
DE RELATIEVE BEWEGING VAN DE AARDE EN DEN AETHER

By Hendrik Antoon Lorentz

FIRST PUBLISHED IN
Amsterdam, Zittingsverlag Akad. v. Wet. **1** (1892), [74-79]

PUBLISHED 25 June 1892

DE RELATIEVE BEWEGING VAN DE AARDE EN DEN AETHER

Ter verklaring van de aberratie van het licht werd door FRESNEL aangenomen, dat de aether niet in de jaarlijksche beweging der aarde deelt, hetgeen natuurlijk in zich sluit dat onze planeet voor die middenstof volkomen doordringbaar is. Later heeft STOKES getracht eene verklaring te geven in de onderstelling dat de aether door de aarde wordt medegesleept en dat dus aan elk punt van het aardoppervlak de snelheid van den aether dezelfde is als die der aarde.

Met deze theorieën heb ik mij eenige jaren geleden uitvoerig beziggehouden¹. Het bleek mij toen dat nog andere verklaringswijzen mogelijk zijn, die min of meer het midden houden tusschen de zooeven genoemde, en dan ook, daar zij niet zoo eenvoudig zijn, minder aandacht verdienen. Van de twee uiterste opvattingen meende ik die van STOKES te moeten verwerpen, omdat zij het bestaan van een snelheidspotentiaal voor de beweging van den aether verlangt, hetgeen niet vereenigbaar is met de gelijkheid der snelheden van de aarde en den aangrenzen den aether.

De meening van FRESNEL daarentegen kon alle beschouwde verschijnselen bevredigend verklaren, wanneer men voor doorschijnende ponderabele stoffen den „meesleepings-coëfficiënt“ invoerde, die door FRESNEL werd aangegeven en waarvan ik de waarde onlangs uit de electromagnetische theorie van het licht heb afgeleid².

Eene groote moeilijkheid was echter gelegen in eene interferentieproef die MICHELSON³ genomen heeft, ten einde tusschen de twee theorieën te beslissen.

MAXWELL had reeds opgemerkt dat, indien de aether niet medegaat, de beweging der aarde een invloed moet hebben op den tijd dien het licht behoeft om tusschen twee vaste met de aarde verbonden punten heen en weer te gaan. Is l de afstand, V de snelheid van het licht, en p die der aarde, dan is de bedoelde tijd als de verbindingslijn der punten evenwijdig loopt aan de bewegingsrichting der aarde

$$2\frac{l}{V}\left(1 + \frac{p^2}{V^2}\right) \quad (1)$$

en als zij loodrecht daarop staat

$$2\frac{l}{V}\left(1 + \frac{p^2}{2V^2}\right) \quad (2)$$

gevende een verschil

$$\frac{lp^2}{V^3} \quad (3)$$

¹Verslagen en Mededeelingen. 3de Reeks, Deel II, p. 297, 1886. Archives néerlandaises, T. XXI, p. 103. 1887.

²Archives néerlandaises, T. XXV, p. 363. 1892.

³American Journal of Science, 3d Ser. Vol. XXII, p. 120.

was.

MICHELSON gebruikte een toestel met twee even lange loodrecht op elkander staande horizontale armen, die aan de uiteinden spiegels droegen, loodrecht op hunne richting. Er werd een interferentieverschijnsel waargenomen, waarbij de eene straal van het kruispunt af langs den eenen arm heen en weer ging en de tweede hetzelfde langs den anderen arm deed. De geheele toestel — met inbegrip van lichtbron en waarnemingskijker — kon om eene verticale as worden gedraaid en de tijd van waarneming was zoo gekozen dat men daarbij zoo goed mogelijk of den eenen of den anderen arm in de bewegingsrichting der aarde kon brengen. Nemen wij gemakshalve aan dat dit volkomen het geval was; dan moesten — als FRESNEL's theorie juist was — door de beweging der aarde de stralen die in de richting daarvan heen en weer gingen ten opzichte van de andere de door (3) bepaalde vertraging ondergaan. Wenteling over 90° moest alle phase-verschillen veranderen met een bedrag dat, in tijdseenheden uitgedrukt, door het dubbel van (3) wordt gegeven. Van eene verplaatsing der interferentiestreepen bleek echter niets.

Men kon tegenover dit onderzoek nog de opmerking maken dat de lengte der armen te klein was om de verschuiving der streepen onmiskenbaar te voorschijn te doen komen, maar MICHELSON heeft dit bezwaar weerlegd door eene herhaling op grooter schaal in gemeenschap met MORLEY⁴. Daarbij gingen de lichtstralen in elke der twee onderling loodrechte richtingen ettelijke malen heen en weer, telkens door spiegels teruggekaatst; deze spiegels waren, evenals al wat verder bij de proef diende, op een steenen zerk geplaatst die op kwik dreef en in een horizontaal vlak kon worden rondgedraaid. De door FRESNEL's theorie verlangde verschuiving der streepen bleef ook nu uit.

Ik heb lang vruchteloos over deze proef nagedacht en heb ten slotte slechts één middel kunnen bedenken om de uitkomst ervan met de theorie van FRESNEL te verzoenen. Het bestaat in de onderstelling dat de verbindingslijn van twee punten van een vast lichaam niet even lang blijft indien zij eerst evenwijdig aan de bewegingsrichting der aarde loopt en vervolgens loodrecht daarop wordt geplaatst. Indien b. v. de afstand in 't laatste geval l en in 't eerste $l(1 - \alpha)$ is, moet men van de uitdrukkingen (1) en (2) de eerste met $1 - \alpha$ vermenigvuldigen. Met verwaarloozing van $\frac{\alpha p^2}{V^2}$ geeft dit

$$2 \frac{l}{V} \left(1 + \frac{p^2}{V^2} - \alpha \right)$$

Het verschil hiervan met (2) — en daarmee 't geheele bezwaar — zou verdwijnen als

$$\alpha = \frac{p^2}{2V^2}$$

Eene dergelijke verandering van de lengte der armen bij de eerste proef van MICHELSON, en van de afmetingen van den steen bij de tweede is nu inderdaad, naar 't mij voorkomt, niet ondenkbaar. Waardoor toch worden de grootte en de

⁴American Journal of Science, 3d Ser. Vol. XXXIV, p. 383. 1887.

gedaante van een vast lichaam bepaald? Klaarblijkelijk door de intensiteit der moleculaire krachten; elke oorzaak die deze wijzigde zou ook op den vorm en de afmetingen invloed hebben. Nu mogen wij tegenwoordig wel aannemen dat electriche en magnetische krachten door tusschenkomst van den aether werken. Het is niet onnatuurlijk hetzelfde voor de moleculaire krachten te onderstellen, maar dan kan 't een verschil maken of de verbindingslijn van twee stofdeeltjes, die zich te zamen door den aether verschuiven, evenwijdig aan de bewegingsrichting loopt of loodrecht daarop staat. Men ziet gemakkelijk in dat een invloed van de orde $\frac{p}{v}$ niet te verwachten is, maar een invloed van de orde $\frac{p^2}{V^2}$ is niet uitgesloten en dat is juist wat wij noodig hebben.

Daar wij van het wezen der moleculaire krachten niets weten is het onmogelijk de hypothese op de proef te stellen. Wij kunnen alleen — natuurlijk gebruik makende van meer of min aannemelijke onderstellingen — den invloed berekenen van de beweging der ponderabele stof op electriche en magnetische krachten. Misschien is het de moeite waard te vermelden dat de uitkomst waartoe men bij electriche krachten geraakt, als zij wordt overgebracht op moleculaire krachten, juist de boven voor α opgegeven waarde geeft.

Zij A een stelsel van stoffelijke punten, van zekere electriche ladingen voorzien, en met betrekking tot den aether in rust, B het stelsel derzelfde punten als zij zich in de richting der x -as, met de gemeenschappelijke snelheid p door den aether verplaatsen. Uit de door mij ontwikkelde vergelijkingen⁵ kan men afleiden, welke krachten de deeltjes in het stelsel B op elkander uitoefenen. Het eenvoudigst kan men die aangeven als men nog een derde stelsel C invoert, dat evenals A in rust is, maar zich van dit laatste door de ligging der punten onderscheidt. Het stelsel C kan namelijk uit A verkregen worden door eene eenzijdige uitrekking, waarbij alle afmetingen in de richting der x -as $1 + \frac{p^2}{2V^2}$ maal grooter worden en alle afmetingen loodrecht daarop onveranderd blijven.

Het verband tusschen de krachten in B en C komt nu hierop neer, dat de componenten in de richting der x -as in B dezelfde zijn als in A , terwijl de componenten loodrecht op de x -as $1 - \frac{p^2}{2V^2}$ maal zoo groot zijn als in C .

Brengen wij dit over op de moleculaire krachten en stellen wij ons een vast lichaam voor als een stelsel stoffelijke punten die onder den invloed van hunne onderlinge aantrekkingen en afstootingen in evenwicht zijn. Zij het stelsel B zulk een lichaam wanneer het zich door den aether beweegt. De krachten die dan op een der stoffelijke punten werken moeten elkander opheffen. Uit het bovenstaande volgt dat dit dan in het stelsel A niet het geval kan zijn, maar wel in het stelsel C ; immers, al worden bij den overgang van B naar C alle krachten loodrecht op de x -as veranderd, dit kan het evenwicht niet verstoren, daar zij alle in dezelfde verhouding worden gewijzigd. Aldus ziet men dat, als B de evenwichtstoestand van het lichaam is gedurende eene verschuiving door den aether, C de evenwichtstoestand moet zijn als die verschuiving niet bestaat. Maar de afmetingen van B in de richting der x -as zijn $1 - \frac{p^2}{2V^2}$ maal de overeenkomstige afmetingen van C , terwijl de afmetingen volgens richtingen loodrecht op de x -as in beide stelsels hetzelfde zijn. Men komt dus juist tot een invloed van

⁵ Archive néerlandaises, T. XXV. p. 498.

de beweging op de afmetingen, zooals die boven voor de verklaring van MICHELSON's proef noodig bleek te zijn.

Natuurlijk mag aan deze uitkomst niet veel gewicht worden gehecht; daartoe is de overbrenging op moleculaire krachten van hetgeen voor electriche krachten gevonden werd te gewaagd. Bovendien, al wilde men dat doen, dan zou 't nog de vraag zijn of de beweging der aarde de afmetingen in de eene richting verkort — wat boven ondersteld werd — of die in richtingen loodrecht daarop verlengt, met welke onderstelling men hetzelfde doel zou kunnen bereiken.

Met dat al schijnt het niet te ontkennen dat veranderingen der moleculaire krachten, en dien ten gevolge der afmetingen van een lichaam, van de orde $\frac{p^2}{2V^2}$ mogelijk zijn. De proef van MICHELSON verliest daardoor hare bewijskracht voor de vraag met 't oog waarop zij genomen werd. Hare beteekenis is — als men FRESNEL's theorie aanneemt — veeleer daarin gelegen dat zij ons iets omtrent de veranderingen der afmetingen kan leeren.

Daar $\frac{p}{v} = \frac{1}{10000}$ is, wordt $\frac{p^2}{2V^2}$ een tweehonderd millioenste. Eene verkorting van de middellijn der aarde met dit bedrag zou 6 c.M. bedragen. Bij de vergelijking van meterstaven is er geen sprake van dat men eene verandering der lengte met een tweehonderd millioenste zou kunnen waarnemen, en al lieten de waarnemingsmethoden dit toe, dan zou men door het naast elkaar plaatsen van twee staven toch nooit iets van de besproken veranderingen bespeuren wanneer die bij beide staven in dezelfde mate plaats hadden. Het eenige middel zou zijn de lengte van twee loodrecht op elkander geplaatste staven te vergelijken en wilde men dit door de waarneming van een interferentie-verschijnsel doen, waarbij de eene lichtstraal langs de eerste en de andere langs de tweede staaf heen en weer gaat, dan zou men op de proef van MICHELSON terugkomen. De invloed der gezochte lengteverandering zou dan echter weer gecompenseerd worden door de verandering der phaseverschillen die door de uitdrukking (3) bepaald wordt.