

## ***2. Het M&M-experiment en fijne stof***

### ***Inhoud***

2.1. Een vast oriënteringspunt .....	1
2.2. Een interferentie-experiment.....	1
2.3. Een gedachte-experiment. ....	2
2.4. Er werd geen etherwind aangetoond. ....	5

### ***2.1. Een vast oriënteringspunt***

Iedereen heeft wel eens de ervaring gehad dat hij of zij in een stilstaande trein zat, die naast een tweede trein stond. Als dan één van beiden zachtjes vertrok, was het niet direct duidelijk of het de eigen trein, dan wel de andere was, en werd het even zoeken naar een vast oriënteringspunt, zoals het station of het perron zelf.

Denkt men hierop verder door, dan lijkt het vinden van zulk een vast oriënteringspunt, eens men de blik op de oneindige ruimten richt, verre van eenvoudig. De aarde draait rond haar as, maar eveneens rond de zon, die zelf ook een deel van een roterende Melkweg is. En deze behoort op haar beurt tot een uitdijend heelal. Dat alles leidde tot de indringende vraag of er ergens in de ruimte wel een vast referentiepunt te vinden was.

Golven in de zee hebben het water als medium. Geluid verplaatst zich via golven, gedragen door de lucht. En hoe verplaatst zich het licht? Misschien is hier ook een middenstof vereist. En dus verwelkomde de natuurkunde een hypothetisch en stilstaand medium, een uiterst fijne en onzichtbare tussenstof, de zogenaamde ‘ether’ die de hele ruimte gelijkmatig vult. En de beweging van aarde, zon en sterren, was tan t.o.v. die ether. Hiermee zou men dan een vaste referentie hebben, een absolute standaard voor tijds- en ruimtemetingen. Maar hoe het effectieve bestaan van die ether aantonen?

### ***2.2. Een interferentie-experiment***

In 1887 onderzochten Michelson en Morley of die veronderstelde ether inderdaad wetenschappelijk kon worden vastgesteld. Hiervoor ontwierpen zij en beroemd geworden experiment en dat gebaseerd was op interferentie van licht. We komen op deze interferentie nog uitvoerig terug.

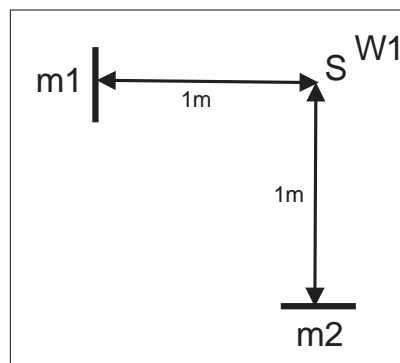
Michelson en Morley vergeleken de lichtsnelheid evenwijdig aan de baan van de Aarde met de lichtsnelheid loodrecht op dezelfde baan. Het resultaat van dit experiment toonde

onveranderlijk eenzelfde interferentiepatroon, wat betekende dat er zich geen verschil in snelheid toonde. Michelson en Morley dachten aanvankelijk dat hun experiment mislukt was. Als je in een rijdende trein in de richting van de locomotief stapt, is je snelheid iets groter dan die van de trein. Als je achteruit stapt is die weer wat kleiner. Maar als je vanuit een bijzonder snel ruimtetuig een lichtsignaal stuurt in de bewegingsrichting van dit tuig, of tegen haar bewegingsrichting in, dan hebben de beide lichtbundels steeds eenzelfde snelheid. En dat is een erg verrassende en schijnbaar tegenstrijdige conclusie die ingaat tegen de wetten van Newton. Einstein gaf in 1905 in zijn speciale relativiteitstheorie hiervan de theoretische verklaring : het verloop van de tijd in het heelal is geen absoluut gegeven, maar verandert met de snelheid. Een snel uitdijend melkwegstelsel kent een ander tijdverloop dan een stelsel dat zich niet met dezelfde snelheid verplaatst.

Op het eerste gezicht lijkt het tegenstrijdig. Maar als men er even over nadenkt, beseft men al vlug dat het niet anders kan. Verduidelijken we dit in wat volgt.

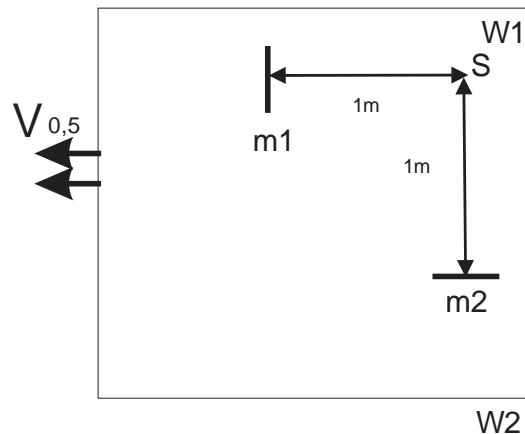
### 2.3. Een gedachte-experiment.

Situatie 1 : In een trein (het grote vierkant) bevindt zich in het midden van de gang een spiegel tje  $m_1$  ('m' van mirror). Juist 1 meter meer naar achter bevindt er zich een kind  $W_1$  (waarnemer 1) dat twee tennisballen in de hand heeft en ze op 1 meter hoogte houdt. Op de grond ligt eveneens een spiegel tje  $m_2$ . De trein staat stil. Het kind gooit tegelijk en met eenzelfde kracht met de beide ballen, de ene naar  $m_1$  voor zich, de tweede naar  $m_2$  op de grond. We maken hierbij abstractie van de zwaartekracht. Na weerkaatsing komen beide ballen gelijktijdig terug bij het kind. Elke bal heeft in eenzelfde tijd eenzelfde afstand  $s$  (de kleine letter) afgelegd, en wel 1 meter naar het spiegel tje  $m_1$  of  $m_2$ , en na weerkaatsing eveneens een meter, samen 2 meter. Dit feit wordt bevestigd door waarnemer  $W_1$ , het kind in de trein, maar eveneens door waarnemer  $W_2$ , zijn vriend die zich buiten de trein bevindt, en alles door het raam ziet gebeuren.

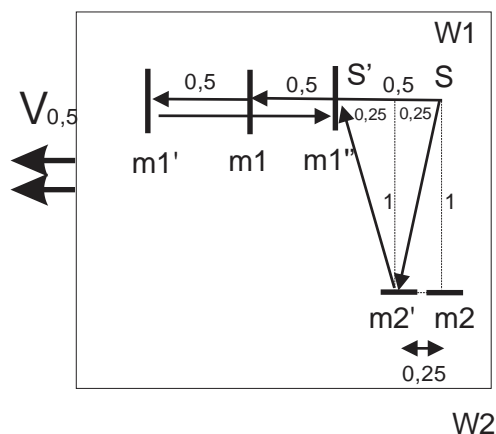


$W_2$

Situatie 2 : De trein rijdt met een behoorlijk grote snelheid  $V$  (van Vitesse) en heeft 0.5 m afgelegd als de bal 1 keer heen en weer is geweest, dus van  $S$  naar  $m1$  gaat en terug naar  $S$ . Het kind op de trein ( $W1$ ) gooit weer tegelijk de beide ballen naar de spiegelgjes  $m1$  en  $m2$ . Na weerkaatsing ziet het kind ( $W1$ ) in de trein dat de beide ballen gelijktijdig in  $S$  aankomen en elk een heen ( $S$ - $m1$ ) en weer ( $m1$ - $S$ ) gaande afstand, telkens van 1 meter, samen dus 2 meter hebben afgelegd.



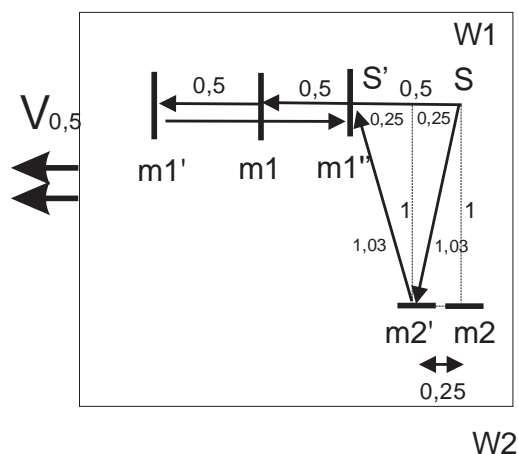
Maar daar is het kind  $W2$ , dat zich buiten de trein bevindt, het helemaal niet mee eens. Het ziet wel de beide tennisballen vertrekken, de ene horizontaal naar  $m1$  en de tweede naar  $m2$ . Omdat de trein echter een behoorlijke snelheid heeft, valt vanuit het standpunt van  $W2$  de bal niet op  $m2$ , maar wat schuin naar links op  $m2'$ ,  $m2$  heeft zich inderdaad verplaatst naar  $m2'$ .



Ook na weerkaatsing op  $m2'$  gaat de bal eveneens schuin links omhoog en wordt opgevangen door het kind  $W1$  in de trein, dat ondertussen ook met 0,5 m naar links verplaatst werd. De afgelegde weg  $s$  is geen verticale op- en neergaande beweging meer, maar heeft eerder de vorm van een grote letter V. De naar beneden gaande beweging ( $S-m2'$ ) van deze letter is als de schuine zijde van een rechthoekige driehoek waarvan de verticale rechthoekszijde gelijk is aan 1, en de horizontale zijde gelijk is aan 0.25.

De naar boven gaande beweging van deze letter ( $m2'-S'$ ) is eveneens als de schuine zijde van een rechthoekige driehoek waarvan de verticale rechthoekszijde gelijk is aan 1, en de horizontale zijde gelijk is aan 0.25.

Met de stelling van Pythagoras weten we dat die schuine zijde hier gelijk is aan de wortel uit  $1^2 + 0.25^2$ , een getal dat afgerond 1,03 bedraagt. Voor het kind buiten de trein is de afgelegde weg dus  $1,03 * 2$  of 2,06 m.



Kijken we vervolgens op diezelfde tekening naar de horizontale worp. Het kind  $W2$  buiten de trein ziet de bal naar  $m1$  vertrekken, maar dit spiegelkje heeft zich in de rijdende trein ondertussen verwijderd van zijn oorspronkelijke stand. Veronderstellen we dat de trein ondertussen een halve meter is verder gereden, dan is de weg naar  $m1$  niet 1, maar 1,5 meter geworden. En na weerkaatsing is kind  $W1$ , dat al een halve meter naar links verplaatst werd, weer eens een halve meter naar links verplaatst. De weerkaatste bal hoeft dan nog maar 0,5 meter naar het kind af te leggen. Voor het kind buiten de trein heeft de bal dus  $1,5 + 0.5$  of 2 meter afgelegd.

De bal naar de grond legde 2,06 meter af, de horizontale afstand bedroeg slechts 2 meter. Maar, en dit is nu het verrassende en het schijnbaar paradoxale, het kind  $W2$ , buiten de trein zag dat beide ballen gelijktijdig hun respectievelijk spiegelkje bereikten, en eveneens gelijktijdig

door zijn vriend W1 op de trein werden opgevangen. Een beweging met de trein mee geeft voor het kind buiten de trein een andere tijd dan een beweging loodrecht hierop

Het kind W1 op de trein gelooft niets van de toelichting van zijn vriend W2, en zegt dat diens situatie onveranderd is gebleven, maar dat het juist zijn vriend W2 buiten de trein was, die zich met een grote snelheid van hem verwijderde. Zou deze laatste (W2) buiten de trein een tennisbal verticaal op de grond hebben laten botsen en deze terug hebben opgevangen, dan zou zijn vriend W1 op de trein beweren dat die bal ook een 'V' achtige beweging had gemaakt, maar nu niet naar links, wel naar rechts. Ook dit gegeven kan men enigszins analoog wiskundig uitwerken.

Vervangen we nu de tennisballen door twee coherente lichtbundels, dat zijn lichtbundels die door éénzelfde lichtbron L worden uitgezonden, dan hebben we een situatie analoog als het M&M-experiment. Michelson en Morley veronderstelden dat zij ook een tijdsverschil - en dus een vertekend interferentiebeeld - in de beide deelbundels zouden vaststellen. Maar dat was niet, en nooit het geval. En dat verbaasde hen. "Het experiment is mislukt", zo dachten ze. Einstein kwam echter met een hoogst ongewone oplossing : de tijdsmeting is niet absoluut. Eén seconde duurt niet even lang in systemen die zich met grote snelheid van elkaar verwijderen. Zou elke waarnemer in het eigen systeem, met de eigen ervaring van tijd en afgelegde weg, de lichtsnelheid berekenen, dan kwamen beiden steeds uit op eenzelfde constante : 300 000 km per seconde.

#### ***2.4. Er werd geen etherwind aangetoond.***

Dit resultaat, het bij herhaling vastgestelde ongewijzigde interferentiebeeld, - we komen op deze interferentie nog terug- deed Einstein ertoe besluiten dat het niet mogelijk is een eenparige beweging t.o.v. de ether vast te stellen. En als het bestaan ervan op zich al evenmin aan te tonen is, lijkt het ook zinloos om te beweren dat de aarde en de hemellichamen zich doorheen een 'uniforme ether' zouden bewegen. Sedertdien is het geloof aan het bestaan van een fijne stof als voortplantingsmedium voor het licht weer verlaten.

Dit laatste leidt in een aantal wetenschappelijke middens nogal gemakkelijk tot het besluit dat hiermee aan van elke vorm van 'fijne' stof, het bestaan ervan dan maar moet ontzegd worden. Sommigen zullen echter stellen dat dit een onbewezen veralgemening is. Misschien zijn er nog soorten van fijne stof die het M&M-experiment niet aan het licht heeft gebracht? Of misschien zijn er nog andere dan allen maar uniforme soorten fijne stof?

Toch geraakte de gedachte eraan stilaan in diskrediet. En zo je het heden aandurft om het onderwerp in astronomische middens weer ter sprake te brengen, dan kijkt men wel eens met

een bedenkelijke blik in je richting : “Je bent niet mee! Dat thema heeft de wetenschap toch al lang geleden en definitief achter zich gelaten. Wat jij overweegt is geen echte wetenschap”. Zelfs in 1967 lezen we nog bij Van Heel in zijn behoorlijk goed gedocumenteerde boek : ‘Wat is licht’ wat volgt : “Zelfs als men het bestaan van de ether kan aantonen, blijft het een dubieuze zaak, de fysica dient zich bezig te houden met tastbaarder zaken<sup>1</sup>”.

---

<sup>1</sup> A.C.S. Van Heel en C.H.F Velzel, Wat is licht? Wereldacademie, De Haan/ Meulenhoff, 1967, p. 177.