

niet verklaard, maar het wijst wel den weg aan, waar verder zal moeten worden gezocht. De hypothese van spreker, van de vroegere aanwezigheid van een schubkleed bij Zoogdieren, bevat immers implicite ook de bewering, dat de Zoogdieren in nauw verband moeten gebracht worden tot de Reptiliën. Zijn eenigen van meening, dat de Zoogdieren van Amphibiën te herleiden zijn, zooals MAURER ook de haren van de huidzintuigen der Amphibiën herleiden wil, spreker meent met anderen, dat de Zoogdieren uit primitieve, koudbloedige, beschubde Proto-Reptiliën zich ontwikkelden. En de hier gepræconiseerde opvatting van schubben en stand der haren bij Zoogdieren brengt in der daad deze dieren in nauw verband met de Reptiliën.

**Natuurkunde.** — De Heer LORENTZ spreekt „over den invloed van de beweging der Aarde op de voortplanting van het licht in dubbelbrekende lichamen.”

Bij mijne vroegere beschouwingen over den invloed van de beweging der middenstoffen op de voortplanting van het licht<sup>1)</sup> bepaalde ik mij tot enkelbrekende lichamen. Indien men onderstelt, wat ook thans zal worden aangenomen, dat de æther niet deelt in de verplaatsing der ponderabele stof, dus ook niet in die der aarde, maken verschillende verschijnselen de bekende hypothese van FRESNEL noodig, volgens welke de absolute snelheid van het licht, in eene stof die zich met de snelheid  $p$  verschuift, verkregen wordt door eene snelheid  $\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) p$  in de richting der verschuiving samentestellen met de snelheid waarmede het licht zich in de rustende stof zou voortplanten. Onder  $n$  is hier te verstaan de absolute brekingsindex van het beschouwde lichaam.

Het is mij gelukt, de waarde  $1 - \frac{1}{n^2}$  van den „meêsleepingscoëfficient”, met behulp van enkele min of meer gewaagde onderstellingen, uit de electromagnetische theorie van het licht af te leiden<sup>2)</sup>.

Men kan zich nu de vraag stellen, wat er van de theorie van FRESNEL wordt, als men met dubbelbrekende lichamen te doen heeft.

<sup>1)</sup> *Verslagen en Mededeelingen*, 3<sup>de</sup> Reeks, II, p. 297. *Archives Néerlandaises*, T. XXI, p. 103.

<sup>2)</sup> *Archives Néerlandaises*, T. XXV, p. 363.

Die vraag is niet enkel van theoretisch gewicht; er zijn ook eenige proeven genomen, waarbij men zich ten doel stelde, een invloed van de beweging der aarde op de lichtvoortplanting in kristallen op te sporen. MASCHART<sup>1)</sup> heeft de interferentieverschijnselen bestudeerd, die in het gepolariseerde licht (en wel in convergeerend licht) bij evenwijdig aan de as gesneden platen kalkspaat worden waargenomen; hij maakte daarbij van zoo dikke platen gebruik dat met natriumlicht nog interferentiestrepen gezien werden, voor welke het phaseverschil 90000 golflengten bedroeg, maar de strepen verplaatsten zich niet het minst, indien eerst de richting der lichtstralen zoo goed mogelijk met de bewegingsrichting der aarde samenviel en vervolgens de geheele toestel 180° werd omgedraaid. Verder heeft KETTELER<sup>2)</sup> een paar proeven beschreven, waarbij het licht een stelsel van kalkspaatprisma's doorliep, of aan de zijvlakken daarvan inwendige terugkaatsingen onderging; van een invloed van de beweging der aarde op de richting der uittredende stralen was hierbij niets te bespeuren, ofschoon volgens eene voorloopig door KETTELER opgestelde, trouwens naderhand naar aanleiding van de proeven gewijzigde, formule bij omdraaien van den geheelen toestel de hoek, onder welchen de stralen het laatste zijvlak verlieten, met ongeveer 40" had moeten veranderen.

Ik heb thans de vroeger voor enkelbrekende lichamen opgestelde theorie tot kristallen uitgebreid. In die theorie was aangenomen dat de molekulen van ponderabele dielectrica verplaatsbare electrisch geladen deeltjes bevatten (gemakshalve was in elk molekuul slechts één zoodanig deeltje ondersteld) en dat elk deeltje, zoodra het uit zijn evenwichtsstand verplaatst is, daarheen teruggedreven wordt door eene kracht die van de overige bestanddeelen van het molekuul uitgaat en die evenredig is aan de verplaatsing. Verder werden de geladen deeltjes, evenals alle ponderabele stof, als volkomen door-dringbaar voor den aether beschouwd. De wetten voor de lichtbeweging volgden uit twee stelsels van vergelijkingen: het eene stel bepaalt den toestand in den aether, zoodra de beweging der geladen deeltjes gegeven is, het andere leert de krachten kennen, die deze laatste, juist wegens den toestand van den aether, ondervinden. De bewegingsvergelijkingen konden ten slotte in een vorm gebracht

<sup>1)</sup> *Annales de l'École Normale*, 2<sup>e</sup> Série, T. I, p. p. 191—196. 1872.

<sup>2)</sup> KETTELER, *Astronomische Undulationstheorie*, p. p. 151—173. 1873.

worden, dien ik in de September-vergadering aangaf <sup>1)</sup>, en waaraan 't mij vergund zij, hier te herinneren.

Stelt men door **D** en **E** twee vectoren voor, die in 't geval van rust samenvallen met de dielectrische verplaatsing en de electriche kracht en die men in 't algemeen met deze namen kan bestempelen, door **H** de magnetische kracht, door den vector *p* de snelheid der verschuiving, door *V* de snelheid van het licht in den aether en door *n* den absoluten brekingsindex van het medium, terwijl overigens aan de verschillende teekens de vroeger aangegeven beteekenis gehecht wordt, dan zijn de vergelijkingen

$$\left. \begin{aligned} \text{Div. } \mathbf{D} &= 0, \\ \text{Div. } \mathbf{H} &= 0, \\ \text{Rot. } \mathbf{E} &= -\dot{\mathbf{H}}, \\ \text{Rot. } \left[ \mathbf{H} + \frac{1}{V^2} \text{Vect. } (\mathbf{E}p) \right] &= 4\pi \dot{\mathbf{D}}, \\ 4\pi V^2 \mathbf{D} &= n^2 \mathbf{E} + \text{Vect. } (\mathbf{H}p) \end{aligned} \right\} \dots \dots (1)$$

Ten einde nu de vergelijkingen voor een anisotroop lichaam te verkrijgen heb ik ondersteld dat de bouw daarvan symmetrisch is ten opzichte van drie onderling loodrechte *hoofdrichtingen*, maar dat het met betrekking tot die richtingen ongelijke eigenschappen bezit; eene ongelijkheid, die kan voortvloeien uit de rangschikking der deeltjes, uit de structuur van elk molekuul, of uit beide oorzaken te gelijk. De anisotropie der molekulen zal ten gevolge hebben dat het verband tusschen de verplaatsing (*x*, *y*, *z*) van een electricch geladen deeltje uit zijn evenwichtsstand, en de kracht (*X*, *Y*, *Z*) die de andere deelen van het molekuul er op uitoefenen, voor coördinaatassen, evenwijdig aan de hoofdrichtingen, wordt uitgedrukt door de vergelijkingen

$$X = -f_1 x, \quad Y = -f_2 y, \quad Z = -f_3 z,$$

waarin *f*<sub>1</sub>, *f*<sub>2</sub> en *f*<sub>3</sub> *verschillende* coëfficiënten zijn.

Het bleek nu dat van de vergelijkingen (1) alleen de laatste behoefte gewijzigd te worden; daarin moet nl., als men de coördinaatassen evenwijdig aan de hoofdrichtingen kiest, onder **E**<sub>*x*</sub>, **E**<sub>*y*</sub>, **E**<sub>*z*</sub> de

<sup>1)</sup> Zittingsverslag, p. 28.

componenten van  $\mathbf{E}$ , en onder  $n_1, n_2, n_3$  de hoofdbrekningsindices verstaat, de vector  $n^2 \mathbf{E}$  vervangen worden door een vector met de componenten

$$n_1^2 \mathbf{E}_x, \quad n_2^2 \mathbf{E}_y, \quad n_3^2 \mathbf{E}_z.$$

Daar de aldus gewijzigde vergelijkingen, even als de formules (1), betrekking hebben op coördinaatassen die zich met de ponderabele stof verplaatsen kan men er, en hiervan zal in het vervolg alleen sprake zijn, de voortplanting van het licht *met betrekking tot die stof* uit afleiden en nagaan, hoe die gewijzigd wordt door de verschuiving met de snelheid  $p$ , of, zoo men wil, door de omstandigheid dat de aether met de snelheid  $-p$  door de ponderabele stof heen gaat. In de eerste plaats kan men aldus behandelen de voortplanting van platte golven; is die bekend, dan kan de gedaante van het golfoppervlak worden gevonden en dit laatste bepaalt op gewone wijze de voortplantingssnelheid van de lichtstralen — welke snelheid, gelijk men weet, ook reeds in rustende stoffen van die der golven onderscheiden moet worden.

Het eenvoudigst is de uitkomst voor de lichtstralen. Beschouwt men nl. eene bepaalde richting in het kristal, die met de snelheid  $p$  een hoek  $\vartheta$  maakt en stelt men voor een lichtstraal in die richting de snelheid voor door  $W_0$  als het lichaam stilstaat en door  $W$  als het zich beweegt, eindelijk door  $n$  de verhouding  $\frac{V}{W_0}$ , dan is

$$W = W_0 - \frac{p}{n^2} \cos \vartheta, \quad . . . . . (2)$$

eene betrekking, die ook voor isotrope stoffen geldt.

Nu de gedaante van het golfoppervlak bekend is kan men door het beginsel van HUYGENS den loop der lichtstralen in alle gevallen van terugkaatsing en breking bepalen. Zij, bij eene lichtbeweging die zich in het kristal voortplant,  $S$  de stand van een golf-front op zeker oogenblik. Construeert men dan rondom elk punt van  $S$  als middelpunt een golfoppervlak, beantwoordende aan een oneindig kleinen tijd  $dt$ , dan zal het omhullende oppervlak  $S'$  van al deze elementaire golven een nieuwe stand van het golf-front zijn; op deze wijze kan men dit stap voor stap volgen. Zij verder  $P$  een punt van  $S$ , en  $P'$  het punt, waar  $S'$  de om  $P$  beschreven elementaire golf aanraakt; dergelijke punten kunnen geconjugeerde punten genoemd worden en een lichtstraal, d. w. z. eene lijn die de

richting van een smallen lichtbundel bepaalt, bestaat in de aaneenschakeling van lijntjes als  $PP'$ , waarvan elk twee geconjugeerde punten verbindt.

Trekt men uit het punt  $P$  eene tweede rechte lijn, die  $S'$  in  $Q$  en de om  $P$  beschreven elementaire golf in  $R$  snijdt, en duidt men door  $W$  en  $W'$  de waarden van de uitdrukking (2) voor de richtingen  $PP'$  en  $PR$  aan, dan is, daar  $P'$  en  $R$  op het oppervlak der elementaire golf liggen,

$$\frac{PP'}{W} = \frac{PR}{W'}$$

dus, daar  $PR < PQ$  is,

$$\frac{PP'}{W} < \frac{PQ}{W'}$$

Bovendien is  $\frac{PP'}{W}$  gelijk aan de overeenkomstige uitdrukking voor elke andere verbindingslijn van twee geconjugeerde punten op  $S$  en  $S'$ .

Uit het bovenstaande volgt deze stelling: Indien  $A$  en  $B$  twee punten in het kristal zijn, en  $ds$  een element is van eenige tusschen  $A$  en  $B$  getrokken lijn, dan is de van  $A$  naar  $B$  gaande lichtstraal die lijn, voor welke

$$\int \frac{ds}{W}$$

een minimum is. Blijkens (2) kan men hiervoor schrijven

$$\int \frac{ds}{W_0} + \frac{p}{V^2} \int \cos \vartheta ds. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

De laatste integraal is de projectie van de beschouwde lijn op eene lijn in de richting van  $p$ , en dus voor alle wegen tusschen  $A$  en  $B$  even groot. Derhalve moet voor den lichtstraal de eerste integraal een minimum zijn, waaruit volgt dat de loop van den straal dezelfde is, als wanneer de snelheid  $p$  niet bestond.

Het gegeven bewijs is van toepassing in het geval van terugkaatsing en breking, waardoor de uitkomst der proeven van KETTER verklaard is.

Even gemakkelijk ziet men in dat de beweging der aarde geen

invloed kan hebben op de interferentieverschijnselen. Immers, de tweede term in (3) geeft de wijziging aan, die door de beweging der aarde gebracht wordt in den tijd dien 't licht noodig heeft om van *A* naar *B* te gaan. Zijn er twee stralen tusschen *A* en *B*, dan is die term voor beide even groot, zoowel wanneer zij verschillende wegen volgen, als wanneer zij langs denzelfden weg gaan, maar in trillingsrichting verschillen.

De Heer KAMERLINGH ONNES doet namens Dr. ZEEMAN eene mededeeling „over een lichtverschijnsel in het oog”.

Bij het verrichten van metingen met den compensator van BABINET, ziet men in 't gezichtsveld van den analysator-kijker, als de analysator-nicol niet op uitdooving is gesteld, alleen een verticale streep in 't midden van 't gezichtsveld sterk verlicht. Het overige deel van het veld is donker. Het licht, dat dan in 't oog wordt opgevangen is rechtlijnig gepolariseerd. Onder de genoemde omstandigheden met monochromatisch geel licht werkende, merkte Dr. ZEEMAN bij zijne proeven over het verschijnsel van Kerr een optisch verschijnsel op, waarvan de oorzaak in het oog is te zoeken. Daar het in de physiologie niet of weinig bekend schijnt, volgt hier eene beschrijving er van.

Vooraf zij echter opgemerkt, dat de zooeven vermelde samengestelde toestel, waarmede het verschijnsel het eerst werd gevonden, niet noodig is om dit waar te nemen. Het licht behoeft niet gepolariseerd te zijn; vereischt wordt alleen een helder, liefst monochromatisch-geel verlichte spleet, met genoegzaam donkere omgeving. Indien men nu, bij waarneming door een kijker, het oog plotseling voor het oculair brengt, of wel, terwijl het oog voor het oculair gebracht is, plotseling licht laat toetreden, of ook met het ongewapend oog plotseling de spleet beschouwt, ziet men, vooral gedurende de eerste oogenblikken, behalve de helder verlichte spleet, een peervormig gebogen blauw-violette lichtlijn, waarvan de as loodrecht staat op het midden der spleet. Met het rechter oog gezien, is het puntige deel der lichtlijn naar rechts afgewend en valt de bolle zijde iets over de verlichte spleet naar links. Bij waarneming met het linker oog ziet men de symmetrische figuur ten opzichte van de middellijn van de spleet en bij waarneming met beide oogen kan men beide figuren gelijktijdig zien. Het door de lichtlijn omgrensde veld is in den regel donker. Merkwaardig is het, dat niet alleen bij gebruik van geel licht, maar bij alle spectraalkleuren de violette lijn te zien is. Dr. ZEEMAN heeft b. v. bij elke der 3 waterstoflijnen afzonderlijk, zoo noodig bij ge-