

DE  
UTRECHTSCH E VACANTIE-CURSUS VAN 1902,

DOOR

Dr. J. J. LE ROY.

---

I

Ghi alle die hier vergaedert sijt,  
Siet hier aen U is dit dicht gewijld.  
Die Trichtsche biëncorf ist genaemt  
Of oec sijn hogheschole befaemt.  
Want als in een corve sonder waen  
Die honighdraegende biën gaen.  
So comen oec in dese stede  
Tot leringhe vele jonckers mede.

Aldus een ongenoemde muzenzoon in den Utrechtschen studenten-almanak voor het jaar 1827. Dat er in diezelfde Trichtsche biëncorve nog altijd veel en kostelijken honigh is te garen, hebben allen ondervonden, die op den 3den en 4den van Grasmaand dezes jaars bijeen waren in het Physisch Laboratorium der Utrechtsche Universiteit.

De Hoogleraren in Physica en Astronomie hebben op die dagen laboratorium en observatorium gastvrij opengesteld en van het beste wat zij hadden iets willen mededeelen tot leringhe van de van wijt en sijt naar Utrecht gekomen »jonckers”. Wel waren er jonckers onder met grijze haren; toch jonckers. Hugo heeft het gezegd: le coeur n'a pas de rides. En zoo waren er onder de bezoekers van den vierden vacantie-cursus, die, meer dan zestig jaren oud geworden, ook meer dan zestig jaren jong gebleven waren. Tot dat jong blijven dragen ook de vacantie-cursussen het hunne bij en de mannen, die hun tijd en hunne wetenschap voor de deelnemers

hebben beschikbaar gesteld, verdienen ten volle den dank der hoorders, die hun op zoo waardige wijze bij monde van dr. BREMER werd toegebracht.

Het is te hopen, dat de vacantie-cursussen, deze university-extension in haar allerbesten vorm, zullen blijven bestaan en dat de Hoogeschool op deze wijze in rechtstreeksche aanraking blijve met hare leerlingen, nog lange jaren nadat deze in de veelzijdige en woelige school van het bedrijvige maatschappelijke leven zijn overgegaan. De woorden van den muzenzoon van 1827 zullen dan te dieper in ons hart gegrift worden:

Een Academie, als wi lesen,  
 Es ember tot profijt gewesen.  
 Het ees die ere van dat lant,  
 Ende oec sijn voordeel, dat is becant.

Het is mijne bedoeling, in de volgende bladzijden aan den vacantie-cursus het een en ander te ontleenen, dat geacht mag worden de belangstelling der lezers van dit tijdschrift te verdienen. Eene getrouwe reproductie van wat wij gezien en gehoord hebben zou boven mijne krachten gaan; de meerderheid der Album-lezers zou er waarschijnlijk ook niet mede gediend zijn. Een algemeen beeld in vogelvlucht is de taak, die ik mij gesteld heb en ik zal daarbij afwijken van de chronologische volgorde en daarmede van den regel, dat men moet beginnen met het begin. Integendeel ben ik voornemens, met het begin te eindigen; eene anomalie, die geoorloofd moge zijn in een opstel, waarin anomalieën eene belangrijke rol spelen.

Men behoeft in onzen tijd slechts weinig van natuurkunde geleerd te hebben om te weten, dat Arbeidsvermogen of Energie het wachtwoord is, dat door de geheele wetenschap heen weerklinkt. De Moeder van al dat arbeidsvermogen is de Zon. Reeds hierom is de bestudeering van dit hemellichaam eene taak, die in verhevenheid voor geen andere onderdoet.

Wat is die zon voor eene soort van lichaam? Ziedaar de vraag, die het middelpunt vormt van wat de jongste vacantie-cursus te hooren en te zien gaf.

In 1826 stierf te München een onderzoeker, op wiens graf te lezen staat: »Approximavit sidera." Hij is de sterren nabij gekomen. Onder de sterren in de eerste plaats de zon. In 1814 sprak hij de overtuiging uit, dat de donkere lijnen in het zonnenspectrum, naar

hem de lijnen van FRAUNHOFER genoemd, uit de natuur van het zonlicht zelf en niet uit aardse of andere invloeden voortkwamen. Hiermede was de eerste stap gedaan op den weg, die tot onze hedendaagsche kennis van de natuurkundige gesteldheid der zon leidt.

NEWTON had reeds geleerd, dat wit licht, zooals ook de zon uitstraalt, ontleed kan worden in vele lichtsoorten, die, in ons oog vallende, verschillende kleurgewaarwordingen opwekken. Op gróote schaal geschiedt deze ontleding in het laboratorium van den ons omringenden dampkring, zoo dikwijls er een regenboog aan den hemel staat. De kleurenband rood, oranje, geel, groen, blauw, indigo en violet heet in de taal der natuurkunde een spectrum en de genoemde kleuren zijn enkelvoudige of spectrale kleuren, door evenveel verschillende enkelvoudige lichtsoorten te voorschijn geroepen.

Op meer dan eene wijze wordt in het natuurkundig laboratorium het kleuren-spectrum van den regenboog voortgebracht. Eén dezer middelen is een glasplaatje, door platte evenwijdige vlakken begrensd, op welks oppervlakte zuiver evenwijdige en op gelijke afstanden van elkaar verwijderde groefjes gekrast zijn, ten getale van eenige honderdtallen op de lengte van een millimeter.

De groefjes zijn als 't ware ondoorschijnende tralies, waartusschen het licht een weg zoekt. Na tusschen de tralies gepasseerd te zijn, vervolgt het licht zijn weg niet zuiver rechtlijnig, maar buigt achter de tralies om, zooals watergolven om een in het water staanden paal heen buigen. De lichtverschijnselen, waartoe het aldus toebe-reide plaatje aanleiding geeft, dragen dan ook den naam van buigingsverschijnselen en het plaatje zelf is een »buigingsrooster».

Valt het licht der lichtbron, na door eene smalle spleet gegaan te zijn, op den rooster, welks tralies evenwijdig aan de spleet gesteld zijn, dan werpt het uitredende licht op een scherm een zeker beeld, welks middengedeelte het beeld der lichtspleet is, terwijl zich links en rechts hiervan een spectrum vertoont met zijne verschillende kleuren van violet tot rood. Het zijn twee zoogenoemde spectra van de eerste orde; want aan weerskanten daarvan vertoont zich nog een spectrum van de 2<sup>de</sup> en daarnaast nog een van de 3<sup>de</sup> orde, enz., welke spectra, naarmate zij verder van het midden af liggen, minder lichtsterk en minder zuiver zijn.

Gebruikt men zonlicht en neemt men zekere noodzakelijke instrumenteële maatregelen, dan vertoont het buigings-spectrum van de

eerste orde de donkere Fraunhofersche lijnen, die op het ontbreken van bepaalde lichtsoorten wijzen.

FRAUNHOFER wees de sterkste donkere lijnen met de hoofdletters A tot H aan. De A-streep ligt in het rood, de H-streep in het violet. Eene zeer bekende en in 't oog vallende lijn is de D-lijn op de grens van het oranje en het geel. Dat er veel meer lijnen zijn, was reeds FRAUNHOFER bekend: tusschen de B- en de H-lijn telde hij er 574. Ook nam hij waar, dat de D-lijn dubbel is, zoodat men  $D_1$  en  $D_2$  onderscheidt.

FRAUNHOFER nam nog iets waar, waarmede hij geen weg wist, doch dat later door de onderzoekingen van KIRCHHOFF en BUNSEN, beiden hoogleeraar te Heidelberg, werd opgehelderd. Hij nam namelijk in het spectrum van het licht eener lamp twee heldere lijnen waar, juist op de plaats van de  $D_1$ - en de  $D_2$ -lijn van het zonnenspectrum. Wij komen straks hierop terug.

De splitsing van het saamgestelde licht in zijne enkelvoudige lichtsoorten heet in de kunstspraak *kleurschifting* of *dispersie*. De buiging van het licht om de kanten van een smal schermpje heen, zooals de reeds genoemde balken of tralies van een glazen »rooster», is één van de hulpmiddelen, waarmede men dispersie teweegbrengt. Of daarbij de samenstellende lichtsoorten van een elementairen of dunnen bundel wit licht meer of minder ver gedispergeerd, d. i. uiteengespreid, zullen worden, hangt af van de breedte der ondoorschijnende tralies en van de breedte der doorschijnende strooken daar-

tusschen: hoe smaller, des te meer dispergeerend. Vergelijkt men dan de spectra, die met verschillende roosters zijn verkregen, dan vindt men bij alle eene vol-

komen overeenkomst in de verdeling der Fraunhofersche lijnen, dus ook der enkelvoudige lichtsoorten, over de lengte van het spectrum. De verhouding van de afstanden dezer lijnen is constant.

Een ander en meer algemeen bekend hulpmiddel om kleurschifting op te wekken is de breking, die het licht op zijn loop door een prisma ondergaat. De prismatische kleurschifting draagt echter een ander karakter dan de rooster-dispersie. De als lichtbron dienende, in den regel door middel van eene spleet verkregen witte lichtlijn

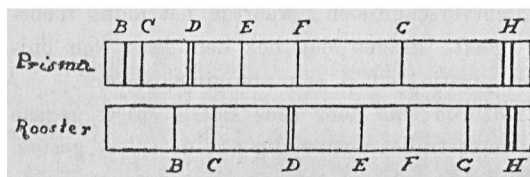


Fig. 1.

wordt door tusschenkomst van een prisma verveelvoudigd: de ééne lichtlijn geeft eene reeks van onafgebroken naast elkaar gelegen lichtlijnen, eene roode, eene gele, enz., elk voor zich het beeld der lichtspleet, telkens in eene andere kleur. De stralen, die het roode spleetbeeld geven, zijn in het prisma het minst, die welke het violette spleetbeeld geven, het meest gebroken, of, zooals het ook heet, de *brekingsindex* van het prisma is voor de violette stralen het grootst en voor de roode het kleinst.

Als men nu een prisma- met een rooster-spectrum vergelijkt, dan ziet men het violette gedeelte van een prisma-spectrum meer uitgerekt, het roode gedeelte meer saamgedrongen dan in een rooster-spectrum. Fig. 1 kan hiervan een denkbeeld geven. Daar komt nog bij, dat prisma's van verschillende zelfstandigheid, zelfs die van verschillende glassoorten, eene verschillende dispersie vertoonen, zoowel wat de lengte van het geheele spectrum betreft als ten opzichte van de afstandsverhouding der Fraunhofersche lijnen. Terwijl de rooster-spectra alle gelijkvormig zijn, vertoonen die van verschillende prisma's ongelijke verhoudingen. Daarom heeft men het rooster-spectrum het *normale* genoemd. Een prisma disperseert het licht abnormaal.

Fig. 2 geeft een denkbeeld van de genoemde onregelmatigheid voor drie prisma's met gelijken brekenden hoek: een van flintglas,

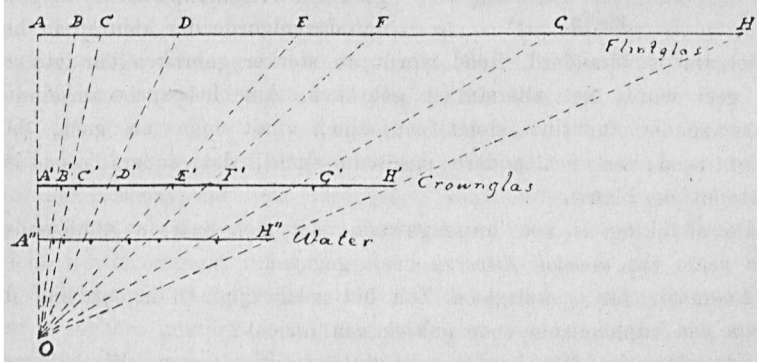


Fig. 2.

een van crownglas en een van water. Bij eene lijnenverdeeling, gelijkvormig met die van het flintglas-prisma, hadden de lijnen moeten vallen ter plaatse van de snijpunten der getrokken en der stippellijnen, terwijl zij in werkelijkheid gevonden werden op de plaatsen, die met eene stip zijn gemerkt.

Veel grooter wordt de afwijking van het normale rooster-spectrum, wanneer men een prisma gebruikt, dat eene of andere lichtsoort niet doorlaat, of, zooals men zegt, bepaalde lichtsoorten absorbeert. Vult men bij voorbeeld een hol glazen prisma met eene alcoholische oplossing van fuchsine, dan gaat het licht feitelijk door een fuchsine-prisma, dat het groene en het blauw-groene licht absorbeert. Hoe de brekings-index ( $n$ ) in dit prisma met de lichtsoort verandert, wordt in fig. 3 voorgesteld.

De kromme lijn  $aa$  stelt voor, hoe groot de absorptie van het groen en blauwgroen is. De kromme lijn  $b$  stelt de index-verandering in het oplosmiddel graphisch voor. De index groeit gestadig aan van het rood ( $r$ ) naar het violet ( $v$ ).

De kromme lijn  $f$  met haar onregelmatig verloop stelt graphisch voor, hoe de index in de opgeloste kleurstof verandert. Vlak voor het geabsorbeerde groen, aan de zijde van het rood, stijgt  $n$  plotseling sterk en is onmiddellijk voorbij het groen, aan de zijde van het violet, aanmerkelijk beneden den norm gedaald. De brekings-aanwijzers ( $n$ ) van het blauw tot het violet zijn kleiner dan die van het rood tot het groen. Dat wil zeggen,

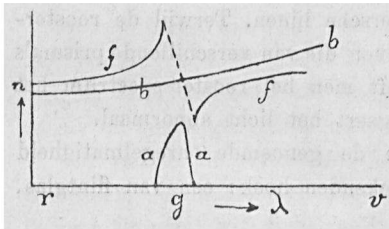


Fig. 3.

dat de volgorde der kleuren in het spectrum is veranderd. Rood wordt nu sterker gebroken dan violet, en geel wordt het allersterkst gebroken. Aan het spectrum-einde, waar zonder fuchsine violet zou zijn, vindt men nu geel, dan volgt rood; en het andere spectrum-einde, dat anders rood is, vertoont nu blauw.

De afwijking is zoo buitengewoon, dat men haar in 't bijzonder den naam van *anomale dispersie* heeft gegeven.

Anomaal, dat is wetteloos. Zou het waar zijn? Of is ook hier de naam een euphemisme voor gebrek aan inzicht?

Een natuurkundige kan geen wetteloosheid erkennen. Waar de wet of regel niet door de waargenomen feiten zelve wordt gegeven, daar zoekt en daar maakt hij de wet. Hij maakt de wet, in zoover hij eene theorie maakt, die eerst dan wetenschappelijk is afgerond, wanneer de verschijnselen met logische noodzakelijkheid, als wet, uit haar te voorschijn komen.

HUYGENS schiep zich, om zijne behoefte aan orde en regel te bevree-

digen, den wereld-aether, eene niet op de gewone wijze waarneembare stof, die de wereldruimte vult en alle stoffelijke lichamen doordringt.

Met behulp van den aether vormen wij ons mechanische voorstellingen van de licht- en warmtestraling en wij beschouwen het licht als arbeidsvermogen van den aether. Ergens in den aether kan eene toestandsverandering ontstaan, die zich alzijdig voortplant, zooals eene plaatselijke verstoring van het water-evenwicht zich in den vorm van watergolven voortplant. Inderdaad wordt ook in het geval van den aether van aethergolven gesproken, en heeft men de toestandsverandering als eene evenwichtsverstoring opgevat, als eene aethertrilling namelijk, die loodrecht, zoogenoemd transversaal, gericht is op de richting volgens welke de verstoring wordt voortgeplant. De lengte eener golf is meteen de afstand, waarover de trilbeweging zich in het tijdsverloop van ééne trilling voortplant. Daar nu in den vrijen aether der wereldruimte de snelheid dezer voortplanting voor aethertrillingen van verschillende trillingsduur gelijk is, zoo zal de golf langer zijn, naarmate de trilling, die haar opwekt, van langeren duur is. De golf lengte is, onder overigens gelijke omstandigheden, evenredig aan den trillingstijd.

De aethermoleculen moeten dan, met het oog op de voortplanting harer beweging, even goed als de gewone stoffelijke moleculen, aan elkanders invloed onderworpen zijn en niets belet ons, ook tusschen de moleculen van de gewone materie en die van den aether eene wederkeerige werking aan te nemen, zoodat de aether hier de vrijheid, die hij in de wereldruimte heeft, mist. Zoo kan men zich voorstellen, dat arbeidsvermogen van de aethermoleculen, b.v. licht, geheel of gedeeltelijk op de stoffelijke moleculen wordt overgedragen en dat in een lichaam, dat licht absorbeert, eene omzetting van den eenen vorm van arbeidsvermogen in den anderen plaats heeft, dat namelijk licht wordt omgezet in warmte.

Vele natuurkundigen zijn het denkbeeld toegedaan, dat tusschen aether en weegbare materie nog tusschendingen werkzaam zijn, de zoogenaamde electronen, dat zijn electrisch geladen deeltjes, veel kleiner dan de atomen der gewone stof.

Ook voor de breking, die het licht bij zijn overgang van de eene in de andere middenstof ondergaat, kan met behulp van den aether een aanschouwelijk mechanisme worden uitgedacht. Wij denken daartoe, dat de voortplanting van de evenwichtsverstoring, wanneer deze van het vacuum in eene met stof gevulde ruimte over-

gaat, bemoeilijkt wordt en in de eene middenstof meer dan in de andere. Is nu bemoeilijking van hare beweging eenmaal het lot van eene trilbeweging, dan kan men zich voorstellen, dat zij in 't algemeen meer bemoeilijkt zal worden, naarmate er in een zelfden tijdsverloop meer trillingen plaats hebben. Zoo is men op weg een begrijpelijk mechanisme te vinden voor het verschijnsel, dat de violette straal in den regel sterker gebroken wordt, m. a. w. een grooteren brekingsindex heeft, dan de roode lichtstraal; want het verschil tusschen deze beide straalsoorten wordt volgens de theorie bepaald door hun trillingstijd, of, wat op hetzelfde neêrkomt, door de lengte hunner golven, die voor het roode licht, dat aan de B-lijn beantwoordt, 686,7  $\mu\mu$  en voor het violette licht, dat met de H-lijn overeenkomt, 395,1  $\mu\mu$  bedraagt. De lengte van 1  $\mu\mu$  of millimicron bedraagt een millioenste van een millimeter.

Er zijn evenwel bijzondere omstandigheden denkbaar, waardoor de stoffelijke moleculen of wellicht ook de tusschen haar aanwezige aethermoleculen op buitengewone wijze invloed oefenen op de aankomende aethertrillingen, waarvan dan eene anomale dispersie het gevolg is.

»Men stelle zich eene rij soldaten voor, op een harden weg achter elkander marcheerende. Op een mullen zandgrond overgaande, zullen hunne passen vertraagd en verkort worden. Stellen wij ons nu ook eene rij van kleine kinderen voor, dan kunnen wij ons gemakkelijk voorstellen, dat zij op den harden weg met de manschappen in den pas kunnen blijven. Op den mullen bodem evenwel zullen zij in hunne bewegingen bemoeilijkt worden en waarschijnlijk meer vertraging ondervinden dan de soldaten. Hunne kortere en langzamere passen zijn een beeld van de grootere vertraging, die de kortere lichtgolven in de meeste stoffen ondergaan. Maar toen ik op zekeren dag opmerkte, dat een kleine jongen op een bepaald gedeelte van een met keisteentjes bedekt zeestrand *minder* dan ik in zijne beweging werd belemmerd, toen was er in dat strand het een of ander, dat de periode en het gewicht van zijne voetstappen minder tegenwerkte dan bij mij het geval was. Zoo kan er ook in of tusschen de moleculen van sommige stoffen het een of ander zijn, dat gunstig of ongunstig werkt voor de lichtgolven van eene bepaalde soort, zooals dit bij anomale dispersie het geval is". (Wright.)

Eene fraaie methode om de anomale dispersie op te sporen en te demonstreeren is die der gekruiste prisma's volgens KUNDT.

Voor eene horizontale lichtspiegel worde een glazen prisma geplaatst



met den brekenden kant naar beneden gekeerd en evenwijdig aan de spleet. Er ontstaat dan een verticaal spectrum, dat tot de lichtlijn A H van fig. 4 wordt teruggebracht, wanneer de spleet tot bijna een punt wordt ingekort. Werkt dit lineaire spectrum op zijne beurt als lightspleet, waarvan het licht door een tweede prisma gaat, welks brekende kant verticaal en naar rechts gekeerd is, dan ondergaat het spectrum eene verschuiving. Indien het tweede prisma gelijkvormig met het eerste is en uit dezelfde glassoort bestaat, dan wordt door het tweede prisma elke lichtsoort evenveel in horizontale als door het eerste prisma in verticale richting gedispergeerd. Het resultaat is het schuin gerichte spectrum A'H'. Het aldus ontstane spectrum is rechtlijnig.

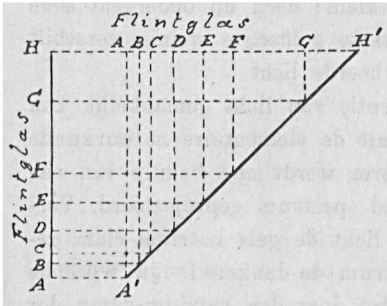


Fig. 4.

Bestaat echter het tweede prisma uit eene andere stof, die het licht volgens eene andere verhouding disperseert, dan wordt het spectrum kromlijnig.

Zij A H in fig. 5 het verticale spectrum, nadat het licht een flintglas-prisma gepasseerd is en E C het horizontale anomale spectrum,

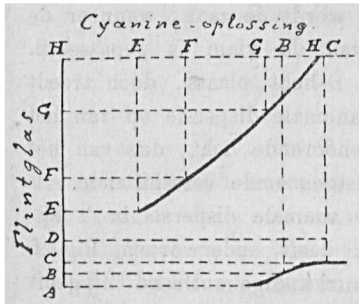


Fig. 5.

waarin de D-lijn ontbreekt, wanneer het licht door een cyanine-prisma is gegaan. De gekruiste combinatie geeft dan een spectrum, dat uit twee gescheiden kromme lijnen bestaat, de ondubbelzinnige uitdrukking der anomale dispersie.

De anomale dispersie staat in nauw verband met de absorptie, die de middenstof op het licht uitoefent. In

eene sterk absorbeerende middenstof hangt de brekingsindex op eene andere wijze van de golflengte van het licht af dan in eene kleurloze, doorzichtige en dus weinig absorbeerende middenstof. De figuren 3 en 5 doen beide zien, dat de anomale dispersie het grootst is in de onmiddellijke nabijheid van het geabsorbeerde licht. Gaat men het spectrum langs en gaat de nadering tot den absorptieband samen met eene trapsgewijze verkleining van de golflengte, dan

wordt de brekingsindex in de nabijheid van het geabsorbeerde licht plotseling zeer groot; nadert men van de andere zijde, dan wordt de brekingsindex nabij den band plotseling veel kleiner.

Ook gassen absorbeeren licht en hij voorkeur licht van bepaalde golflengten. Het is dus te verwachten, dat een prismatisch gaslichaam de verschijnselen der anomale dispersie zal vertoonen, en de waarneming heeft deze verwachting niet teleurgesteld. De brekingsindex van een gas is in het algemeen zeer klein; doch hij ondergaat eene aanzienlijke verandering voor licht, welks golflengte weinig verschilt van die van het door het gas geabsorbeerde licht.

Een gaslichaam, waaraan de absorptie van licht gemakkelijk kan worden waargenomen, is de reeds uit de elementaire natuurkunde bekende natrium-vlam. Op een scherm wordt met behulp van een bundel electrisch licht een doorlopend spectrum geprojecteerd. Vervolgens wordt op den weg van het licht de gele natrium-vlam geplaatst en nu verschijnt in het spectrum de donkere D-lijn, wijzende op de afwezigheid van het D-licht, dat door den natrium-damp der vlam geabsorbeerd is. Intusschen kan het verschijnsel een meer gecompliceerd karakter aannemen.

Het eenvoudige optreden van de smalle donkere D-lijn zal plaats hebben, wanneer de lichtbundel door een gedeelte van de vlam is heengegaan, dat tot op zekere hoogte door evenwijdige vlakken begrensd en homogeen is. Doch anders wordt de zaak, wanneer de lichtbundel een prismatisch gedeelte van de vlam is gepasseerd. Ook dan heeft er absorptie van het D-licht plaats, doch treedt daarnaast eene meer of minder sterke anomale dispersie op van het aan weerszijden van de D-lijn tehuisbehoorende licht, dus van het licht, in golflengte weinig van het laatstgenoemde verschillende.

Het is Prof. w. H. JULIUS, die deze anomale dispersie in 't bijzonder aan een nauwkeurig onderzoek heeft onderworpen. Fig. 6 is aan de waarnemingen van dezen natuurkundige ontleend. Zij geeft het spectrum van een electrischen lichtbundel, nadat deze door een met een gewoon prisma gekruist natriumdamp-prisma was gegaan. De gestippelde lijnen zijn de meer genoemde  $D_1$ - en  $D_2$ -lijn en de boven- en benedenwaarts omgebogen pijlpunten zijn het anomaal gedispergeerde licht, welks golflengte in de onmiddellijke nabijheid van die van het  $D_1$ - en het  $D_2$ -licht is gelegen.

Het aldus door Prof. JULIUS verkregen spectrum is bijzonder leerrijk en bevat eene kostelijke aanwijzing om bij het beoordeelen van donkere

banden in een spectrum op zijne hoede te zijn. Gesteld eens dat de punten van de lichtpijlen buiten het veld van den spectroscop vielen of te lichtzwak waren om te worden waargenomen, dan zouden de breede donkere banden, die werden waargenomen, tot de gevolgtrekking kunnen leiden, dat zij absorptie-banden waren, gevolg van de absorptie van licht, dat aan het D-licht grenst. En toch is dat licht niet geabsorbeerd, maar wel anomaal gedispergeerd en

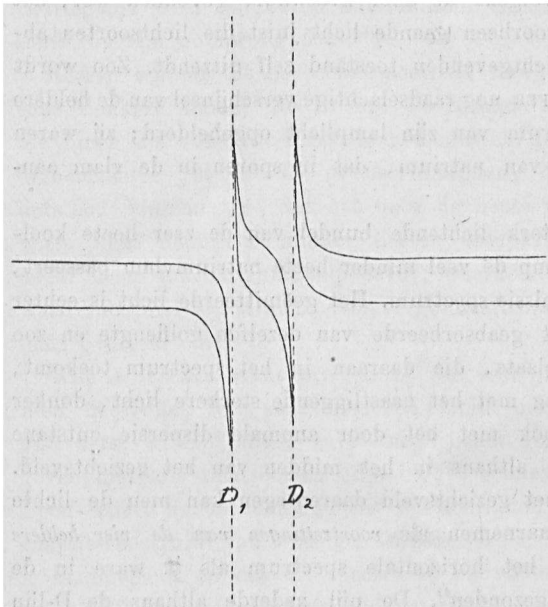


Fig. 6.

daardoor aan den waarnemer ontsnapt. In werkelijkheid is in het spectrum van JULIUS slechts een klein gedeelte van het licht, bijna niets dan zuiver  $D_1$ - en  $D_2$ -licht, door den natriumdamp geabsorbeerd. Terecht zegt deze waarnemer dan ook: »Niet altijd heeft men bij het bestudeeren der absorptie-spectra van gassen en dampen aan de absorbeerende laag den eisch gesteld, dat zij overal

dezelfde dichtheid moest bezitten en nergens als prisma mocht werken. Het zou zeer de moeite waard zijn eens te onderzoeken, in hoeverre de anomale dispersie van invloed geweest kan zijn in de gevallen, waarin men verbreding en ook omkeering van absorptie-lijnen heeft waargenomen.»

Omkeering van absorptielijnen, — wat wordt hiermede bedoeld? Een bekend experiment met de natrium-vlam zal het duidelijk maken. De donkere D-lijn wordt in het spectrum van een lichtbundel uit de elektrische lamp te voorschijn geroepen, zoodra hij eene natriumvlam passeert. Het ontstane spectrum is een absorptie-spectrum en de D-lijn eene absorptielijn. Wordt echter de elektrische lamp gedoofd, zoodat alleen het natriumlicht overblijft, dan verandert op eenmaal de donkere D-lijn in eene helder gele lijn, het licht dat door de

natrium-vlam wordt uitgezonden. Het dus ontstane, tot eene lichtende lijn gereduceerde spectrum is het emissie-spectrum van de natriumvlam, en het door haar uitgezonden D-licht is van dezelfde golflengte als het door haar geabsorbeerde en van de lamp afkomstige licht van de vorige proef. De donkere absorptielijn is *omgekeerd*, dat is veranderd in eene lichte lijn.

Wat met den natriumdamp plaats heeft, gebeurt ook met andere gassen en dampen, volgens de door KIRCHHOFF gevonden wet, dat een gas van het er doorheen gaande licht juist die lichtsoorten absorbeert, die het in lichtgevenden toestand zelf uitzendt. Zoo wordt dan het voor FRAUNHOFER nog raadselachtige verschijnsel van de heldere D-lijnen in het spectrum van zijn lamplicht opgehelderd; zij waren het emissie-spectrum van natrium, dat in sporen in de vlam aanwezig was.

Ook wanneer de sterk lichtende bundel van de zeer heete koolspits der electriche lamp de veel minder heete natriumvlam passeert, geeft de laatste een emissie-spectrum. Het geëmitteerde licht is echter veel zwakker dan het geabsorbeerde van dezelfde golflengte en zoo komt het, dat de plaats, die daaraan in het spectrum toekomt, wegens de tegenstelling met het naastliggende sterkere licht, donker schijnt. Zoo is het ook met het door anomale dispersie ontstane spectrum van fig. 6, althans in het midden van het gezichtsveld. »Boven en onder in het gezichtsveld daarentegen kan men de lichte natrium-lijnen nog waarnemen als *voortzettingen van de vier heldere lichtpijlen*, welke uit het horizontale spectrum als 't ware in de duisternis worden uitgezonden". De pijl naderde althans de D-lijn tot op een afstand van hoogstens  $0,01 \mu \mu$ . Het eigenlijk gezegde absorptie-gebied naast elke natriumlijn is dus buitengewoon smal en de vlam heeft, behalve het licht dat zuiver aan de golflengte van  $D_1$  en  $D_2$  beantwoordt, slechts zeer weinig licht van andere golflengte geabsorbeerd. Doch wel heeft de vlam de stralensoorten, welker golflengte op de grens van die van  $D_1$  en van  $D_2$  ligt, veel sterker, minstens 6 à 8 maal zoo veel, van den rechten weg doen afwijken als de overige lichtsoorten, die ver van de D-lijnen verwijderd zijn. Zoo ontstaat de mogelijkheid, het pijllicht, dat geen eigenlijk D-licht is, er toch voor aan te zien en als van de natriumvlam afkomstig te beschouwen.

Prof. JULIUS resumeert aldus: »Wanneer licht uitgaande van een bron, die een continu spectrum geeft, een ruimte doorloopt, waarin

natriumdamp ongelijkmatig verdeeld is, zullen de stralen uit de omgeving der D-lijnen veel sterker dan alle overige van richting veranderen. In de hoogste mate geldt dit voor die lichtsoorten, wier golflengte zoo weinig van die van  $D_1$  en  $D_2$  verschilt, dat zij van het natriumlicht nauwelijks te onderscheiden zijn. Uit zwak lichtenden natriumdamp kan dus in een richting, afwijkende van die der daarop invallende sterke straling, vrij sterk licht schijnen te komen, dat bedriegelijk veel gelijkt op natriumlicht en dat toch aan een andere lichtbron zijn oorsprong dankt".

Keeren wij nu tot het zonnenspectrum terug met zijne Fraunhoferse donkere lijnen. Na al het voorgaande ligt het voor de hand, die lijnen als absorptie-lijnen te beschouwen. Bepalen wij ons eenvoudigheidshalve tot de D- of natriumlijnen, dan schrijven wij haar ontstaan hieraan toe, dat het door de heete zonnekern uitgestraalde witte licht door een minder heeten dampkring is heengegaan, die onder meer ook natriumdamp bevat, waardoor het witte licht beroofd werd van juist die stralen, welker golflengte met die van het natriumlicht overeenstemt.

Wat is dan die zonnekern? Is zij een vast of een vloeibaar lichaam? Men heeft het wel eens gemeend; want er was een tijd, dat men niet beter wist of alleen zulk een lichaam kon een continu spectrum geven met alle lichtsoorten, die in het zonnenspectrum aanwezig zijn. Doch sedert de ontdekking, dat de lichtlijnen of lichtbanden van het emissie-spectrum van een gas breeder zijn, naarmate het gas meer is saamgeperst en dat dit spectrum, bij voldoende dichtheid van het gas, zelfs in een continu spectrum kan overgaan, is er van dien kant niets meer tegen, de zonnekern voor een gasbol te houden. Wat meer zegt, nadat wij bekend zijn geraakt met het bestaan eener »kritieke" temperatuur, de temperatuur boven welke een vast lichaam onbestaanbaar is en het onderscheid tusschen vloeistof en gas wegvalt, nu is het zelfs aangewezen de kern der zon met hare hooge temperatuur voor een sterk saamgeperst gaslichaam te houden.

Wij nemen de zon waar als eene scherp begrensde, sterk lichtende, witte schijf en als wij eenvoudig op deze waarneming afgaan, dan is de zon een lichtbol, of zooals het in de kunstspraak heet, eene *photosfeer*. Wordt evenwel de photosfeer, de schitterende schijf, bij eene totale zoneclips geheel door de maan bedekt, dan zien wij den donkeren maanrand door een smallen, rooden rand omzoomd, die hier en daar verheffingen vertoont, soms den vorm van rook-

wolken, als waren het erupties, aannemende. De roode zoom wordt aangeduid als de *chromosphere* der zon en hare verheffingen zijn de zoogenoemde *protuberanties*. Rondom dat alles vertoont zich nog eene zwak lichtende aureool, een zacht naar buiten uitvloeiende stralenkrans, die reeds aan PLUTARCHUS bekend was en die met den naam van *corona* wordt aangeduid.

Niet altijd wordt de donkere maanschijf gelijkmatig door coronalicht omgeven. Bij de laatste totale zoneclips in 1901 was de corona in twee tegenover elkaar gelegen kwadranten veel sterker ontwikkeld dan in de richting loodrecht daarop. De verandering van den vorm der corona vertoont eene periode en wel dezelfde, waarin de zonnevlekken een maximum en een minimum vertoonen.

Het onderzoek van het spectrum der verschillende onderdeelen van de zon geeft nu eenig inzicht in de natuur- en scheikundige gesteldheid van dit hemellichaam. Zoo wettigt, om een voorbeeld te noemen, het bestaan van de absorptie-lijnen  $D_1$  en  $D_2$  het vermoeden, dat natrium tot de bestanddeelen van de zon behoort. Verscheidene andere lijnen vallen samen met de ijzerlijnen, die in een absorptie-spectrum worden aangetroffen, waarvan het overeenkomstige licht door ijzerdamp geabsorbeerd is. En zoo zijn er nog andere lijnen in het zonnenspectrum, die tot bekende aardsche stoffen kunnen worden teruggebracht.

Het was alleszins natuurlijk de absorptielijnen in het zonnenspectrum toe te schrijven aan een gas-omhulsel van lagere temperatuur, de zonnekern met hare hooge temperatuur omringende, zolang men niet verdacht was op eene zoo buitengewone straalbreking als de anomale dispersie. De voorstelling vond bovendien belangrijken steun in de »omkeering» der donkere lijnen, dat is hare verandering in lichte lijnen, op het oogenblik dat de photosfeer juist door de maan bedekt is en de zonne-atmosfeer nog even boven den maanrand uitkomt. Het verschijnsel van de omkeering duurt maar een paar seconden: plotseling is het geheele spectrum vol helder gekleurde lijnen, die opflitsen om dadelijk weer te verdwijnen. Het door de zonne-atmosfeer voortgebrachte absorptie-spectrum ging, meende men, in haar emissie-spectrum over. De als atmosfeer beschouwde laag werd naar het genoemde verschijnsel de »omkeerende» laag genoemd en het kortstondige spectrum is het »flash»- of flits-spectrum. Dan volgde de chromosphere, waarvan het onderste gedeelte als de zoeven genoemde omkeerende laag kan

beschouwd worden, met haar door waterstoflijnen gekenmerkt spectrum.

De medegedeelde waarnemingen omtrent de anomale dispersie hebben in de laatste jaren de oude meening aan het wankelen gebracht en Prof. W. H. JULIUS heeft eene nieuwe zonne-theorie ontwikkeld, waarvan de groote beteekenis door de wetenschappelijke wereld wordt erkend.

Was het reeds op zichzelf een genot, de vernuftig gevonden theorie — door Prof. WOOD van de Wisconsin University »a very brilliant suggestion» genoemd — door haar maker zelve te hooren voordragen, het genot werd nog verhoogd door de goed geslaagde schoone proeven, waarmede de Hoogleeraar zijne meening verduidelijkte en hare aanneemlijkheid bewees. In herinnering zij gebracht het op een scherm geprojecteerde lange doorlopende spectrum van het koolspitslicht der electriche lamp, dat zijne continuïteit verloor, toen het licht een natriumdamp-prisma was gepasseerd, waardoor een breede, schijnbare absorptie-band ontstond, breeder wordende naarmate de natriumdamp grootere dichtheid verkreeg. De omkrulling of verbuiging van het spectrum, waarbij het licht van een weinig grootere golflengte dan de D-lijn naar den tegengestelden kant omhoog als dat, welks golflengte een weinig kleiner was, deed de anomale dispersie goed uitkomen.

Ook in de zonnetheorie van JULIUS wordt om de photosfeer een dampkring aangenomen, die uit gassen en metaaldampen bestaat, waarvan de brekings-index in 't algemeen kleiner wordt met toenemenden afstand van het middelpunt der zon. Door plaatselijke onregelmatige verdeeling der metaaldampen, bijv. van den natriumdamp, kan het licht echter hier en daar eene laag doorloopen, die als een prisma werkt, waarvan de brekende kant verschillend kan gericht zijn. Terwijl hierdoor de van de zonnekern afkomstige lichtstralen in 't algemeen slechts weinig zullen afwijken, zullen de bijzondere stralen, welker golflengte aan die van het natriumlicht grenst, eene zoo groote afwijking kunnen ondergaan, dat zij terecht komen naast stralen, die uit het gasomhulsel afkomstig zijn en zodoende de lichte lijnen van het emissie-spectrum van deze laatste versterken en verbreedden. Als de lichtpijlen in het spectrum van JULIUS (fig. 6), naderen de afgedwaalde stralen van de photosfeer de emissie-lijnen van de omkeerende laag of van de chromosfeer asymptotisch en doen aldus de breed beginnende en dun toeloopende lichtlijnen ontstaan, die men als chromosfeer-lijnen inderdaad heeft waargenomen.

Nu vertoont het chromosfeer-spectrum het duidelijkst de waterstoflijnen en bij deze vooral neemt men den kenmerkenden pijlspitsvorm waar. Wat echter voor het natriumlicht en zijne naburige lichtsoorten vaststaat, mag ondersteld worden ook voor andere gas- of damplijnen te zullen gelden.

In de oude voorstellingswijze trachtte men den pijlspitsvorm te verklaren uit de onderstelling, dat de lijnen uitsluitend gevormd werden door het licht van de sterk stralende gassen en metaaldampen der chromosfeer, welker dichtheid vlak bij de photosfeer zeer groot zou zijn en naar buiten toe zeer snel zou afnemen. »De nieuwe opvatting omtrent den oorsprong van het chromosfeerlicht sluit,» zegt JULIUS, »de mogelijkheid volstrekt niet uit, dat dit licht voor een gedeelte werkelijk aan eigen straling van gloeiend gas te danken is; wij hebben slechts doen zien, dat het ook gebroken photosfeerlicht kan zijn.»

Ook het flits-spectrum (»flash») der omkeerende laag, den smallen binnenrand der chromosfeer, kan of misschien moet aan anomale dispersie worden toegeschreven. Zijn er in die laag stoffen aanwezig, die aan het licht, dat onmiddellijk aan hare eigen straling grenst, slechts eene kleine anomale dispersie van het photosfeerlicht geven, dan zal deze dispersie slechts blijken in de onmiddellijke nabijheid van den photosfeer-rand, zoodra het volledige photosfeer-spectrum verduisterd is.

Op één belangrijk punt zij nogmaals de nadruk gelegd. De lichtlijnen van het chromosfeer-spectrum mogen in golflengte *zeer nabij* de overeenkomstige Fraunhofersche lijnen komen, — er mede identiek zijn zij niet. Wat men voor het emissie-spectrum der omkeerende laag gehouden heeft, *is niet* de nauwkeurige omkeering van het Fraunhofersche absorptie-spectrum. »Op vele plaatsen van den rand der zon moet zich het geval voordoen, dat de lichte lijnen ten opzichte van de absorptie-lijnen schijnen verschoven te zijn. Want al naar de verdeling van de dichtheid der dampen zullen nu eens vooral de stralen met grooten brekingsindex (aan de roode zijde der absorptielijnen), dan weer vooral die met zeer kleinen index (aan de violette zijde) zich naar ons toe buigen. In 't algemeen gesproken zal de dichtheid der gassen in de richting van binnen naar buiten afnemen en zoo zal de verschuiving der lichtlijnen ten opzichte van de Fraunhofersche lijnen naar de zijde der grootere golflengten iets vaker voorkomen dan naar de zijde der kleinere golflengten. »Het is te



verwachten", schreef JULIUS in Februari 1901, »dat in vele chromospherelijnen een donkere kern zal gevonden worden". Deze voorspelling is bewaarheid geworden door de uitkomsten van het onderzoek der zoneclips van den 18<sup>en</sup> Mei 1901.

Het is bekend, dat de Nederlandsche eclips-expeditie, onder leiding van den Majoor J. J. A. MULLEN, chef der triangulatie-brigade van den topographischen dienst, hare waarnemingen verricht heeft in het kamp te Karang Sago op Sumatra en dat voor dit doel uit Nederland zijn afgevaardigd de heeren dr. W. H. JULIUS en dr. A. A. NIJLAND, beiden hoogleeraar aan de universiteit te Utrecht, en J. H. WILTERDINK, observator aan de sterrenwacht en lector aan de universiteit te Leiden. Onder de belangrijke resultaten, die de expeditie heeft opgeleverd, moeten zeker genoemd worden de spectrogrammen, die met eene prisma-camera verkregen werden en waarop de chromospherelijnen voorkomen in verschillende fasen van het flitsverschijnsel. Door Prof. NIJLAND op het observatorium rondgeleid, werden deze uitkomsten aan de bezoekers van den cursus gedemonstreerd. De Nederlandsche expeditie had dan het geluk, vooral door de groote zorgvuldigheid, waarmede Prof. NIJLAND het waarnemingsplan met de prisma-camera heeft ontworpen en uitgewerkt, *de eerste platen te verkrijgen, die duidelyk aanwijzen dat alle chromospherelijnen dubbel zijn.*

De zonnetheorie van JULIUS heeft hierdoor aan waarschijnlijkheid gewonnen. Bovendien is deze theorie in schoone overeenstemming met de zienswijze, dat de zon een gaslichaam zou zijn, waarvan de dichtheid van binnen naar buiten in 't algemeen zonder sprongen afneemt, zoo zelfs dat eene grens tusschen photo- en chromospher niet zou bestaan. Dit schijnt in strijd met de alledaagsche waarneming, die ons de zon als eene schijf met scherp begrensden rand doet kennen.

In 1891 echter gaf Dr. AUGUST SCHMIDT, Professor aan het Realgymnasium te Stuttgart eene kleine verhandeling in het licht: »Die Strahlenbrechung auf der Sonne, ein geometrischer Beitrag zur Sonnenphysik", waarin wordt aangetoond, dat de scherp begrensde rand ons niet behoeft te weerhouden de zon voor een gaslichaam te houden, welks dichtheid naar buiten toe gaandeweg afneemt; want dat die rand der zonnenschijf een optisch bedrog kan zijn.

Laat fig. 7 in doorsnede een beeld van een gasbol geven, uit lagen van verschillende dichtheid bestaande. Denken wij nu, dat de gasbol bestraald wordt door eene in O aanwezige lichtbron, dan zouden de stralen, in de gasmassa doordringende, hetzelfde lot ondergaan van

de lichtstralen in onze dampkring: zij zouden namelijk, bij geleidelijk toenemende dichtheid, eene kromlijnige baan vormen, zooals in de figuur is voorgesteld. Niet alle stralen worden evenveel gekromd. De stralen, die in de buitenste dunne lagen van den gasbol binnendringen, worden slechts zwak gekromd en treden ook weer uit den bol om verder in de ruimte hun weg te vervolgen. De meer binnen-

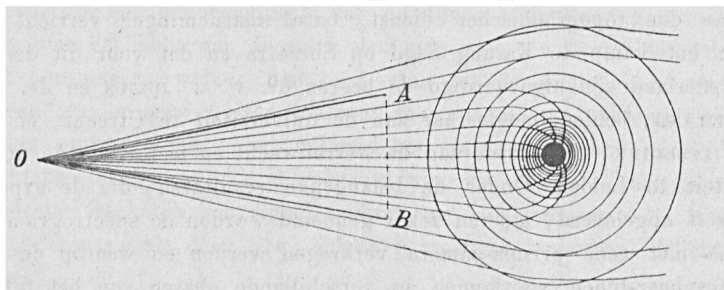


Fig. 7.

waarts vallende stralen worden daarentegen zoo gekromd, dat zij den gasbol niet weer verlaten. Er moet een kegeloppervlak bestaan, dat beide groepen van stralen van elkander scheidt en wij nemen aan, dat deze kegelmantel in doorsnede door de figuur A O B wordt aangeduid. Op een zekeren afstand toch van het middelpunt moet er een straal zijn, die, horizontaal beginnende, in een cirkel om het middelpunt rondloopt. Deze cirkel omsluit dan de kritische sfeer, die de gasmassa in twee deelen, eene binnenwaarts en eene buitenwaarts gelegene, verdeelt.

Het boven beschreven proces is omkeerbaar. Denken wij namelijk den gasbol lichtgevend en in O het oog van den waarnemer, dan blijven de lichtbanen dezelfde, met dien verstande, dat het licht ze nu in tegengestelde richting doorloopt. De waarnemer ontvangt dan de binnen het kegeloppervlak BAO gelegen sterk lichtgevende stralen der kritische sfeer, in ons bijzonder geval der photosfeer; en bovendien ontvangt bij de zwak lichtgevende stralen, die uit de buitenste, dunne en minder warme lagen afkomstig zijn. Door het contrast wordt van de laatstgenoemde niets gezien en de zonnenschijf vertoont zich scherp begrensd.

Bij zijne opvatting van de lichtverschijnselen, die het buiten de zoogenoemde photosfeer vallende gedeelte der zon oplevert, heeft Prof. JULIUS geredeneerd onafhankelijk van de theorie van SCHMIDT; maar wel is omgekeerd gebleken, dat laatstgenoemde theorie geheel

past bij de zonne-theorie van JULIUS. Zoolang men het flitslicht als een emissie-spectrum beschouwde van de slechts dunne omkeerende laag, moest men, om van de groote lichtsterkte rekenschap te geven, aan de gassen nabij den rand der zon eene groote dichtheid toekennen, eene voorstelling, waarvan het onwaarschijnlijke steeds gevoeld werd. Nu echter, volgens JULIUS, het flitslicht in de groote hoofdzaak een gedeelte van het sterke photospheerlicht is, vervalt het bezwaar. Waar voorts in de gasmassa buiten de kritische spher heftige bewegingen plaats hebben en dientengevolge groote verschillen in dichtheid bestaan, daar worden door de anomale dispersie de optredende uitwassen en vertakkingen der lichtlijnen verklaard, die zich voordoen, wanneer de spectroscop op de protuberanties gericht wordt.

SCHMIDT vatte, aan het einde zijner verhandeling, zijne uitkomsten samen in de volgende drie stellingen:

1. De zon is een onbegrensd hemellichaam; er is in 't bijzonder geen grensvlak tusschen een zonnelichaa m en een zonedampkring.

2. De rand der zonenschijf is het product van regelmatige straalbreking in een dampkring, welks dichtheid in het schijnbare grensgebied veel kleiner is dan de dichtheid der lucht aan de oppervlakte der aarde.

3. De zonnefakkels en de protuberanties zijn producten van onregelmatige straalbreking. Het licht der laatste is afkomstig uit een gebied der zon, dat beneden de plaats van de schijnbare grens ligt.

Combineeren wij de beide theorieën, dan is het witte zonlicht afkomstig uit vele, voor een deel zeer diepe lagen der zon. Dit licht ondergaat op zijn langen weg door den gasbol eene absorptie van bepaalde lichtsoorten, waardoor de donkere lijnen van FRAUNHOFER ontstaan. Lichtsoorten, die onmiddellijk aan de geabsorbeerde grenzen, worden anomaal gedispergeerd en kunnen daardoor den schijn wekken afkomstig te zijn uit veel meer aan de oppervlakte gelegen lagen.

Is tot dusver de theorie van JULIUS onafhankelijk van, doch gesteund door de theorie van SCHMIDT, de laatste wordt eene voorwaarde voor de beschouwingen der eerste, waar deze de verschijnselen der zonnevlekken betreffen, verschijnselen derhalve, die binnen den schijnbaren zonnerand thuis behooren.

Vele lijnen van FRAUNHOFER zijn in het spectrum der vlekken sterk verbreed. De verbreeding kan een gevolg zijn van het ontbreken van verwante lichtsoorten, die bij het passeeren van de ver-

schillende gaslagen, tengevolge van plaatselijke verschillen in dichtheid, door anomale dispersie in alle richtingen verstrooid zijn. Het is het geval van eene verbreding van een absorptie-band, zonder dat hierbij absorptie in het spel is geweest.

Deze verklaring schijnt eenvoudiger en waarschijnlijker dan de vroegere opvatting, die het bestaan eischte van zulke reusachtig groote snelheden van bepaalde onderdeelen der gasmassa, dat de verklaring hierdoor min of meer onaanneemlijk werd.

Ik eindig hiermede het slechts in omtrekken geteekende beeld der nieuwe zonnetheorie, die hare plaats in de wetenschap reeds heeft ingenomen. Het is eene poging om door te dringen in den inwendigen aard van de alleen langs optischen weg voor ons te bereiken zon, het hemellichaam, waaraan wij alles te danken hebben.

Doordringen in het inwendige der natuur, de grootsche taak van den ernstigen natuuronderzoeker en daarnaast eene taak, die aan velerlei beoordeeling, soms zelfs aan miskenning blootstaat!

In 's Innre der Natur  
 Dringt kein erschaffner Geist.  
 Glückselig! wem sie nur  
 Die äussre Schale weist!

Zoo schreef een man, die zelf natuuronderzoeker was, de in zijn tijd wijd vermaarde ALBERT VON HALLER, niet minder beroemd dan zijn leermeester, onze groote BOERHAAVE. De vrome piëtist legde deze woorden den medicus-dichter in den mond. Doch anders dacht een andere dichter. De tuchtiging, wegens de aangehaalde woorden, in later tijd door GOETHE aan HALLER toegediend, was misschien hardhandig; dit neemt niet weg, dat GOETHE's opvatting meer strookt met het streven der wetenschap dan die van HALLER. Dat wij, ook bij onze natuurverklaring, voor ondoorgrondelijke raadselen komen te staan — men behoeft niet bijzonder bescheiden te zijn om het te erkennen. Dat altijd op den voorgrond brengen van het ondoorgrondelijke heeft evenwel een bedenkelijken kant. Lijdzame berusting, omdat de menschelijke rede onmachtig staat en zal staan tegenover menig probleem, is stellig een medicament tegen veel kwelling des geestes; maar óók kan zij zijn en is zij meermalen geweest het gevaarlijke heulsap, dat den prikkel tot onderzoek afstompt, doodelijk voor de geestdrift, het enthousiasmè: den god in ons. Die lijdzaamheid heeft soms tot zuster, ook wel eens tot moeder de zelfgenoeg-

zaamheid, die geen plaats laat voor streven naar meer en beter. Neen, zegt GOETHE, volhard bij uw geloof, dat ook het onbegrijpelijke voor ontraadseling vatbaar is, of gij doodt den onderzoeker.

»Der Forscher muss bei dem Glauben verharren, dass das Unbegreifliche begreiflich sei; er würde sonst nicht forschen».

Door deze gedachte geleid en voortgestuwd door hun innerlijken drang naar kennis, naar steeds meer licht, volbrengen onze onderzoekers hunne levenstaak, geduldig verbeidend de vruchten en waardig dragend de talrijker teleurstellingen, die hun arbeid oplevert.

Deventer, April 1902.

(Wordt vervolgd.)