)$$

$$\rightarrow U = V_1 - V_2 = 749166666,7 \text{ V} - 74916275,6 \text{ V} = 49941 \text{ V}$$

→ 50 000 volt is al héél wat minder maar nog steeds veel, maar beter!

*Oefening 31: In een televisietoestel doorlopen elektronen vanuit rust een spanning met een grootte van 30kV vooraleer ze op het tv-scherm botsen. Bereken de snelheid waarmee de elektronen tegen het scherm botsen als je weet dat de massa van een elektron gelijk is aan $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ en de lading van een elektron gelijk is aan $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

→ GEGEVEN: $U = 30 \text{ kV} = 30 \cdot 10^3 \text{ V}$, $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

→ GEVRAAGD: v

→ Oplossing: $W = Q \cdot U = 30 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot (1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}) = 4,8 \cdot 10^{-21} \text{ J}$

$$W = E = 4,8 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

(arbeid = energie)

$$\rightarrow E_{kin} = \frac{mv^2}{2} \Leftrightarrow \frac{E}{v^2} = \frac{m}{2} \Leftrightarrow \frac{1}{v^2} = \frac{m}{2E} \Leftrightarrow v^2 = \frac{2E}{m} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

$$\rightarrow \text{Invullen: } v = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,8 \cdot 10^{-21} \text{ J}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 102\,654 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

→ Let op: SI-eenheden gebruiken! J voor energie en kg voor massa! Je moet altijd maar dan ook altijd juiste SI-eenheden gebruiken, niet enkel hier!

Opmerking bij oefening 30: Als je ooit in een situatie zit in bliksem en je hebt geen auto (auto = kooi van Faraday) of huis om in te schuilen, maak jezelf dan zo klein mogelijk en zet je voeten zo dichtbij elkaar zodat er géén grote spanning wordt opgewekt in je lichaam, het is van levensbelang dat je deze tip opvolgt in zo'n situatie (je weet maar nooit). Schuil ook nooit onder bomen, die trekken de bliksem aan (als de bliksem op een boom valt waaronder je schuilt verlaagt r waardoor V verhoogd en het potentiaalverschil verhoogt!).

7) Het magnetisch veld

*Magneten was het speelgoed van Einstein, magnetisme was (écht) het eerste fysische probleem dat zijn aandacht trok. Ik hoop dat jij even enthousiast als baby-Einstein deze samenvatting zal lezen.

7.1) Permanente magneten

*Permanente magneten noemen we ook wel magneten, want aahja, ze zijn permanent magnetisch.

7.1.1) De 8 geboden der permanente magneten

*Permanente magneten hebben 8 eigenschappen (geboden), je moet ze alle 8 kennen.

- (1) Magneten trekken andere magnetische stoffen aan. Niet-magnetische stoffen trekken ze niet aan.
→ Voorbeeld van magnetische stoffen: ijzer, nikkel ⇔ niet-magnetisch: koper
- (2) De magnetische kracht is een veldkracht: het werkt op afstand.
→ Dit betekent dat de magneet en de metalen (magnetische) stof elkaar niet hoeven te raken.
- (3) Magneten hebben twee polen: de noordpool (N) en de zuidpool (Z)
→ Eén uiteinde van de magneet zal dus altijd naar de magnetische noordpool wijzen.
- (4) Magneten oefenen op elkaar een kracht uit: gelijknamige polen stoten elkaar af (N – N of Z – Z) en tegengestelde polen trekken elkaar aan (N – Z of Z – N).
- (5) De kracht van een magneet is sterker aan de polen dan in het midden.

F zwakker



- (6) De magnetische kracht wordt afgeschermd door andere magnetische stoffen (bv. ijzer)
- (7) Als je een magneet in tweeën breekt, krijg je géén afzonderlijke noord- en zuidpool, je krijg 2 nieuwe magneten met een noord- en zuidpool. Noord- en zuidpolen kan je dus nooit afzonderen.
- (8) Als je een ijzeren paperclip aan een magneet hangt, dan wordt het aangetrokken. De paperclip krijgt zelf (tijdelijke) magnetische eigenschappen en kan zélf nu een andere niet-magnetische ijzeren paperclip aantrekken etc... Het proces waarbij iets wat géén magneet was zelf een magneet wordt noemen we **magnetische influentie**.

7.2) Het magnetisch veld (tekenen)

*Definitie: aanwezigheid magneet --> ruimte krijgt magnetische eigenschappen.

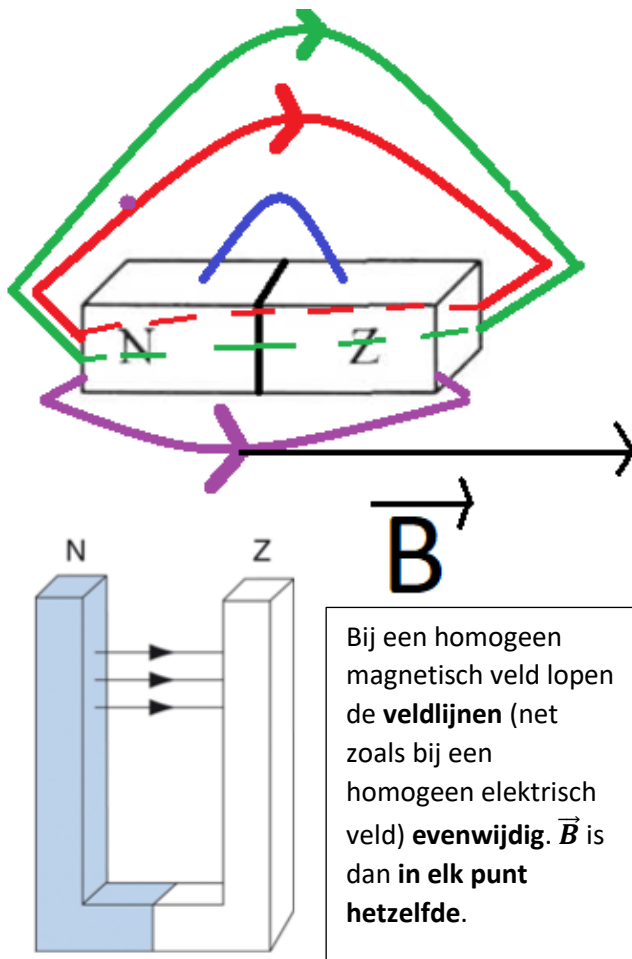
→ Een magneet creëert dus in de ruimte een magnetisch veld. Dit kan je aantonen met een kompas.

7.2.1) De magnetische veldsterkte is een vectoriële grootheid

*Net zoals de elektrische veldsterkte bestaat er ook een magnetische veldsterkte. Deze is een vectoriële grootheid, het heeft dus een richting, een zin, een grootte en een aangrijpingspunt.

7.2.1.1) Het magnetisch veld tekenen: afspraken in 2D

*Voorbeeld tekening magnetische veldsterkte:



Afspraken bij het tekenen:

1) Teken aan polen/uiteinden

--> Aan de polen is de magnetische kracht het sterkste, daar is de veldsterkte ook het sterkste. Dus we tekenen de veldlijnen daar dicht bij elkaar.

-->--> Aan de uiteinden is de veldsterkte zwakker, dus tekenen we die verder van elkaar.

2) Zin van het magnetisch veld

--> Het magnetisch veld gaat altijd van noord naar zuid.

-->--> De veldsterkte loopt door in de magneet aangezien de veldsterkte wordt veroorzaakt door magnetische atomen.

3) Magnetische veldsterktevector

*Net zoals bij het elektrisch veld is representeert de raakpunt aan elke lijn één magnetische veldsterktevector.

Veldlijnen mogen elkaar niet snijden, je kan géén 2 magnetische veldsterktevectoren hebben in één punt

4) Opmerking

*Magnetische veldlijnen moet je in 3D interpreteren.

7.2.1.2) Het magnetisch veld tekenen: afspraken in 3D

*We moeten het driedimensionaal karakter van het magnetisch veld kunnen voorstellen in 2D, om te voorkomen dat we in 3D moeten tekenen hebben fysici volgende afspraken gemaakt:



Magnetische veldlijn gaat loodrecht **in** het blad van deze samenvatting



Magnetische veldlijn komt loodrecht **uit** het blad van deze samenvatting

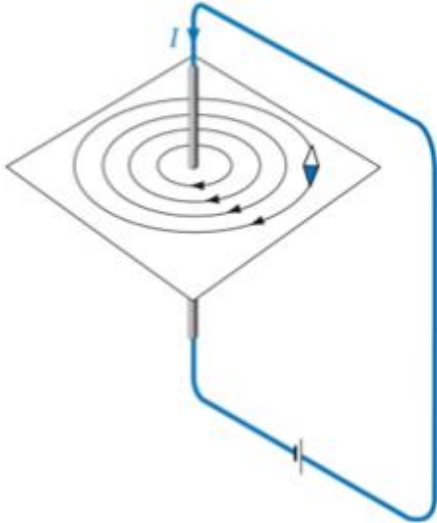
Een kruisje betekent dus dat een veldsterktevector loodrecht uit het blad komt. Bij een bolletje gaat hij loodrecht in het blad.

We tekenen meestal meerdere kruisjes/bolletjes, hoe dicht ze bij elkaar gaan hoe groter de veldsterkte. Als ze even ver van elkaar staan is het magnetisch veld homogeen.

7.2.2) Magnetisch veld opgewekt door een rechte geleider

*Er bestaat een verband tussen elektriciteit en magnetisme, een magnetisch veld kan opgewekt worden door een rechte geleider of spoel (zien we later). We gaan in dit onderdeel ook zéér veel onze rechterhanden moeten gebruiken.

7.2.2.1) Zin van het magnetisch veld bepalen: eerste rechterhandregel



Je hoort nog te weten van module 2 dat de conventionele stroomzin van + naar - loopt

Neem je eenderwelke vlak loodrecht op de rechte geleider vindt je daar een magnetisch veld.

→ Dit veld zijn concentrische cirkels rond de geleider. Hoe weet je de zin van het magnetisch veld eigenlijk?

→→ Nu komt je rechterhand in het spel, in wat volgt leg ik de eerste rechterhandregel uit.

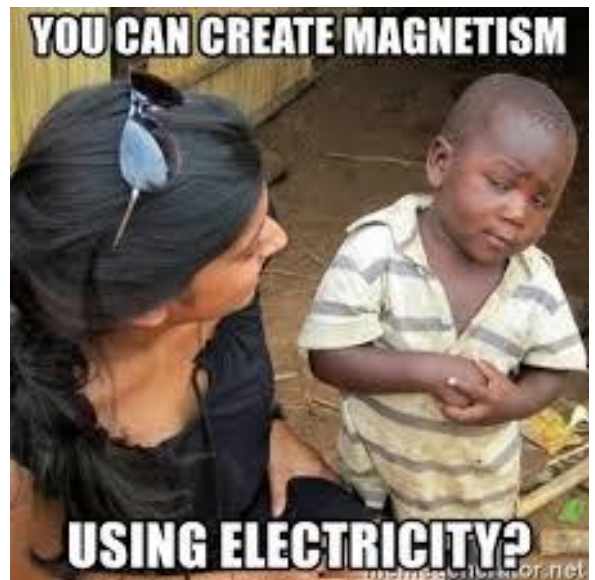
*Eerste rechterhandregel:

→ Voorbeeld: afbeelding hierboven

--> STAP 1: Bepaal de (conventionele) stroomzin en teken ze.

--> Hierboven staat ze getekend, de stroomzin gaat altijd van de anode (+) naar de kathode (-)

--> STAP 2: Zet de duim van je rechterhand in de richting van de stroomzin (zie foto).



--> STAP 3: Je gekromde vingers geven nu de stroomzin aan (zie foto):



--> Nu heb je juist de stroomzin van het magnetisch veld bepaald! Als de stroomzin omgekeerd was hield je je duim anders en zag je zelf dat de stroomzin omkeerde. Als je rechte geleider schuin loopt, hou je je duim nog steeds in de richting van de stroomzin maar dan schuin natuurlijk.

7.2.2.2) Grootte van de magnetische veldsterkte opgewekt door een rechte geleider

*Experimenteel bepaalt men: $|B| \sim I$, $|B| \sim \frac{1}{r}$ en er is een constante μ die de veldsterkte bepaalt.

→ Daaruit volgt de formule: $|B| = \mu \cdot \frac{I}{2\pi r}$

→ μ is hierbij de permeabiliteit van de stof (constante die altijd gegeven is) uitgedrukt in $\frac{Tm}{A}$.

--> $\mu = \mu_0$ voor vacuüm en dit is gelijk aan $1,26 \cdot 10^{-6} \frac{Tm}{A}$

→ r is hierbij de afstand tot de rechte geleider uitgedrukt in m.

→ I is hierbij de stroomsterkte uitgedrukt in A.

→ Na vereenvoudigen zie je dat we de grootte B uitdrukken in T, dit is Tesla. 1 T is een grote waarde, daarom werken we eerder met mini- en microtesla.

*Voorbeeldoefening: Bereken de stroomsterkte door mijn rechte geleider als je weet dat de magnetische veldsterkte in een punt erlangs $5 \mu T$ bedraagt en de afstand tot de punt (= r) 4 cm bedraagt (herinner jezelf van daarjuist: de magnetische veldsterkte door een rechte geleider

zijn concentrische cirkels errond). Je krijgt ook dat $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{Tm}{A}$

→ Gegeven: $|B| = 5 \mu T = 5 \cdot 10^{-6} T$

$$r = 4cm = 4 \cdot 10^{-2} m$$

Gevraagd: I

Oplossing: $|B| = \mu \cdot \frac{I}{2\pi r} \Leftrightarrow \frac{B}{I} = \mu \cdot \frac{1}{2\pi r}$ (ik begin met I af te zonderen stap per stap)

$$\Leftrightarrow \frac{1}{I} = \mu \cdot \frac{1}{2\pi r B} \text{ (B naar de andere kant brengen)}$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{1}{\mu} \cdot 2\pi r B \text{ (I is volledig afgezonderd, nu kunnen we invullen)}$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{1}{1,26 \cdot 10^{-6} \frac{Tm}{A}} \cdot 2\pi \cdot 4 \cdot 10^{-2} m \cdot 5 \cdot 10^{-6} T$$

$$\Leftrightarrow I = 0,99 A = 1 A$$

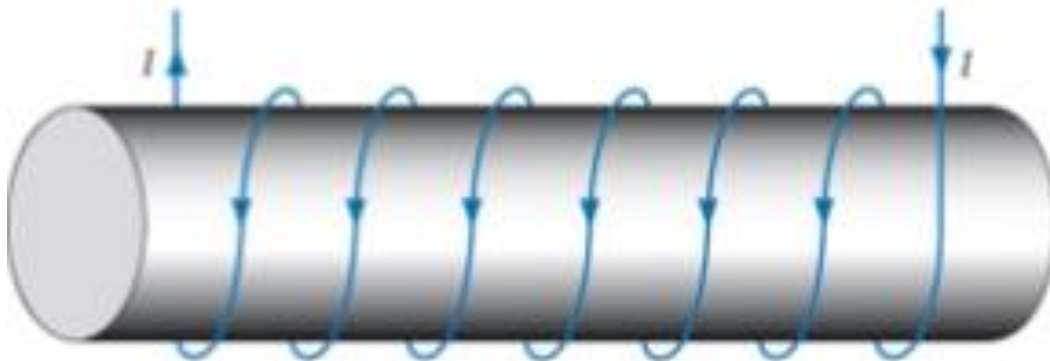
→ Er gaat dus een stroomsterkte van 1A door mijn geleider.

7.2.3) Magnetisch veld opgewekt door een cirkelvormige geleider (minder belangrijk)

*Een cirkelvormige geleider mag je zien als meerdere (oneindig) aantal rechte geleiders, de eerste rechterhandregel blijft hier gelden om de zin van de veldsterkte te bepalen.

7.2.4) Magnetisch veld opgewekt door een spoel

*Als je een rechte geleider rond een cilinder wikkelt, dan verkrijg je een spoel. Dit mag je zien als meerdere cirkelvormige geleiders. Je verkrijgt dan iets zoals de foto hieronder.



→ Deze spoel heeft een eigen noord- en zuidpool en zal net zoals een staafmagneet (zie 7.2.1.1) een magnetisch veld opwekken, maar waar ligt die noord- en zuidpool?

→ De noord- en zuidpool bepaal je met de tweede rechterhandregel.

7.2.4.1) Tweede rechterhandregel om de polen te bepalen bij een spoel

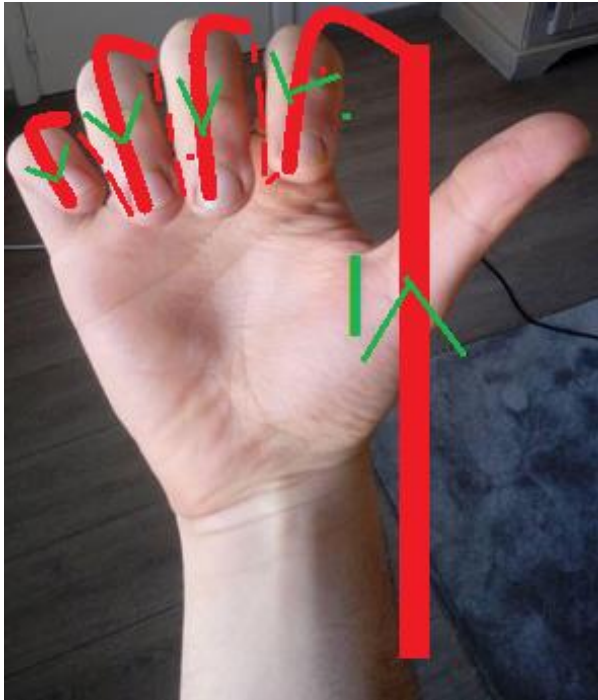
***Tweede rechterhandregel:**

→ Voorbeeld: afbeelding hierboven.

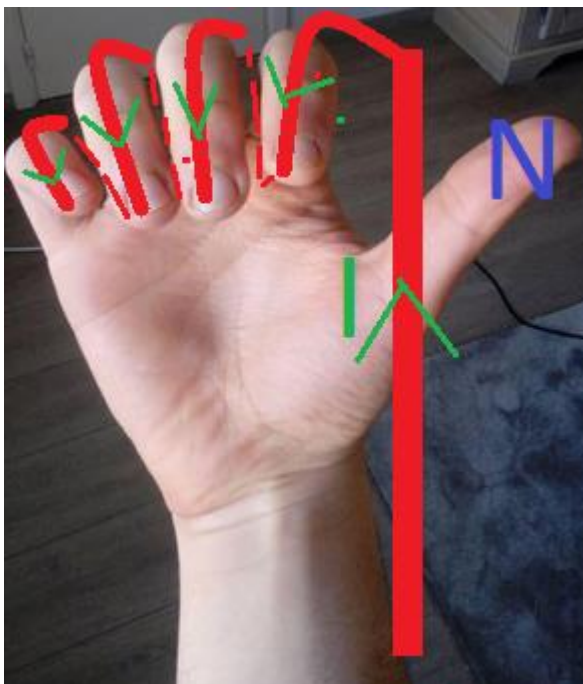
--> STAP 1: Bepaal de (conventionele) stroomzin indien die niet is gegeven.

--> Hierboven is ze al gegeven omdat we geen batterij hebben, maar als je ze niet gegeven hebt (én er dus een batterij bij staat) moet je weten dat de stroomzin van + naar – gaat!

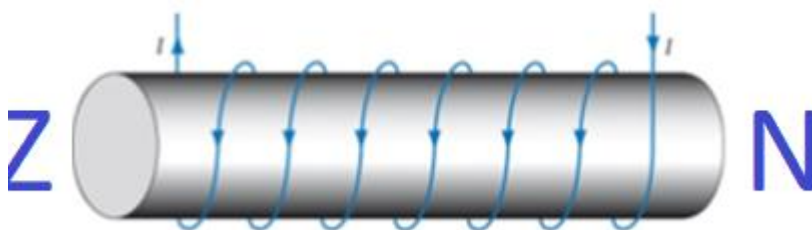
--> STAP 2: Plaats je vingers (buiten je duim) gekromd ('rond de spoel') zodat ze de stroomzin volgen. Zie foto van mijn hand hieronder. Strek je duim.



--> STAP 3: Je uitgestrekte duim geeft nu de noordpool van de spoel aan. De andere kant is dus, je raadt het al... de zuidpool

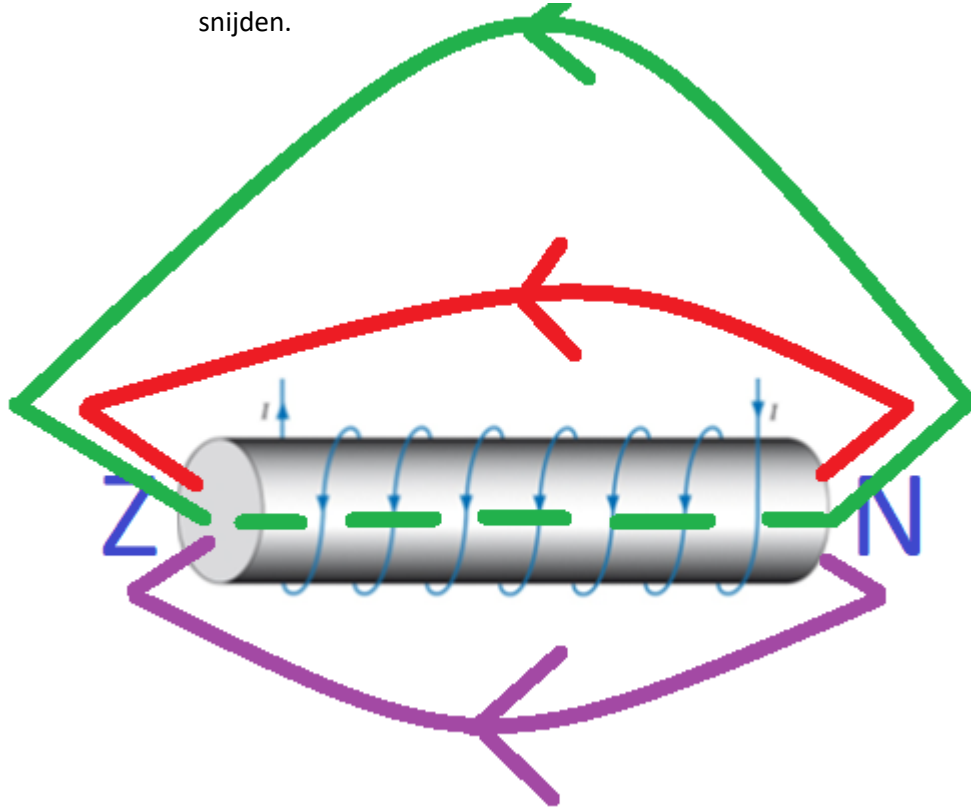


--> STAP 4: We tekenen de noord- en zuidpool op onze spoel.

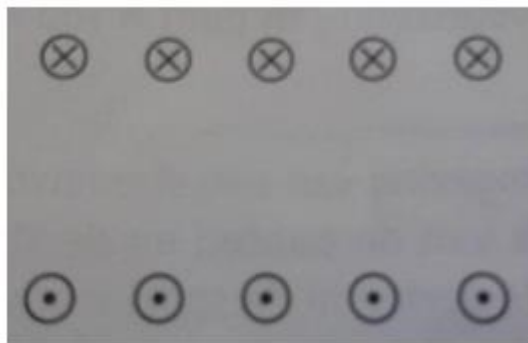


--> STAP 5: We tekenen de veldlijnen rond de spoel naar analogie met de afspraken die we hebben geleerd in puntje 7.2.1.1.

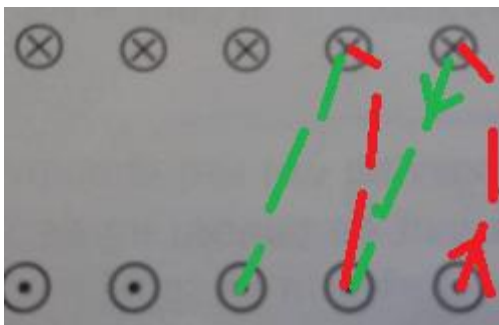
--> Quickie herhaling: We tekenen veldlijnen aan polen dichtbij elkaar want de veldsterkte is daar groter, de veldlijnen gaan door in de spoel (net zoals in de magneet) en de zin is altijd van noord naar zuid. Veldlijnen mogen elkaar nooit snijden.



***Rechterhandregel bepalen wanneer de spoel in 3D is getekent (oefening 8 cursus):**

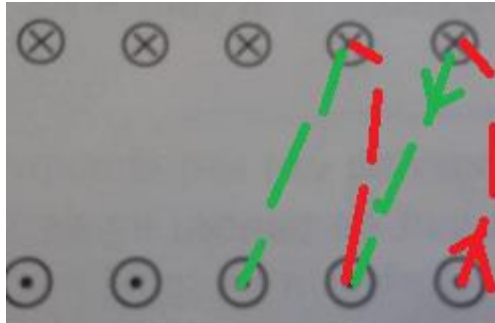


Je moet hierbij onze afspraken herinneren: kruisje gaat loodrecht in het blad, bolletje komt loodrecht uit het blad. Je schetst dus het best iets in 2D om een visuele voorstelling te verkrijgen.



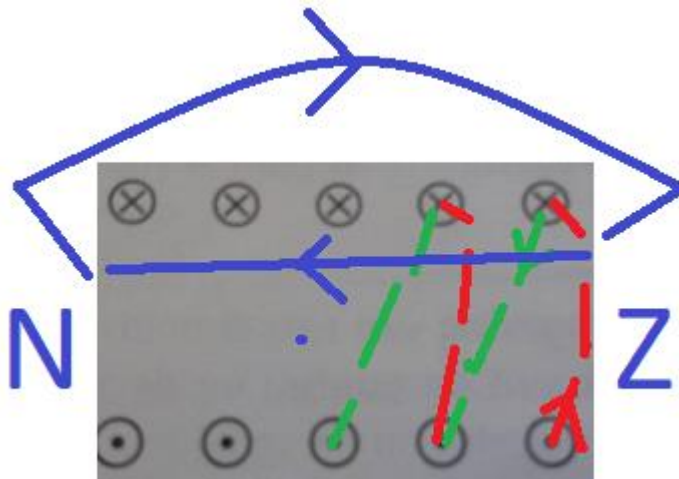
Hier is mijn visuele voorstelling, de rode lijn gaat uit het blad en de groene lijn gaat in het blad.

Nu we dat hebben kunnen we de tweede rechterhandregel gebruiken om de noord- en zuidpool te bepalen.



→ We zien dat het goed overeenkomt.

→ De noordpool is dus links (want mijn duim wijst daar naartoe), de zuidpool rechts.



7.2.4.2) Grootte van de magnetische veldsterkte door een spoel

*Als men neemt: N = aantal windingen rond spoel, I = stroomsterkte (A) en l = lengte spoel (m)

dan constateert men: $|B| \sim I$, $|B| \sim \frac{1}{l}$ én $|B| \sim N$

→ Gieten we dit in een formule rekening houdende met de constante μ verkrijgt men:

$|B| = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{l}$ → Ezelsbruggetje: $B = \mu N I l$ (de $\mu N I l$ -formule noem ik het voortaan).

→ μ is dezelfde constante als bij de eerste formule, dit is de permeabiliteit van de stof, de permeabiliteit wordt nog steeds uitgedrukt in $\frac{Tm}{A}$.

→ De permeabiliteit in vacuüm μ_0 is nog steeds $1,26 \cdot 10^{-6} \frac{Tm}{A}$.

→ Let op! Soms is er bij opgaven enkel de **relatieve permeabiliteit** gegeven, dit is bv. wanneer je een blok ijzer (= fel magnetisch) in je spoel hebt. De relatieve permeabiliteit μ_r heeft geen eenheid maar moet altijd éérs omgezet worden naar de gewone permeabiliteit bij een vraagstuk! Dit doe je met deze formule:

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \Leftrightarrow \mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

- *Stoffen met een kleine relatieve permeabiliteit (>1) noemen we diamagnetische stoffen.
 - Deze stoffen verkleinen de magnetische veldsterkte van de spoel.
- *Met een relatieve permeabiliteit groter dan 1 noemen we paramagnetische stoffen
 - Deze stoffen veranderen de magnetische veldsterkte haast niet.
- *Met een grote relatieve permeabiliteit $> 10^3$ noemen we ferromagnetische stoffen.
 - Deze stoffen hebben een grote invloed op de magnetische veldsterkte.
- *Voorbeeldoefening magnetische veldsterkte door een spoel:
 - Opgave: De grootte van de magnetische veldsterkte in een spoel met een weekijzeren kern is 12,56 T. Als je weet, dat de relatieve permeabiliteit van deze kern 3000 bedraagt en de spoel 2000 windingen bevat bij een lengte van 50,0 cm, hoe groot is dan de stroomsterkte door die spoel?
 - Gegeven: $B = 12,56 \text{ T}$, $\mu_r = 3000$, $N = 2000$, $l = 50,0 \text{ cm} = 50,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
 - Gevraagd: I
 - Oplossing: (1) We hebben relatieve permeabiliteit gegeven, die moeten we eerst omzetten naar de gewone permeabiliteit om te rekenen met onze formule te rekenen.

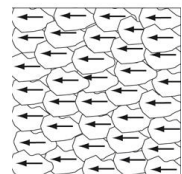
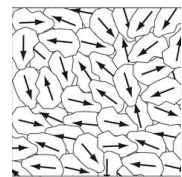
$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \Leftrightarrow \mu = \mu_r \cdot \mu_0 = 3000 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} = 3,78 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}$$
 - (2) Nu we onze gewone permeabiliteit hebben gevonden kunnen we verdergaan met de formule van magnetische veldsterkte door een spoel (de muNII-formule)

$$|B| = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{l} \Leftrightarrow \frac{B}{I} = \mu \cdot \frac{N}{l} \Leftrightarrow \frac{1}{I} = \mu \cdot \frac{N}{lB} \Leftrightarrow I = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{lB}{N}$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{lB}{N} = \frac{1}{3,78 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}} \cdot \frac{0,5 \text{ m} \cdot 12,56 \text{ T}}{2000} = 0,83 \text{ A} = 0,8 \text{ A} = 8 \cdot 10^{-1} \text{ A}$$

7.3) Oorsprong van het magnetisme

- *Elektronen bewegen rond hun eigen as (= spinkwantumgetal) én bewegen rond de kern.
 - Deze bewegingen veroorzaken een magnetisch veld. Van één atoom is het magnetisch veld meestal klein behalve van ferromagnetische stoffen.
 - Deze spin en bewegingen veroorzaken een weissgebied, dit is een gebied met slordig geörienteerde magnetische veldsterkte, de totale veldsterkte is 0.
 - Als je een ferromagnetisch ding in een spoel steekt, dan zullen de weissgebieden zich richten naar dit ding. Alles is nu geordend, de totale magnetische veldsterkte is niet 0. We hebben nu een magneet gecreëerd.
 - Bij ferromagnetische stoffen blijft het wijsgebied zich geordend oriënteren nadat we het ijzer eruit halen. Als het magnetisch veld wegvalt dan blijven de magnetische eigenschappen gelden. **We hebben een permanente magneet gecreëerd.**



- *Schokken geven aan een magneet = demagnetiseren
- *Temperatuur hoog laten oplopen = demagnetiseren

7.4) Het magnetisch veld van de aarde

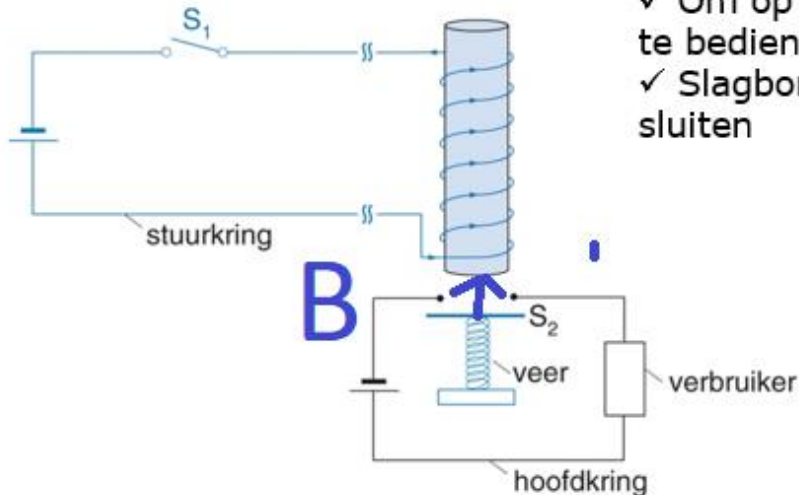
- *De aarde heeft een magnetisch veld ontstaan door wrijvingen, die op hun beurt elektrische stroom doen ontstaan, die op hun beurt het aardmagnetisch veld laten ontstaan.
 - De magnetische noordpool valt **NIET** samen met de geografische noordpool, **de magnetische noordpool valt samen met de geografische zuidpool!**
 - De magnetische zuidpool valt niet volledig samen met de geografische noordpool, er is een **afwijking van enkele graden**. Dit noemen we de **magnetische declinatie**.

→ De hoek die de **veldlijnen** met de evenaar maken wordt **groter** naarmate we de geografische noordpool naderen. Dit noemen we **magnetische inclinatie**.

7.5) Toepassingen op magnetisme

*Voorkennis: een elektromagneet is een stroomvoerende spoel met een ferromagnetische bron.

Relais



Gebruik bij:

- ✓ Om op afstand treinwissels te bedienen
- ✓ Slagbomen te openen of sluiten

→ Als de schakelaar S1 bij een relais gesloten wordt in de stuurkring, zal er I door de spoel lopen en ontstaat er een magnetisch veld die veer onder schakelaar S2 zal aantrekken zodat die stroomkring ook gesloten wordt. Nu er stroom in de hoofdkring loopt zal het elektrisch ding werken.

→ Dit is handig voor bijvoorbeeld slagbomen te openen of sluiten of om op afstand treinwissels te sluiten.

*Toepassing 2: de afvalsorteerder

→ Als alle afval op de band van een elektromagneet wordt geplaatst worden metalen langer vastgehouden dan niet-metalen. Hierdoor kunnen we metalen en niet-metalen sorteren.

*Toepassing 3: Zweeftrein of maglev

→ Als je een stalen spoor gebruikt en een elektromagneet als 'wiel' zal de trein zweven. Dit is handiger.

Want to levitate?



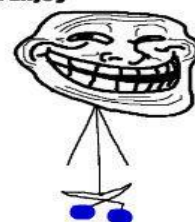
Step 1. Magnetize the floor



Step 2. Magnetize the soles of your shoes with the same pole



Step 3. Enjoy



memecenter.com MemeCenter

7.5) Overzicht formules hoofdstuk 7

FORMULE	TOELICHTING
$ B = \mu \cdot \frac{I}{2\pi r}$	Magnetische veldsterkte door een rechte geleider
$ B = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{L}$	Magnetische veldsterkte door een spoel.
$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$	Permeabiliteit berekenen als enkel de relatieve permeabiliteit is gegeven

7.6) Voorbeeldoefeningen

7.6.1) Kennis

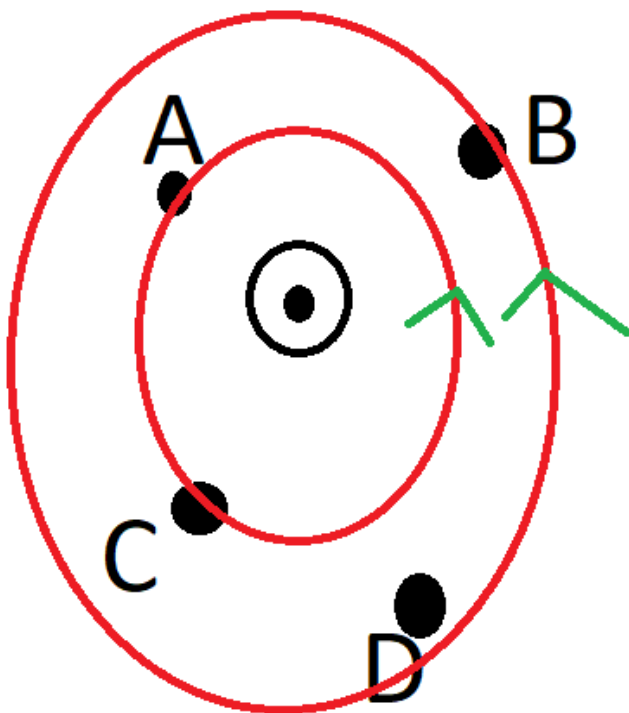
- *1) Wat bedoelen we met magnetische influentie? Beschrijf met een voorbeeld.
→ Als we bijvoorbeeld een ijzeren paperclip kortbij een magneet zetten wordt hij aangetrokken, het ijzer krijgt hierdoor zelf (tijdelijk) magnetische eigenschappen en kan nu andere dingen gaan aantrekken. Dit is magnetische influentie (8^{ste} gebod der permanente magneten).
- *5) Wat bedoelen we met het voorstellen van een magnetische veldlijn door een puntje/kruisje?
→ Bij een puntje gaat de veldlijn loodrecht uit mijn blad, bij een puntje loodrecht erin.

7.6.2) Inzicht

- *6) Zijn de volgende beweringen juist of fout? Verbeter indien nodig.
→ Als je een kompasnaald in twee stukken knipt, krijg je twee afzonderlijke polen.
→ **Fout, je kan magnetische polen nooit afzonderen. Je krijgt 2 aparte magneten met elk een aparte noord- en zuidpool.**
→ Buiten de magneet gaan de veldlijnen altijd van de noord- naar de zuidpool.
→ **Juist.**
→ Magnetische veldlijnen kunnen elkaar nooit snijden.
→ **Juist, anders heb je twee veldsterkten in één punt. Dat kan niet.**
- *9) We houden een magneetnaald aan de bovenzijde en aan de onderzijde van een ijzeren kast. We zien telkens dat een andere pool van de magneetnaald wordt aangetrokken. Hoe verklaar je dat verschijnsel?
→ **De kast is gemagnetiseerd dankzij het aardmagnetisch veld, de kracht heeft hierdoor dus een noord- en een zuidpool gekregen.**
- *10) Je hebt twee identieke metalen staven. Eén staaf is magnetisch, de andere niet. Hoe kun je ontdekken welke magnetisch is?
→ **Je houdt een staaf loodrecht boven de andere, de staaf die in beweging komt (= wordt aangetrokken) is de magnetische staaf.**

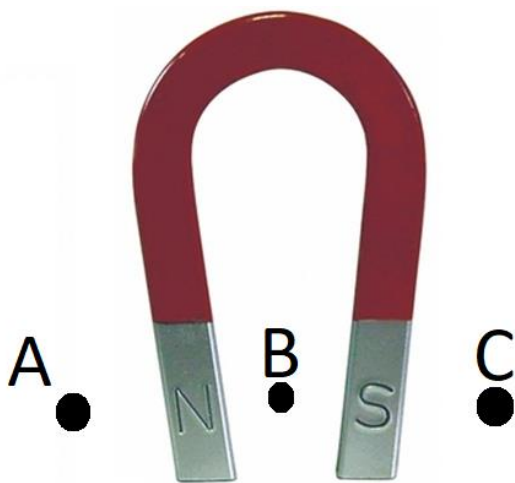
7.6.3) Toepassen

- *Door een rechte geleider gaat een stroomsterkte van 4,0 A. De punten A, B, C en D bevinden zich in de omgeving van een rechte geleider:



Dvraag is: teken de magnetische veldlijnen door elk van de punten.
 → We werken hier in een rechte geleider, je moet ook onze afspraak nog weten, bolletje gaat eruit. Dat betekent vertaalt in 2D dat de geleider naar boven gaat (naar ons toe komt).
 →→ Voer de rechterhandregel uit met je duim naar boven en je vindt de zin. Je moet natuurlijk eerst de concentrische cirkels rond A, B, C, D tekenen.

*Een hoefijzeren magneet heeft een noord- en zuidpool, wat is de stand van de kompasnaald in de punten A, B en C?



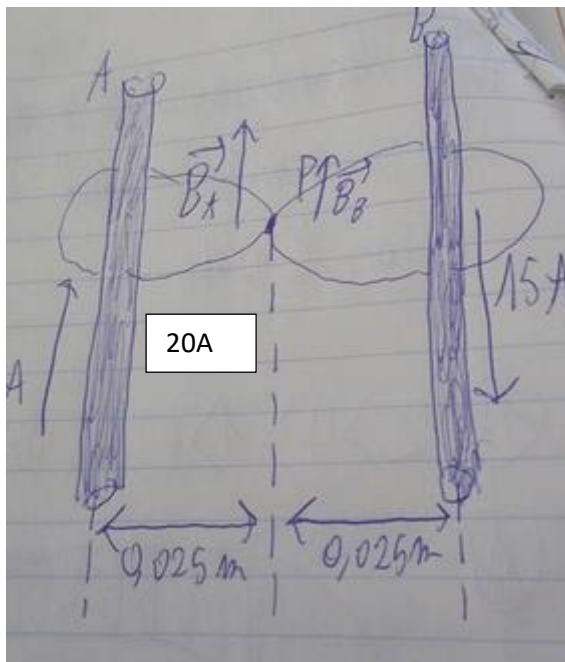
In punt A zal de zuidpool naar de noordpool van de hoefijzer wijzen, in punt B zal de kompasnaald rechts naar de zuidpool wijzen. In punt C wijst ze links naar de zuidpool.

In een hoefijzer heerst een homogeen magnetisch veld. De veldlijnen zijn dus evenwijdig en wijzen van noord naar zuid. Daarom zal de kompasnaald in B ook naar het zuiden wijzen.

7.6.4) Vraagstukken oplossen

*Vraag 24: Twee heel lange draden A en B zijn evenwijdig opgesteld. De stroomsterkte door A is 20A en de stroomsterkte door draad B is 15A.

- a) Teken de magnetische veldlijnen van elke draad door punt P.
- b) Bereken de totale magnetische veldsterkte in het punt P.
- c) Indien de totale magnetische veldsterkte in P nul moet worden en de stroomsterkte door A hetzelfde blijft, hoe groot is dan de stroomsterkte door draad B en de zin van de stroom?



Vraag a beantwoord je door de eerste rechterhandregel toe te passen, je vindt dat beide stroomsterktes 'in' het blad gaan. (zie blad hiernaast).

Vraag b moet je uitrekenen, dit doen we onder de foto sews.

Vraag c moet je gewoon logisch redeneren. Beide stroomdraden hebben een tegengestelde zin. Als de stroomsterkte van B verhoogt naar 20A heft het elkaar op en is de totale magnetische veldsterkte in het blad gelijk aan 0.

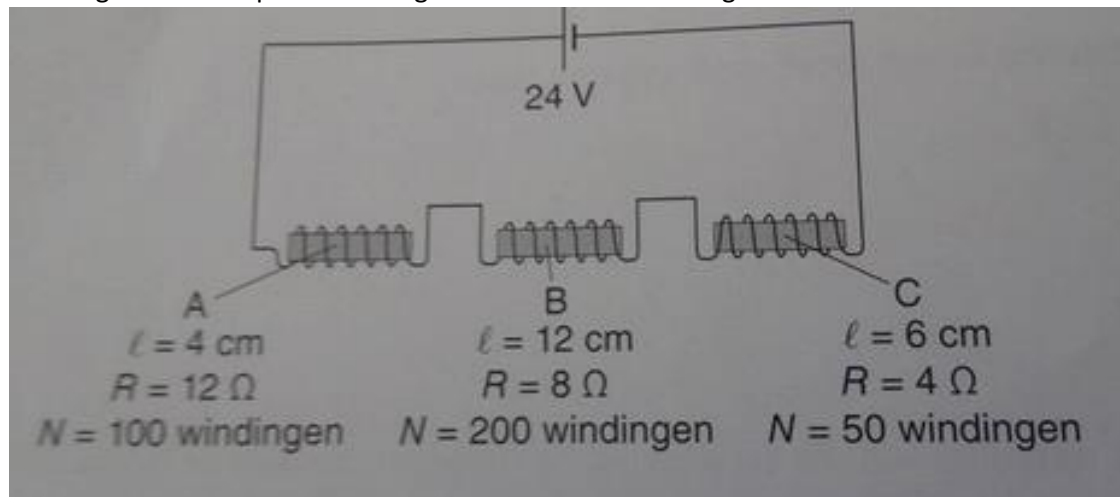
Vraag B uitrekenen:

$$\begin{aligned}
 b) |B_1| &= \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi r} = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \cdot \frac{20 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,025 \text{ m}} \\
 \text{draad A} &= 1,60 \cdot 10^{-4} \text{ T} \\
 |B_2| &= \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi r} = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \cdot \frac{15 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,025 \text{ m}} \\
 \text{B} &= 1,20 \cdot 10^{-4} \text{ T} \\
 |B_{\text{totaal}}| &= |B_A| + |B_B| = 1,60 \cdot 10^{-4} \text{ T} + 1,20 \cdot 10^{-4} \text{ T} \\
 &= 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ T} \\
 \text{Totaal} &
 \end{aligned}$$

*Om de totale veldsterkte uit te rekenen moet je beide veldsterkten optellen, dit doen we omdat zoals je zag beide veldsterktevectoren 'in' het blad gaan.

*Vraag 25 (fysica-olympiade): Drie spoelen A, B en C zijn in serie geschakeld. In de kring bevindt zich een ideale spanningsbron van 24 V. Van elke spoel zijn de lengte l , de elektrische weerstand R en het aantal windingen N gegeven.

→ Gevraagd: in welke spoel is de magnetische veldsterkte het grootst?



→ Oplossing: Bij olympiade-/ingangsexamenvragen moet je opnieuw snel en efficiënt denken.

→ We zitten in een spoel dus we hebben de formule: $|B| = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{l}$

→ We weten dat μ constant is dus kunnen we ze weglaten: $|B| = \frac{N \cdot I}{l}$

→ We weten dat de stroomsterkte in een serieschakeling constant is (module 2), dus kunnen we ze weglaten: $|B| = \frac{N}{l}$

→ Je moet nachecken voor welke spoel de verhouding N/l het grootste is, je vindt dat dit in spoel A zo is. Dus het antwoord is: spoel A.

→ A: $100/4 = 25$

B: $200/12 = 17$

C: $50/6 = 8$

Herhaling module 2:

SerI = cte.

SerU = verschillend

ParI = verschillend

ParU = cte.

Wet van Ohm:

URIne

--> Je kan ook de magnetische veldsterkte proberen te zoeken maar daardoor moet je l zoeken en dat moet je doen met $I = U/R$ (wet van Ohm), ze hebben de weerstanden immers gegeven. Maar waarom moeilijk als het sneller en makkelijker kan (belangrijk om te onthouden voor ingangsexamenpeople!)?

--> Let op: we hebben de veldsterkte wel niet uitgerekend, met deze denkwijze kon je enkel weten wie de grootste veldsterkte heeft, maar dat was ook gevraagd.

*Veel succes op de toets van hoofdstuk 6/7 en het examen! Als je nu leert voor het examen mag je hier niet stoppen, er zijn nog 2 hoofdstukken die je moet leren. 😊