

# HELIUM.

## HET ZONNE-ELEMENT,

DOOR

Dr. E. VAN DER VEN.

---

Voor diegenen onzer lezers, die getrouw in het *Wetenschappelijk Bijblad*<sup>1</sup> de rubriek »Scheikunde» nagaan, is het een bekende zaak, hoe het pas ontdekte argon aanleiding heeft gegeven tot het vermoeden, dat thans ook de raadselachtige stof is gevonden, waarvan men tot nog toe meende dat zij de eenige *niet* aardse was, wier voorkomen in de chromosfeer der zon was geconstateerd en die men daarom *Helium* noemde.<sup>1</sup> Bij de bereiding toch van argon uit cleveït ontstond, naar dr. DOIJER VAN CLEEFF ter aangehaalde plaatse mededeelt, een stof, waarvan het kleurenbeeld met dat van argon zelf in menig opzicht verschilt, onder anderen hierin, dat er een gele streep in voorkomt, die, even als de streep  $D_3$  in het spectrum van de chromosfeer, naar de zijde van het groen afwijkt van de dubbele streep D, die het spectrum van de natriumvlam vormt. CROOKES, die de golflengte van den streep bepaalde, vond dat deze met de golflengte van de streep  $D_3$  overeenkwam.

Het goed begrip van deze voor de wetenschap hoogst belangrijke mededeeling vordert niet slechts dat zij, die er kennis van nemen, zich duidelijk voor oogen stellen hoe in het algemeen de aanwezigheid van een of andere stof verraden wordt door het kleurenbeeld van de vlam, waarin zij als gloeiende damp voorkomt, maar tevens

---

<sup>1</sup> *Wetenschappelijk Bijblad*, 1895, 7e afl.

hoe in het bijzonder men in staat is dit middel aan te wenden, waar het er op aan komt de samenstelling van eenig lichaam, o. a. ook van het omhulsel der zon, te bepalen. De overweging dan ook, dat het velen dier lezers aangenaam zou kunnen zijn in deze twee opzichten nader te worden voorgelicht, brengt er mij toe in korte trekken weer te geven en aan te vullen, wat ik voor jaren daaromtrent uitvoerig nederschreef.<sup>1</sup>

Elk gas, zoowel als elk lichaam, dat in dampvormigen toestand verkeert, is in staat lichtstralen te absorbeeren van dezelfde breekbaarheid als het licht, dat het, zelf gloeiend, in staat is uit te stralen; het absorbeert uitsluitend deze en geene andere. Zweeft een zwakke natriumvlam voor een zoodanige die zeer heet is, dan schijnt gene pikzwart, als hij gezien wordt tegen den helder verlichten achtergrond, door deze gevormd. Het zwakke vlammetje, dat, als het zelf lichtbron is, stralen uitzendt van dezelfde breekbaarheid als de dubbele donkere streep D in het spectrum van het zonnelicht, houdt diezelfde stralen, als zij van een meer intense lichtbron komen, tegen.

Deze absorptie der stralen van het natriumlicht uitsluitend door dampen van natrium zelf is niet maar schijnbaar; want als in het gas, dat de kleine vlam voedt, een lithiumzout in plaats van een natriumzout wordt gebracht, dan gaan de stralen van de intense natriumvlam er ongehinderd door. Brengt men daarentegen in beide vlammen damp van lithium, dat zelf als het aan de verbranding deelneemt de vlam prachtig rood kleurt, dan vertoont zich het verschijnsel dadelijk weder; voor den prachtig verlichten rooden achtergrond vertoont zich dan weder het lichtzwakke vlammetje als ware het pikzwart.

Dit verschijnsel werd door KIRCHHOFF geformuleerd in deze wet: *Wanneer twee vlammen gelijke temperatuur hebben, dan moet het vermogen om licht van eene bepaalde breekbaarheid uit te stralen, bij de eene even groot zijn, als bij de andere dat om die op te storpen; niet tevreden haar door de verschijnselen te zien bevestigd, heeft hij haar uit theoretische gronden afgeleid.*

Van de ontdekking dezer wet tot de poging om door haar de strepen te verklaren, die in sommige spectra, bijvoorbeeld in dat van het zonnelicht voorkomen, was de weg niet lang. Indien toch van een vast of vloeibaar lichaam, bijvoorbeeld van de gloeiende kool-

---

<sup>1</sup> *De fysieke toestand der zon.* Haarlem, KRUSEMAN en TJEENK WILLINK, 1876.

deeltjes in den electrischen lichtboog, een licht uitgaat, waarin, in onafgebroken opeenvolging, stralen van elke breekbaarheid voorkomen en men dit licht, alvorens het in een prisma treedt, laat strijken door een vlam, waarin een of ander element aan de verbranding deelneemt, dan ziet men dat het licht, aan wiens samenstelling niets ontbrak, daar niet ongehinderd doorgaat. Is dit element natrium, dan verliest het de stralen, wier breekbaarheid met die van natrium overeenkomt; na door het prisma te zijn gebroken geeft het een kleurenbeeld, waarin een dubbele donkere streep voorkomt, ter plaatse waar het natriumlicht zelf een dubbele gele streep geeft.

Toch zou het, met betrekking tot de oorzaak van de strepen van FRAUNHOFER in het zonnespectrum, bij een vermoeden, hoe gegrond dan ook, zijn gebleven indien niet de technici aan de wetenschap een instrument hadden geleverd, dat, terwijl het een zuiver en uitgebreid spectrum geeft, tevens een uitmuntend meetwerktuig is en als zoodanig in staat, om met groote nauwkeurigheid over het al of niet samenvallen van donkere en heldere strepen een oordeel te doen vellen.

Het is hier de plaats niet om in een beschouwing te treden over de verschillende spectroscopen, die achtereenvolgens tot het aangegeven doel zijn aangewend. Alleen zij aangemerkt dat, om dit te bereiken, het noodig is, dat stralen, wier breekbaarheid slechts weinig verschilt, verder van elkander worden gescheiden dan door een enkel prisma kan geschieden. Men heeft dan ook spectroscopen vervaardigd, waarin, zooals in dat van BROWNING, de lichtbundel, alvorens uit te treden, achtereenvolgens door negen prisma's gaat en zijne doorsnede, zoo doende, tot een langen band wordt uitgerekt. Het is duidelijk, dat door eene zoo buitensporigè uitbreiding een onafgebroken kleurenbeeld, zoowel als zulk een, waarin de verschillende kleuren slechts door zeer smalle donkere strepen gescheiden zijn, uiterst lichtzwak wordt. Waar het echter de waarneming geldt van de heldere strepen, die het spectrum vormen van gloeiende *gassen*, daar vervalt dit bezwaar. Het licht dier *gassen* toch is of enkelvoudig, of samengesteld uit enkelvoudige bestanddeelen, die zelf niet kunnen ontleed worden. Mogen dus al, bij het doorloopen van de op elkander volgende prisma's, die heldere strepen al verder en verder van elkander worden verwijderd, elke streep op zich zelf wordt daarbij niet breeder en verliest dus ook niet aan intensiteit.

Dit onderscheid tusschen de kleurenbeelden van vaste en vloeibare lichamen aan de eene zijde en van *gassen* aan de andere, maakt den

spectroscoop met zeer sterk kleurschiftend vermogen op klaarlichten dag bruikbaar voor het onderzoek van het licht der hemellichamen, ten minste, voor zoover zij hun licht aan het gloeien van *gassen* danken. Wat ons toch bij dag verhindert de sterren te zien, is het diffuse licht van den dampkring, dat niets anders is dan teruggekaatst zonnelicht en sterk genoeg om allen te overschijnen behalve het hemellicht, waarvan het afkomstig is. Naar deze zijne hoedanigheid van zonlicht bestaat zijn spectrum uit eene hier en daar slechts afgebroken opeenvolging van stralen van verschillende breekbaarheid en wordt het, door een spectroscop van sterk kleurschiftend vermogen, uitgerekt tot een spectrum van groote lengte maar geringe lichtsterkte. Op dit zoo lichtzwakke spectrum als achtergrond zijn de heldere strepen van het enkelvoudige, niet verder te ontleden licht van al die sterren, wier licht door gloeiende gassen wordt uitgestraald, duidelijk zichtbaar.

Het zal blijken, dat, in hetgeen wij tot nog toe hebben uiteengezet, wij voldoende materiaal bezitten, om de samenstelling van het omhulsel der zon na te gaan, indirect zoowel als direct. Indirect, in zooverre wij, daarbij uitgaande van de wet van KIRCHHOFF, de volgende hypothese kunnen stellen.

»Het spectrum van het zonnelicht is overdekt met donkere strepen, die er op wijzen, dat van het licht, hetwelk de zon uitstraalt, tal van eenvoudige kleuren worden opgeslorpt door in dampvormigen toestand verkeerende elementen, die haar als een dampkring omhullen.»

Direct, in zooverre de spectroscop het middel aan de hand geeft om het licht der chromosfeer op zijne samenstellende deelen te onderzoeken. Van deze chromosfeer dragen wij kennis, sedert in 1706 STUNNYAN, die de zoneclips van dat jaar te Bern waarnam, aan FLAMSTEED meldde, dat kort voor het einde van de eclips, de westelijke rand overdekt was door een bloedroode laag, die niet langer dan zes à zeven sekonden bleef bestaan. De opzettelijke waarneming van die laag dagteekent echter eerst van 1842, toen zij, gedurende de eclips, die in dit jaar op den 8<sup>sten</sup> Juli over gansch Midden-Europa zichtbaar was, door AIRY, ARAGO en STRUVE werd gezien en zoo goed mogelijk in teekening gebracht. Die afbeeldingen echter weken zoo zeer van elkander af, dat sterrekundigen van naam aan de op *flammen* gelijkende aanhangsels van den zonnerand — protuberansen noemde men ze — geen werkelijk bestaan willende tekenen, deze toeschreven aan luchtspiegeling.

Van de eclips, die in den zomer van 1851 over gansch Noord-Europa zichtbaar zou zijn, verwachtte men de oplossing van het raadsel; en zij stelde deze verwachting niet te leur. Zij luidde, en alle daarop gevolgde zonsverduisteringen bevestigden dit, dat niet slechts hier en daar boven de oppervlakte der zon ophooping van gloeiend gas aanwezig zijn, maar dat zelfs hare gansche oppervlakte door een laag van dit gas overdekt is. In onderscheiding van de photo- of lichtspheer, van welke het eigenlijk zonnelicht heet uit te gaan, noemde men haar de chromo-, dat is kleurspheer. Al wat de teleskoop en de camera obscura omtrent deze konden leeren, hebben zij geleerd bij de verduistering van 1860; en het zou bij de langs deze wegen verkregen kennis zijn gebleven, indien niet in het jaar daarop de spectraalanalyse het middel had aan de hand gedaan, om de chromospheer direct op hare samenstellende deelen te onderzoeken.

De totale zonsverduistering, die in 1868 in Indië zichtbaar zou zijn, werd aangewezen om daarop het nieuwe hulpmiddel toe te passen; tal van wetenschappelijke genootschappen in Europa zorgden voor het uitrusten van expeditiën, die in de verre gewesten zich met die toepassing belastten. De uitslag, schoon niet ongunstig, voldeed niet aan de hoog gespannen verwachting. Had men durven hopen op eene totale omkeering van het zonnespectrum, op een spectrum dus, dat uitsluitend uit heldere strepen bestond ter plaatse waar het zonnespectrum de strepen van FRAUNHOFER vertoont, de best geslaagde waarnemingen, die van de Fransche expeditie naar Malacca, leverden slechts een zevental. Zooveel was echter uitgemaakt, dat allerwaarschijnlijkst waterstofgas het hoofdbestanddeel was van die roode vlammen; de door niemand betwijfelde overeenstemming van een groenblauwe streep met een der strepen in het spectrum van gloeiend waterstofgas en van een helder roode met eene andere in datzelfde spectrum, rechtvaardigde deze conclusie.

Meer echter dan hooge waarschijnlijkheid leverde de zonsverduistering van 1868 niet en men zou verplicht zijn geweest nadere inlichtingen van eene volgende af te wachten, indien niet juist tijdens de waarneming dier verduistering bij een der waarnemers, JANSSEN, de overtuiging was gerezen, die zich uitdrukte in den uitroep »*Je reverrai ces lignes-là!*» en niets minder was dan de uiting van het begrip, dat met zijn spectroscop van groot kleurschiftend vermogen deze strepen ook dan zichtbaar moesten blijven, wanneer de zon niet verduisterd was.

Den daaropvolgenden dag bracht hij zijn voornemen ten uitvoer en zag hij ze terug die strepen, maar nu terwijl de zon in al haren glans aan den hemel stond.

Wie goed heeft ingezien, waarom met een krachtigen spectroscop men bij helderen dag de strepen zal kunnen waarnemen van het kleurenbeeld, door sterren gevormd, wier licht door gloeiend gas wordt uitgestraald, dien zal het ook duidelijk zijn, hoe het mogelijk is, dat in de onmiddellijke omgeving der zon de strepen waarneembaar zijn, die het kleurenbeeld van de evenzoo gasvormige protuberansen vormen. Toch meenen wij, om het goed begrip van deze mogelijkheid te bevestigen, verplicht te zijn een inzicht te geven van de wijze, waarop men bij deze waarnemingen te werk gaat.

Wij onderstellen dan dat van den kijker het oculair (oogglas) is weggenomen en vervangen door een spectroscop, die met groote nauwkeurigheid zóó is gesteld, dat én het beeldje van de zon, door het objectief (voorwerpglas) van den kijker, gevormd, juist in het vlak van de spleet van den spectroscop valt, én de donkere strepen van het zonnenspectrum door den spectroscop duidelijk worden gezien. Vervolgens stelt men de spleet *tangentiaal*, dat wil zeggen zóó, dat zij raaklijn is aan de zonneschijf, wat, bij de schijnbaar voortgaande beweging van de zon aan den hemel en bij de wentelende beweging der aarde, ook dan wanneer de kijker door een uurwerk wordt gedreven, groote geoeffendheid vordert.

De figuren 1, 2 en 3 mogen dan achtereenvolgens voorstellen én hoe men verder heeft te handelen, én wat men in het veld van den spectroscop zal waarnemen. In al deze figuren is RR de rand der zon, de onregelmatige kromme daar buiten de omtrek van een protuberans en SS de spleet, wier breedte hier vergroot is voorgesteld.

Zoo lang nu nog de spleet in hare gewone lengte op de zonneschijf ligt, zal het spectrum zich voordoen als in fig. 1 het gedeelte c d e f: het zal een gewoon zonnenspectrum zijn met scherp begrensde donkere strepen, B en C. Komt echter de spleet zoo te staan als fig. 2 geeft, zoodat alleen het midden daarvan nog op de zonneschijf en op de protuberans ligt, terwijl door de uiteinden alleen licht van den dampkring dringt, dan wordt het eigenlijke spectrum c d e f zwakker en aan beide zijden omzoomd door flauw verlichte randen, waarin nog even de donkere strepen zichtbaar zijn. Verwijdert men nu de spleet verder van de zon dan wordt het spectrum van het direkte zonnelicht voortdurend smaller, dat van het licht van den dampkring

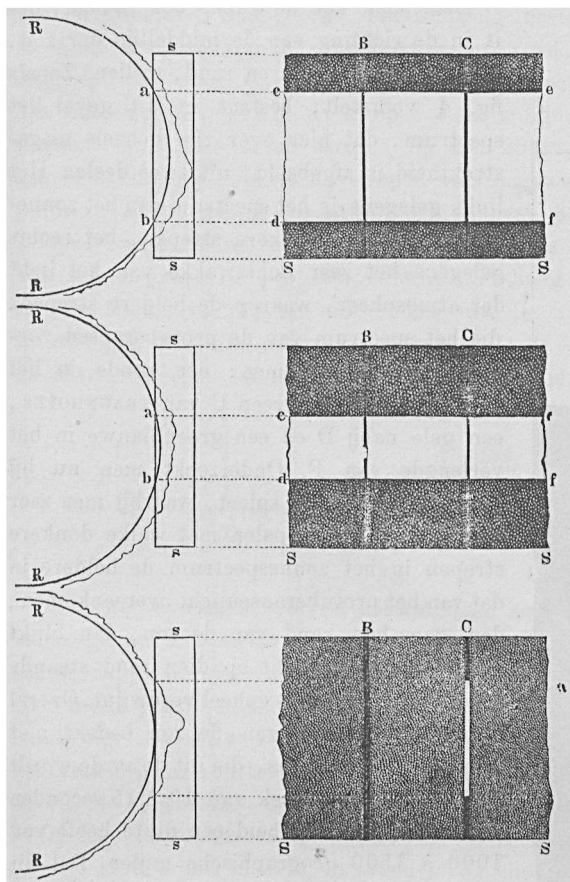


Fig. 1, 2 en 3.

breeder. Het middelste gedeelte wordt nu gevormd door licht, dat deels van den dampkring komt, deels van de protuberans en voor een klein deel van de zon zelve; dit laatste is echter nog sterk genoeg om de heldere strepen der protuberans geheel te overschijnen. In fig. 3 is dit echter niet meer het geval; de bovenstegrenslijn van de spleet is nu raaklijn aan de zon geworden en alleen licht van den dampkring dringt, met dat van de protuberans, in den spectroscop. Over

zijne gansche uitgestrektheid is nu het veld van deze flauw verlicht door een tint van dat deel van het spectrum des dampkrings, waarin de donkere strepen C en D liggen. De laatstgenoemde echter is in haar midden helder rood gekleurd en wel over dat gedeelte, dat overeenkomt met het deel van de spleet, dat op de protuberans zelve ligt. Had men de prisma's van den spectroscop zóó gesteld, dat of de streep  $D_3$  of de streep F van het zonnespectrum in het veld had gelegen, dan zou men achtereenvolgens dezelfde verschijnselen hebben waargenomen, met dit verschil, dat men dan op het laatste oogenblik die donkere streep over haar midden zou hebben zien veranderen in een gele of in een blauwe.

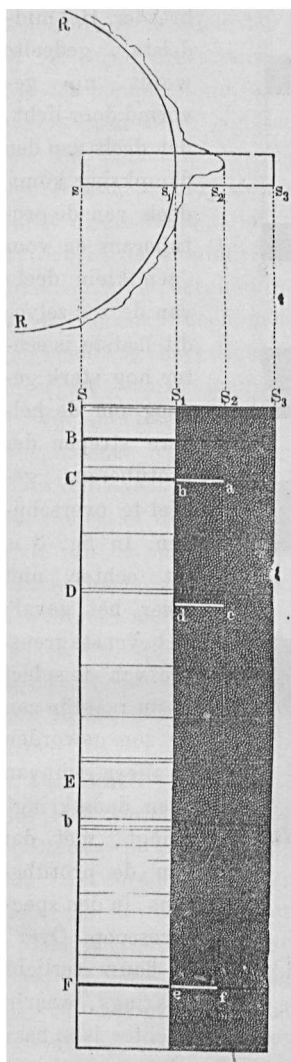


Fig. 4.

Maar men kan de streep ook *radiaal*, dat is in de richting van de middellijn der zon, dus loodrecht op haren rand, stellen. Zooals fig. 4 voorstelt, bestaat in dit geval het spectrum, dat hier over zijn geheele uitgestrektheid is afgebeeld, uit twee deelen. Het links gelegene is het spectrum van het zonnelicht met zijne donkere strepen, het rechts gelegene het zeer lichtzwakke van het licht der atmosfeer, waarop de heldere strepen, die het spectrum van de protuberansen vormen, scherp uitkomen: een roode in het verlengde van de streep C van FRAUNHOFER, een gele nabij D en een groenblauwe in het verlengde van F. Onderzoekt men nu bij dezen stand van de spleet, waarbij men zeer nauwkeurig kan bepalen met welke donkere strepen in het zonnespectrum de heldere in dat van het protuberansenlicht overeenkomen, den ganschen rand van de zon, dan blijkt het, dat de loodrecht op dien rand staande roode streep nergens geheel verdwijnt. Overal is de oppervlakte van de zon bedekt met een laag gloeiend gas, die uit de aarde wordt gezien onder een hoek van 10 à 15 seconden en dus in werkelijkheid een dikte heeft van 1000 à 1500 geographische mijlen. Dat dit gas grootendeels waterstofgas moest zijn, was hoogst waarschijnlijk; de roode en de groenblauwe streep toch kwamen volkomen in ligging overeen met de strepen  $H\alpha$  en  $H\beta$ , die in het spectrum van dit gas voorkomen. En deze waarschijnlijkheid werd zekerheid, toen het aan LOCKYER gelukte, ook de vio-

lette, met de streep  $H\gamma$  van het waterstofgas overeenkomende streep, in het licht der photosfeer te ontdekken.

Dat ook andere aardsche stoffen in den toestand van gloeienden damp deel van het omhulsel der zon uitmaken, werd door opeenvolgende waarnemingen bevestigd. Zoo nam SECCHI op den 25<sup>sten</sup> Mei 1869

een protuberans waar, wier kleurenbeeld bestond uit de in fig. 5 in hunnen betrekkelijken stand nauwkeurig voorgestelde strepen. In deze zijn de door C, F en  $\gamma$  geteekende onze oude bekenden van het waterstofgas, terwijl de strepen  $b$  en  $x$  bijna zonder twijfel ijzerstrepen zijn. Nog beter slaagde hij den 28<sup>sten</sup> November, toen het hem niet slechts gelukte de strepen van magnesium, borium en natrium waar te nemen, maar hij daarenboven het spectrum zóó met heldere strepen bezet zag, dat hij moeielijk alle aan deze vier stoffen kon toeschrijven. De protuberans was niet hoog; maar de waterstofstrepen staken toch boven alle andere uit. De hoogte van de magnesiumstrepen was niet meer dan een derde van de hare, dan kwamen de natriumstrepen en het laatst die van borium.

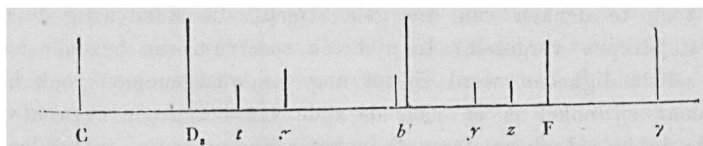


Fig. 5.

Deze waarnemingen werden zoowel door hem zelf als door anderen bevestigd en met nieuwe vermeerderd; meer bekende zelfstandigheden echter dan waterstof, magnesium, borium, nikkel en ijzer vertoonden zich in de protuberansen niet. Daarbij wees steeds het verschil in de lengte der strepen er op, dat deze stoffen, ten gevolge misschien van het verschillend soortelijk gewicht van hare dampen, niet even hoog boven de oppervlakte der zon werden opgeworpen.

In deze laatste overweging ligt een wenk opgesloten, dat men de overige stoffen zou moeten opzoeken in de chromosfeer der zon zelve. Met gunstig gevolg geschiedde dit bij het begin van de zonsverduisteringen in 1870 en 1871 door YOUNG en JANSSEN; op het oogenblik dat de rand der maan dien van de zon juist bedekte en de nog buiten den eerstgenoemden uitstekende chromosfeer haar licht in den spectroscop wierp, zonder daarbij door licht van den dampkring vergezeld te zijn, zagen zij plotseling het gansche zonnenspectrum omgekeerd: volkomen heldere strepen namen toen plotseling de plaats der donkere in. YOUNG verkreeg, nadat hij zich een 8300 voet boven de oppervlakte der zee gelegen punt van het Rotsgebergte in Noord-Amerika tot standplaats had gekozen, onder deze gunstige atmosferische omstandigheden, zelfs als de zon niet was verduisterd, resultaten van nog meer belang. In 1872 zag hij zich in staat gesteld

een lijst van 273 heldere strepen in het licht te geven, die met de strepen in de spectra van waterstofgas, magnesium, natrium, borium, ijzer, calcium, cobalt, nikkel, titanium, lithium, strontium, caesium, zwavel, zink, koper, chromium en lanthanum overeenkomen. Toch vergezelde hij, toen hij deze lijst uitgaf, haar met de opmerking, dat hij nooit volkomen in staat was geweest de hoop te verwezenlijken, dat hij *alle* strepen van FRAUNHOFER omgekeerd zou zien.

Wat ondertusschen uit al deze waarnemingen was gebleken, is dit merkwaardig feit, dat onder alle stoffen, wier aanwezigheid in het omhulsel der zon werd geconstateerd, er geene was die niet op aarde voorkwam. . . . . uitgenomen die ééne stof, die bij alle waarnemingen zonder onderscheid hare aanwezigheid door de streep  $D_3$  verraadde. Wat toch te denken van die gele streep, die standvastig de drie waterstofstrepen vergezelt? In niet één spectrum van bekende aard-sche zelfstandigheden werd zij tot nog toe waargenomen; ook heeft zij, daar zij enkel is en naar de zijde van het groen even afwijkt van de dubbele donkere streep D in het zonnenspectrum, in het laatste hare overeenkomstige niet. Een feit dat aan de waarde van KIRCHHOFF's theorie groote afbreuk zou doen, indien het niet gansch alleen stond en daarenboven kon verklaard worden uit de mogelijkheid, dat deze heldere streep  $D_3$ , die in het licht van de hooger gelegen lagen van de atmosfeer, in dat van de corona, niet voorkomt, herkomstig is van een zelfstandigheid, die bij zeer hooge temperatuur gloeit en in den regel door geen koelere, absorbeerende laag van dezelfde stof overdekt is.

Zoo was de stand der zaken in 1876 en de ongeveer twintig jaren, die sedert zijn voorbijgesneld, hebben daarin geene wezenlijke verandering gebracht. De stof, die in het spectrum van chromosfeer en protuberansen de heldere gele streep  $D_3$  voortbrengt, bleef de groote onbekende. Tot nu onlangs de ontdekking van een nieuw element, bestanddeel van onzen dampkring, aanleiding heeft gegeven tot het vermoeden, dat het element, in wiens bezit tot nog toe schijnbaar de zon alleen zich mocht verheugen, ook op aarde voorkomt. En om de eeuwen door de herinnering te bewaren aan zijn in hoogere kringen doorgebrachte jeugd, doopte men het gevonden element *helium*, dat is zonne-element.

Spoedig echter rees de vraag of de peters hiermede niet wat al te vlug waren te werk gegaan. Naar RUNGE's bevinden toch was de gele streep in het spectrum van het uit cleveït bereide gas een dub-

bele, even als de natriumstreep en HUGGINS, die daarop nogmaals opzettelijk de streep  $D_3$  van het protuberansenlicht nauwkeurig heeft waargenomen, verzekert, wat trouwens nooit anders was gezien, dat deze enkel is. Ook was de mogelijkheid verre van uitgesloten, dat een meer nauwkeurige bepaling van de ligging der streep, die in het spectrum van het »gas uit cleveït» voorkomt, een verschil met de ligging van streep  $D_3$  in het licht der chromospheer, zou openbaren; het was CROOKES, de vader van den in zijn prillen jeugd overleden vierden aggregatie-toestand, die de metingen deed en.... wat men hoopt, dat gelooft men zoo gaarne. Een nieuw element, met een gele streep in het spectrum.... en dan nog steeds dat op aarde niet te vinden *helium*!

De laatste berichten echter luiden weer gunstiger voor de identiteit der beide elementen. Zelfs HUGGINS is door nadere waarneming tot de overtuiging gekomen, dat de streep  $D_3$  inderdaad dubbel is, al is dan ook de minst breekbare component zwakker dan de andere. Ook HALE zag haar zóó, zoowel in het spectrum van de chromospheer als in dat van de protuberansen, terwijl tusschen de golflengten van de streep in het cleveït-gas en van die in de chromospheer, zooals die door RUNGE en door HALE zijn gemeten, nog slechts het verschil 0.041 bestaat.<sup>1</sup>