

MERKWAARDIGE LICHTVERSCIJNSELEN.

DOOR

P. VAN DER BURG.

Van de verschillende werktuigen, die den mensch geschonken zijn om zich met al wat buiten hem omgaat en wat hem omringt in betrekking te stellen, is er zeker geen, dat hem meer tot denken opwekt, meer zijn verstand verrijkt, meer zijn genoegen vermeedert of veredelt, dan het werktuig des gezichts, het oog. Het is uitsluitend bestemd om de lichtwerkingen kenbaar te maken, en deze bezitten, onder welken vorm ook, zelfs voor den minst ontwikkelde altijd iets aantrekkelijks. Men denke slechts aan de kleuren.

In dit opzicht is het genot, dat het oog den mensch verschaft, ruimer, meer algemeen, dan hetgeen het oor te genieten geeft; want dit heeft meer oefening noodig door onderricht en door opvoeding, zal het werkelijk den geest of het gevoel verheffen of streelen, dan dit wel bij het oog noodzakelijk kan geacht worden. Het aandachtig gadeslaan der lichtverschijnselen heeft ook mij vaak doen genieten; meermalen sprak ik er eenige jaren geleden in dit tijdschrift over. In den laatsten tijd hield ik mij vooral bezig met zulke lichtwerkingen, welke onder den naam van *phosphorescentie* of ook wel *fluorescentie* zijn bekend; en deze gaven zooveel tooverachtig schoons waar te nemen, dat ik het voornemen opvatte, enkele uitkomsten van mijn onderzoek in die richting aan de lezers van het Album bekend te maken, vooreerst omdat ik meende eenige, voor zoover ik weet, nieuwe en minder bekende zaken betrekkelijk dat onderwerp te kunnen mededeelen, en ten

andere omdat het de meest liefelijke, meest geheimzinnige en daardoor ook de meest aangename verschijnselen te zien geeft. — Daar het Album zich echter ten doel moet stellen, geen vernis van kennis aan zijne lezers te bezorgen, maar wel degelijk om het nuttige en ontwikkelende met het aangename te verbinden, zoo besloot ik het gordijn wat breeder open te schuiven, en daardoor wat ik wilde doen zien in een helderder licht te plaatsen, dat is, vooral die lichtwerkingen nader te bespreken, waarmede de phosphorescentie in het nauwste verband staat. Ik ga dan ook onmiddellijk daartoe over, en hoop er eenig nut mede te doen.

Het moge als bekend worden aangenomen, dat het licht wordt voortgebracht door zeer kleine, heen en weër gaande bewegingen, schommelingen dus, of trillingen of golven van de deeltjes eener onmetelijke zee, bestaande uit een onbegrijpelijk dunne, zeer veerkrachtige, onweegbare stof, die men *wereldether* of eenvoudig *ether* heeft genoemd.

Deze trillingen of golven worden in den ether altijd opgewekt door een ander lichaam, welks weegbare deelen, meestal door warmte, vooraf in beweging zijn gebracht. Maakt men toch een lichaam van lieverlede warmer, met andere woorden, verhoogt men zijne temperatuur, dan straalt het van alle kanten tegelijkertijd voortdurend warmte uit; en zoolang die temperatuur beneden zekere hoogte blijft, blijft dat lichaam donker en vormt het slechts eene *bron van warmte*. Gaat men intusschen voort met verwarmen, dan komt er een oogenblik, dat het *lichtgevend* wordt. Het heeft dan ook wel in den beginne, als warmtebron, de in en om hem liggende ether in zijne warmte-trillingen doen deelen, maar deze waren niet geschikt om invloed op ons gezichtsorgaan uit te oefenen; eerst toen de trillingen van het verwarmde lichaam door verhitting heviger en sneller werden, konden zij het netvlies van het oog aandoen, en ons de gewaarwording geven van hetgeen wij *licht* noemen. Het licht is nu des te krachtiger geworden, naarmate de temperatuur steeg: het was eerst donker rood, werd daarna helderder en eindelijk wit. Later zal hierop nog eens worden teruggekomen.

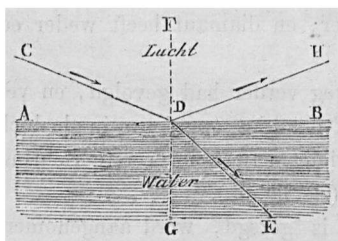
Het oog heeft de vatbaarheid om dat licht, hoe zwak ook, al zeer spoedig te zien. Wanneer men eenige oogenblikken in eene donkere kamer had gezeten, en er werd dan een licht voortgebracht dat het honderd-vijftig millioenste gedeelte van de sterkte der vlam eener gewone waskaars bezat, zoo zou men dat nog als licht kunnen waarne-

men. Bedenkt men hierbij, dat het zonnelicht de kracht van vijftigduizend zulke waskaarsvlammen bezit, dan staat men verbaasd over den afstand, waarop de grenzen der lichtwerkingen liggen, die het oog kunnen aandoen.

Zoo min een water- of luchtgolf, na tegen een of ander lichaam te hebben gebotst, met dezelfde kracht kan terugkeeren waarmede zij dat lichaam getroffen heeft, daar zij noodzakelijk een deel van haar vermogen op het lichaam heeft overgedragen en dus verzwakt moet zijn, zoo min kan het licht of kunnen de ethergolven van eenig voorwerp terugkaatsen, zonder iets van hare kracht te verliezen; zij brengen de etherdeeltjes in en rondom dat voorwerp mede in trilling, en dit laatste wordt dan ook als het ware voor ons lichtgevend; wij zien het in dat geval door het teruggekaatste of verspreide licht. Zoo worden ook de ethergolven verzwakt, als het licht door lucht, water of glas treedt; wij merken dit duidelijk op, als men het glas maar wat dik en de watermassa in de richting der lichtstralen wat uitgebreid maakt, want dan worden de lichamen, die men er door heen ziet, altijd minder helder.

De stof waardoor het licht gaat, lucht, water, glas, enz., noemt men de *middenstof*, en zoolang deze eene gelijkaardige of homogene samenstelling heeft, gaat het er recht doorheen, zonder het geringste van zijn weg af te wijken. Maar bestaat de middenstof uit lagen van verschillende dichtheid, en treft het licht de scheidingsvlakte van twee dier lagen in eene

Fig. 1.



schuine richting, dan verlaat het zijn eerst gevolgden weg; men drukt dit uit door te zeggen: de lichtstraal wordt *gebroken*.

Zoo is het ook, als het licht uit lucht in water of in glas treedt, omdat deze lichamen niet gelijksoortig zijn. Is bijvoorbeeld in nevenstaande figuur de ruimte boven de lijn AB met lucht, en die er onder met water gevuld,

en treft de lichtstraal CD, na zich door de lucht te hebben bewogen, het scheidingsvlak AB der beide middenstoffen in D, dan volgt hij niet den tot daartoe genomen weg, maar beweegt zich in het water in de richting DE; de straal is dan gebroken. Alleen wanneer hij in de richting der loodlijn FD het scheidingsvlak had getroffen, zou hij

recht door gegaan zijn, volgens de lijn D G; toch zou hij in beide gevallen van zijne kracht verliezen; bij beiden zou er bovendien een deel van het licht in D teruggekaatst zijn. Dit teruggekaatste gedeelte zou, als CD den ingevallen straal weder voorstelt, den weg DH genomen hebben, zoodanig, dat de helling van den straal CD op het vlak AB, gelijk zou zijn aan die van den teruggekaatste straal op datzelfde vlak. Zoo FD de invallingsrichting geweest ware, zou het licht ook volgens DF teruggekaatst zijn.

Niet alle middenstoffen voeren de lichtstralen, als zij er binnentreden, evenveel van hun weg af. Ware de straal CD in D op glas gevallen (zie fig. 2), dan zou hij in dit laatste den weg DE genomen hebben, dus sterker gebroken zijn dan in het water (in fig. 1 en 2 vallen de stralen CD even schuin op het scheidingsvlak AB); en zoo

Fig. 2.

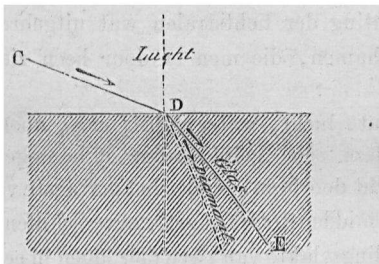
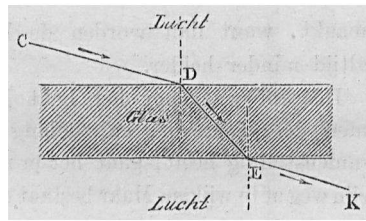


Fig. 3.



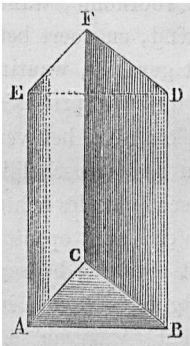
het glas in diamant veranderde, zou hij den getittelden weg hebben genomen; de breking was dan zeer aanzienlijk geweest. Men noemt daarom glas sterker brekend dan water, en diamant heeft weder een sterker brekend vermogen dan glas.

Zoo men den straal CDE op zijn weg verder had gevolgd, en veronderstelde, dat hij door het water of het glas op nieuw in de lucht getreden ware, zou hij daarin evenwijdig aan zijne eerste richting, volgens de lijn EK, zijn voortgegaan (zie fig. 3.).

Bij al wat hier over dat breken is gezegd, werd aangenomen, dat men met gewoon zonnelicht had te doen, met wit licht derhalve; maar men kan ook gekleurd licht op glas of water laten vallen: daartoe heeft men slechts eene kamer geheel voor het licht ontoegankelijk te maken, en voor eene kleine opening in het venster, waarop onmiddellijk de zon schijnt, een rood, geel of blauw stuk glas te houden. Er treedt dan gekleurd licht in de kamer, en als men nu zulk

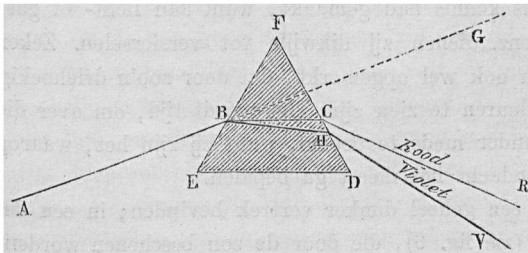
een rooden, daarna een gelen en vervolgens een blauwen straal even schuin op een zeer dik stuk gewoon glas deed vallen, zou men bij nauwkeurige waarneming kunnen zien, dat de roode straal het minst gebroken was, de gele wat meer, en de blauwe het meest van zijn weg was gevoerd. Men zegt daarom ook: rood licht is minder breekbaar dan blauw. In breekbaarheid volgt het gekleurde licht deze orde: bruin, rood, oranje, geel, groen, blauw, donkerblauw of indigo, violet, grijs; de laatste zijn dus het *meest breekbaar*, en zoo men nu dat gekleurde licht, even als in fig. 3 is voorgesteld, uit het glas weder in de lucht deed treden, zou de straal EK (zie fig. 3) voor ieder dier kleuren op eene andere plaats buiten het glas terecht komen.

Fig. 4.



Wij zouden intusschen al zeer nauwkeurige middelen noodig hebben, om die meerdere breekbaarheid en die verandering van plaats te kunnen waarnemen. Om dit veel gemakkelijker te kunnen doen, geeft men het stuk glas een anderen vorm, en wel een, zooals fig. 4 voorstelt, die onder den naam van prisma bekend is. Wanneer men nu den lichtstraal op het vlak ACFE laat vallen, en hem, na door het glas te zijn heengegaan, door het vlak CBDF weder in de lucht doet treden, dan loopt die uittredende straal niet meer, zooals in fig. 3 is voorgesteld, evenwijdig aan de richting, die hij het eerst nam, maar wijkt er sterk van af. In fig. 5 is dit geval getrouw voorgesteld. Hierin stelt de driehoek EDF eene doorsnede van het prisma in fig. 4 voor; EF en FD zijn derhalve de zijvlakken ACFE en CBDF, door welke de lichtstraal valt.

Fig. 5.



Eerst is, bij het ontwerpen der figuur, AB als een invalende straal rood licht aangenomen; deze volgt dus *in* het glazen prisma den weg BC, en daar *buiten* de richting CR; daarna is er verondersteld dat AB violet licht was; dit volgt den weg BHV. Daar deze

figuur juist ontworpen is, zooals het verschijnsel zich in werkelijkheid zou voordoen, geeft zij te aanschouwen, hoe ver zich thans die beide gekleurde lichtstralen van elkander verwijderen. Dat de afstand toeneemt, naarmate die stralen, verder van het prisma verwijderd, op een wit papieren scherm worden opgevangen, is duidelijk.

In deze figuur is ook opgehelderd, dat de oorspronkelijke straal AB, als het prisma hem niet in den weg was getreden, in de richting BG zou voortgegaan zijn, en dat derhalve de afwijking van dien weg, door het gebroken licht naar de basis ED van het prisma gericht, zeer sterk is geweest; voor violet dus weder sterker dan voor rood licht. Verder is in de teekening aangenomen, dat het prisma van *flintglas* was vervaardigd, eene soort van glas, waarin lood voorkomt, want bij zulk eene samenstelling is het glas meer lichtbrekend, en voert het de kleuren meer uit elkander dan dit bij *kroonglas* het geval is, waarin geen lood aanwezig is. Er is hierbij verondersteld dat de beide prisma's denzelfden vorm hebben. Het zal zoo aanstonds blijken, dat het ver uit elkander voeren der verschillend gekleurde stralen zeer wenschelijk is, en van groot belang bij het nasporen van de eigenschappen des lichts kan geacht worden. Daarom is de natuuronderzoeker er steeds op uit, om stoffen te vinden, waarbij die *kleurverspreiding* tot een hoog bedrag opklimt; zulk een stof vindt hij, behalve in het flintglas, ook nog in de *zwavelkoolstof*, een zeer helder doorschijnend vocht, waarvan het brekend vermogen nog sterker is dan van het flintglas. Men sluit die vloeistof in een prismatisch glazen bakje op, dat de gedaante heeft van fig. 4; het licht treedt dan, na den dunnen glazen wand te zijn doorgegaan, in het zwavelkoolstofprisma en daarna door den anderen wand weder in de lucht.

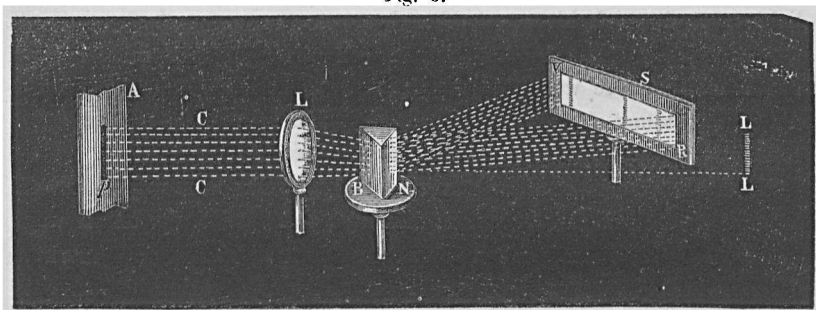
Het zou mij zeer verwonderen, indien de lezer met dergelijke glazen prisma's niet reeds kennis had gemaakt, want aan licht- of gas-kroonen, kandelaars, enz. dienen zij dikwijls tot versierselen. Zeker hebben de meesten dan ook wel opgemerkt, dat door zoo'n driehoekig stuk glas zeer fraaie kleuren te zien zijn. Het wordt tijd, om over die kleuren het een en ander mede te deelen, want zij zijn het, waarop ik in 't vervolg de aandacht het meest ga bepalen.

Stel dat wij ons in een geheel donker vertrek bevinden; in een der vensters of blinden A (zie fig. 6), die door de zon beschenen worden, maken wij eene rechtopstaande spleetvormige opening *p* van 4 tot 5 centimeter lengte en 1 tot 2 millimeter wijdte; wij zien nu een fraaien

lichtband CC door de kamer heentrekken, die zich op de stofdeeltjes, welke hij verlicht, afspiegelt. Waren de stofdeeltjes er niet, dan zouden wij dien band niet bemerken; hij wordt slechts zichtbaar door de terugkaatsing van het licht op al die grillig zwevende, te midden van het gewone daglicht onzichtbare, stofjes.

Plaatsen wij nu in dien lichtzoom het prisma B, en wel zoodanig, dat de brekende kant van het prisma vertikaal en dus evenwijdig aan de spleet is gericht, en het licht, op de zijde B vallende, aan het tegenoverstaande vlak N er weder uittreedt, zooals in fig. 6 is afgebeeld, dan zal de lichtband niet alleen, wat reeds is aangewezen, van zijnen weg worden gevoerd, maar bovendien waaivormig het prisma verlaten, dat is, het licht zal zich in verschillende uit elkander loopende zoomen verdeelen, en op een scherm S, dat men op den weg

Fig. 6.



dezer laatste stelt, een onbeschrijfelijk prachtig *kleurenbeeld* RV te zien geven, bestaande uit *rood, oranje, geel, groen, blauw, indigo* en *violet* licht; kleuren die ons aan den regenboog herinneren. Het spreekt van zelf, dat zonder tusschenplaatsing van het prisma, het licht volgens de lijn NL recht door zou gegaan zijn, en een beeld der spleet ergens in L zou gevormd hebben (zie ook fig. 5). Het deel R, waar het rood in het kleurenbeeld VR valt, is minder ver van den oorspronkelijken weg CL zijdelings gevoerd dan het deel V, waar het violet ligt, en dit is in overeenstemming met het behandelde in fig. 5.

Dat kleurenbeeld noemen wij het *licht- of kleurenspectrum*, meestal eenvoudig *spectrum*, en daar de kleuren elkander daarin opvolgen zooals boven is aangewezen, noemt men het rood, oranje en geel *het minst*, het blauw, indigo en violet *het meest* breekbare deel van het spectrum. De lens L, die men in de teekening tusschen het prisma en de spleet

ziet staan, dient slechts om het spectrum scherp begrensd op het scherm te verkrijgen.

Maar van waar die kleuren?

Wanneer wij voor een oogenblik tot fig. 5 'terugkeeren,' dan bemerken wij, dat als men den straal A B *gelijktijdig* uit rood en violet licht had doen bestaan, de *vereenigde* lichtbundel bij zijn uittreden uit het prisma in de beide kleuren rood en violet zou *ontleed* zijn. Hadden wij den straal A B uit rood, oranje, geel, groen, enz. licht doen bestaan, dan zou men in A B', in dat *mengsel* van kleuren, onmogelijk ze elk afzonderlijk kunnen kennen, maar haar eerst na het verlaten van het glas onderscheiden; dit is een gevolg van de eigenschap, dat het glas *voor elke kleur een verschillenden graad van brekingsvermogen bezit*; waren zij allen even breekbaar, de onderkenning der kleuren zou onmogelijk zijn. Het op het prisma B opgevangen licht moet dus ook kleuren hebben bezeten.

Wij hebben alzoo in het prisma een zeer geschikt middel leeren kennen, om te weten uit welke kleuren het licht bestaat, en kennis gemaakt met de gewichtige ontdekking van NEWTON: *dat het witte zonnelicht hoofdzakelijk zeven kleuren bevat.*

Er staan verschillende wegen open langs welke men uit die zeven kleuren weder wit kan vormen; het ligt thans niet op onzen weg daaromtrent in bijzonderheden te treden; alleen zij hier nog opgemerkt, dat de bundel kleuren, die aan een anderen bundel ontbreekt, om wit licht te voorschijn te roepen, de *complementaire* kleur van de laatste wordt genoemd; zoo is dan de complementaire kleur van rood, groen, die van geel, violet, die van oranje, blauw.

Men moet het vooral met die zeven spectraalkleuren zoo nauw niet nemen, want zij gaan, door het geheele spectrum heen, zoo ongevoelig in elkander over, dat er onnoemelijk veel kleurschaakeeringen ontstaan, en het onmogelijk is om de grenzen tusschen twee kleuren aan te geven; nog eens, elke plaats in het spectrum heeft eene eigenaardige kleur.

Leidt men den witten zonnestraal door een zwavelkoolstofprisma of wel door twee of meer prisma's, zoodat het *kleurverspreidend vermogen* van het eene dat van het andere ondersteunt, dan begint het spectrum vaak eene verbazende lengte te krijgen, en men ziet dan duidelijk buiten het roode of minst breekbare einde, *het bruin*, en buiten het violette deel, *het grijs* te voorschijn treden. Vroeger zijn die beide

kleuren dan ook reeds genoemd, en ze worden hier herhaald, omdat dit *grijs* vooral voor ons eene beteekenis zal verkrijgen; HERSCHEL noemde het zeer terecht *lavendel grijs*, want het heeft volkomen de kleur van de gedroogde lavendelbloemen en, zooals elke spectrumkleur, iets eigenaardigs doorschijnends, iets zachts maar reins, dat met niet eene kleur der voorwerpen, die ons omringen, geheel kan vergeleken worden.

Iedere spectraalkleur is zelfstandig; ieder heeft hare bijzondere eigenschappen. Hoe zouden zij ook anders te onderscheiden zijn? Dat zij allen haar bestaan aan de ethertrillingen te danken hebben, is bekend. De etherschommelingen, die het rood voortbrengen, zijn breeder, dat is: de etherdeeltjes hebben meer schommelwijdte en zij zijn langzamer in hunne beweging dan die van elke volgende kleur, zoodat het violet door de snelste en smalste schommelingen van den ether wordt voortgebracht.

Daar in de muziek de toonen steeds minder trillingen in een zeke- ren tijd in de lucht maken naarmate zij lager zijn, zoo heeft men, in overeenstemming daarmede, het rood *den laagsten*, het violet *den hoogsten lichttoon* genoemd. Het bruin noemt men daarom ook wel *infra rood*, omdat het nog minder trillingen in een gegeven tijd maakt dan het rood, en het grijs *ultra violet*, dewijl het meer schommelingen dan het violet veroorzaakt.

Gelijk elke muzikale toon dus een bepaald getal trillingen in de seconde in de lucht vordert, zoo eischt ook elke kleur een zeker getal schommelingen in den ether. Nemen wij aan, en dit komt genoegzaam met de waarheid overeen, dat het bruin ontstaat door 440 bil- lioen trillingen in de seconde, en dat aan elke daarop volgende kleur 48 bil- lioen schommelingen meer toekomt, dan wordt het lavendel-grijs door 2 maal zooveel trillingen in de seconde als het bruin gevormd, en men zou alzoo kunnen zeggen, dat de bedoelde bruine en grijze tinten een octaaf in hoogte verschillen.

In het algemeen merken wij nog op, dat de kleur der lichamen alleen afhankelijk is van de kleuren, die elke straal van het zonnelicht bevat, en van de natuur of den aard van het lichaam zelf, waarop die stralen vallen. Elk lichaam ontvangt van de zon wit licht; maar sommige trillingen, behoorende bij bepaalde kleuren, waaruit dat witte licht is samengesteld, worden door het lichaam in zich opgenomen, uitgeput, dus werkeloos gemaakt als kleurgevend, terwijl de overige gekleurde stralen worden teruggekaatst, of, door doorschijnende licha-

men, worden doorgelaten. Deze teruggekaatste of doorgelaten stralen bepalen de kleur van het lichaam. De minst breekbare stralen zijn over het algemeen het minst voor opslorping door de lichamen vatbaar; vandaar dat er zoo weinig donkerblauw en violet gekleurde natuurlijke lichamen zijn.

De dampkring, die de aarde omringt, en haar van de sterreruimte scheidt, is een sluier, die in alle richtingen het licht terugkaatst, en alzoo de oorzaak wordt van een tal merkwaardige lichtverschijnselen. De blauwe kleur der lucht of van den hemel ontstaat uit de terugkaatsing der lichtstralen van de luchtdeeltjes. Deze kleur doet dus zien, dat de luchtmoleculen een groot terugkaatsend en verspreidend vermogen voor de blauwe stralen bezitten. Evenwel deze kleur wordt alweder zeer gewijzigd door dampen en wolken en stofdeeltjes, en wel zoodanig, dat alweder blijkt het grooter opslorpend vermogen dezer laatstgenoemde lichamen voor de meer breekbare stralen; want de gele en roode stralen verliezen daardoor het minst van hunne kracht en behouden dus de overhand. Een bewijs hiervoor levert de roode kleur op van zon en maan bij haar op- en ondergang. Men mag inderdaad besluiten, dat de zon ook zeer veel ultra violette stralen afzendt, maar dat deze zoo moeilijk zijn waar te nemen, dewijl de atmosfeer die bij voorkeur opslorpt, waardoor ze niet tot ons oog komen.

De kleur van het water of het ijs, die soms prachtig blauw kan zijn, heeft haar ontstaan te danken aan de daarin zwevende deelen, die het blauw terugkaatsen. Water zonder die stofdeelen is onmogelijk te verkrijgen; bezat men het, het zou ongekleurd zijn. Toen TYNDALL zeewater nam van plaatsen, waar de zee een geelgroene, een groene, een blauwgroene, een blauwe en een donkere indigo-kleur bezat, bleek, dat van den lichtbundel, dien hij er door zond, het meeste licht werd verstrooid door het eerstgenoemde water, dat dan ook de meeste vaste stoffen bevatte; het laatste, met de donker indigo blauwe kleur, verstrooide het licht het minst en was ook het zuiverst. Als wit licht in water valt, worden de roode stralen het eerst werkeloos gemaakt en wel zeer nabij de oppervlakte; daarna verdwijnen de oranjekeurige, dan de gele, dan de groene stralen, enz. Wij herhalen dus, indien het zeewater geen vreemde bijmengsels bevatte, die het niet opgeslorpte licht weerkaatsen kunnen, zoo zou de zee zwart zijn als inkt. De indigokleur van het water komt het meest de kleur van zuiver water nabij. Dit is dus wel een zeer geschikt middel om de zuiverheid van

het water te beproeven; water dat het licht in 't geheel niet verstrooit heeft men nog niet kunnen vinden.

Dat wij thans weder tot ons spectrum terugkeeren. Het eigenaardige, het karakteristieke der kleuren wordt uitgemaakt door het aantal trillingen, dat de etherdeeltjes in de seconde voortbrengen, want daaruit volgt ook de meerdere of mindere breekbaarheid der kleuren: hoe sneller en beperkter toch de heen- en weer bewegingen der etherdeelen zijn, hoe meer betrekkelijken tegenstand zij in eene middenstof ontmoeten, en hoe meer de lichtstralen, die zij vormen, dan hierin gebroken worden. De spectraalkleuren hebben evenwel nog andere merkwaardige eigenschappen, waardoor zij totaal van elkander onderscheiden zijn. Sommige van haar oefenen een krachtigen *scheikundigen* invloed uit op de stoffen, die zij bestralen, en hiertoe behooren bij uitnemendheid het ultraviolet of grijs, violet en blauw; andere geven meer *warmte*, en daaronder telt men in de eerste plaats het infra-rood, dan het rood, vervolgens het oranje, en zoo verder. Allen verschillen ook in lichtgevend vermogen; in het geel is het licht het sterkst.

Het is nu duidelijk, waarom men het einde V van het spectrum (zie fig. 6) het *chemische einde* noemt en het andere R het *warmte-einde*. Dat de boombladeren groen, de bloembladeren bont gekleurd zijn, dat de kleur der kleederen soms verandert (verschiet), dat het zonnelicht onze portretten op eiwit, collodium, glas, papier en steen toovert, is voornamelijk het werk van de chemische stralen. Ik heb voor mij liggen eenige strooken papier van 4 centimeters breedte; deze heb ik eerst met eene oplossing in water van salpeterzuur uraniumoxyde nat gemaakt, vervolgens, dwars over die strooken heen, zeven gekleurde glazen op het papier gelegd, een rood, een oranje, een geel, een groen, een blauw, een indigo en een violet glas; toen is alles of aan het onmiddelijke zonnelicht of aan het verstrooide daglicht blootgesteld; daarna heb ik de strooken papier geworpen in eene oplossing in water van salpeterzuur zilveroxyde of helschen steen, en nu bleek, dat het deel van het papier, hetwelk onder het groene, lichtblauwe, donkerblauwe en violette glas was geplaatst geweest, donker was gekleurd; ook het geel had eenige kleursverandering doen ontstaan, maar onder het rood en oranje was het papier volkomen wit gebleven. Vijf tot tien minuten blootstelling aan het licht waren voldoende, om dat verschijnsel op te wekken. Daar het onder het violet vertoefde papier niet de donkerste kleur had verkregen, maar deze ongeveer gelijk stond met de

werking van het groen, zoo besloot ik om, evenals bij fig. 5 is voorgeschreven, het zonnelicht door elk van die glazen in de donkere kamer op een prisma te doen vallen, ten einde alzoo het licht te ontleden, opdat ik zou kunnen weten met welke spectraalkleuren ik te doen had; en nu bleek, opmerkelijk genoeg, dat het als volgt was gesteld:

het roode glas liet alleen rood en een weinig oranje door;
 „ oranje „ rood, geel en groen, terwijl blauw geheel ontbrak;
 „ gele „ rood, geel, groen en een weinig blauw;
 „ groene „ zwak oranje, groen, blauw en zwak violet;
 „ lichtbl. „ oranje, blauw en sterk violet;
 „ donkerbl. „ groen, blauw en violet, terwijl rood oranje en geel ontbraken;
 „ violette „ eindelijk, liet rood, geel, groen en violet licht door, terwijl blauw niet was te onderscheiden.

Hieruit werd dus de trage werking van het laatstgenoemde glas verklaard. De kleuren bleken op het papier donkerder, naarmate er meer blauw of violet en minder rood licht was doorgelaten. Eerst toen ik het papier twee uren aan het onmiddellijke zonnelicht had blootgesteld, werd de plaats, waar het roode glas had gelegen, eenigszins gekleurd, toen ik er de salpeterzuur zilver oplossing op wierp.

Niet zonder doel is hier deze merkwaardige, ofschoon niet nieuwe proefneming vermeld, want er is het besluit uit te trekken dat, al noemen wij eene kleur rood, geel, enz. het daarom nog niet zuiver de kleur van het spectrum is, die er mede schijnt overeen te komen. In het spectrum zijn de kleuren *enkelvoudig*; de kleur der voorwerpen is in den regel altijd gemengd, bestaat uit een aantal kleuren. Het is zelfs hoogst moeielijk glas te krijgen, dat alleen rood of groen of blauw licht, enz. doorlaat. Het door kobalt bij het smelten blauw gekleurde glas levert vrij zuiver blauw licht, het violet is hoogst moeielijk zuiver te verkrijgen. Het grijze licht of het ultra-violet heb ik uitmuntend goed doen optreden, door een blauw kobalt glas en twee zuiver helder violette glazen voor de opening in het venster te schuiven. Valt daar het rechtstreeksche zonnelicht op, dan ziet men een prachtig violet gekleurden lichtbundel de donkere kamer doorsnijden; buiten dien bundel is alles grijs, lavendel-grijs, dat het ultra-violette einde van het spectrum kenmerkt; dat grijs vertoont zich de geheele kamer door, tot op zelfs 4 tot 5 ellen van den lichtbundel verwijderd. Die drie

glazen zullen ons in hetgeen ik later nog wensch mede te deelen veel dienst doen; daarom stond ik er bij stil. Ik verklaar mij bereid hem, die dit verlangt, exemplaren van het bedoelde blauwe en violette glas te doen toezenden.

Als wij nu eens, alvorens verder te gaan, samenvatten, wat er ten aanzien der gekleurde, ondoorschijnende lichamen is gezegd, dan blijkt 1°. dat, indien een lichtstraal een middenstof treft, een deel van dat licht aan de grenzen wordt teruggeworpen, hetzij regelmatig (zie fig. 1), hetzij onregelmatig, wat men dan *diffuus* of *verstrooid* licht noemt; 2°. dat een ander deel in de middenstof treedt, aldaar in de verschillende lagen tot op eene zekere diepte doordringt, en alsdan gedeeltelijk wordt *teruggekaatst* en gedeeltelijk door het lichaam *opgeslorpt*.

Het onder n°. 2 vermelde teruggeworpen licht bepaalt de kleur van de stof, *zij is de complementaire kleur van het opgeslorpte en*, zoo dit heeft plaats gehad, *van het doorgelaten licht*. Het onder n°. 1 vermelde, niet eenigszins in het lichaam ingedrongen, maar aan de oppervlakte teruggekaatst licht, is *wit*, gewoon licht; men ziet dit duidelijk aan het licht, dat gekleurde glazen of gepolijste meubelen aan hunne oppervlakte reflecteeren; zoo men zonnestralen op een gekleurd glas laat vallen, ziet men op den muur of den zolder een ongekleurde verlichte plek ontstaan. Is het lichaam doorschijnend, dan is de kleur der onder n°. 2 voorkomende verspreide stralen complementair aan die der doorgegangene en opgeslorpte te samen, en omgekeerd. Deze waarheid spreekt vooral bij sommige metaalzouten, die, wat hunne doorschijnendheid betreft, tusschen de metalen en de doorschijnende lichamen inliggen. Zij hebben eene eigenaardige, vreemdsoortige kleurtinteling; jodium, indigo, overmangaanzure potasch, fuchsine (eene roode aniline-kleurstof); alle platina-zouten behooren daartoe. Onder deze laatste bekleeden eene eerste plaats het cyaan-platin-magnesium en cyaan-platin-barium. De kristallen van het eerstgenoemde zijn *bloedrood* bij *doorvallend*, en schitterend *groen* bij *teruggekaatst* licht; die van het laatste dubbelzout zijn in het eerst geval *citroengeel*, in het laatste *violet*. Het spreekt van zelf, dat men de kleur van zulk een lichaam niet bepalen kan, zonder omschrijving welke van de twee bedoeld wordt. Men noemt daarom zulke stoffen: lichamen *met oppervlaktekleur*. Ik heb ontdekt, dat men bovengenoemde lichtspeling sierlijk kan doen optreden op de volgende manier. Men neme een kristalletje van een dezer metaalzouten, ter grootte van een gewonen speldeknoop, en losse dat op in een gram gedestilleerd

water; vervolgens make men een stuk glas, met een weinig alkohol en fijn krijt, goed schoon en giete er de oplossing dan op, terwijl men haar met een zuiver penseel er over verdeelt, zorgende dat het glas overal niet meer dan vochtig is; eindelijk droge men het glas boven eene zeer matige warmtebron, gedurig het glas alle mogelijke hellingen gevende; op deze wijze stoort men de kristallisatie en verkrijgt dan een gelijkmatige laag van mikroskopisch kleine kristallen; in elk ander geval worden zij te groot. Laat men nu het licht door het glas vallen, dan levert het cyan-platin-barium een citroengele vlakke, het cyan-platin-magnesium een roode; laat men daarna het licht tegen de op het glas liggende deelen van de kristallen terugkaatsen, door het glas schuin voor zich te houden, met de bedekte vlakke benedenwaarts gekeerd, dan geeft het eerste eene onvergelykelyk schoone violette kleur waar te nemen, het tweede een smaragd- of malachietgroene. Beide kleuren herinneren het spectrum: geen voorwerpen, die wij als groen of violet kennen, bezitten zulk eene schoone kleur. Ook het cyan-platin-kalium en cyan-platin-calcium bezitten eenigermate de kleuren van het cyan-platin-barium; maar niet een zoo krachtig. Wij zien dus hier overtuigend de waarheid bevestigd, dat de lichamen *voor de door hen sterk teruggekaatste kleuren ondoorschijnend zijn bij doorvallend licht*. De bovengenoemde zouten zullen meermalen besproken worden. De lezer schaffe deze zich aan in hoogst geringe hoeveelheden; eenige weinige centigrammen zijn voldoende; ik durf hem een groot genot voorstellen. Ik raad dat aan, omdat ik de schoonheid van vorm en de aantrekkelijkheid, waarmede sommige uitkomsten optreden, niet alleen vereenigbaar acht met de wetenschappelijke voordracht, waarvan zij het uitvloeisel zijn, maar die vereeniging zelfs wenschelyk beschouw.

De proefneming met de zeven gekleurde glazen is intusschen te ver buiten ons gezicht geraakt; er valt nog iets zeer belangrijks over te zeggen, en ik behoor dat mede te deelen, omdat het alweder in een nauw verband staat met het onderwerp, dat mij aan het schrijven van dit stukje bracht.

Indien men de genoemde salpeterzuur-zilver en uranium-oplossingen bij elkander giet, ziet men daarin geen de minste kleursverandering ontstaan. De salpeterzuur-zilver-oplossing, aan het zonnelicht blootgesteld zijnde, wordt zwart, omdat het zilver wordt gereduceerd. Bevochtigt men papier met de ongekleurde oplossing, dan geschiedt het zwart worden in het licht zeer snel, waarom die oplossing dan ook in de pho-

tographie tot het maken van beelden, en in de huishouding tot het merken van linnen gebruikt wordt. De tegenwoordigheid van organische stoffen versnelt die zwartkleurende eigenschap van het licht. Hieruit blijkt, dat het dan ook *de werking van het licht* is geweest, die het, met uranium-oxyde gedrenkte en, na het in de donkere kamer gebracht is, met zilver oplossing overgoten, papier deed zwart kleuren. De uranium-oplossing heeft dus de ethertrillingen in zich moeten behouden, toen het uit het licht werd overgebracht naar eene donkere plaats, en wel ethertrillingen, die tot de meest breekbare kleuren behoreen. Die stof was er dus niet voor gestemd, om andere, dat is wijdere en langzamere schommelingen op te nemen. Het is er mede gesteld als met twee volkomen gelijk gestemde muziksnaren: als men de eene doet toon geven, en deze een wijle tijds aanhoudt, trilt of klinkt ook de andere mede. Het licht klonk op dergelijke wijze nog eenigen tijd in het uranium-papier na; het was er onder den vorm van trillingen in bewaard. Ik wilde eens onderzoeken hoe lang die stof de lichtwerking wel zou behouden. Daartoe nam ik de door glas gedekte papieren uit het zonnelicht weg, sloot alles zooals het was gedurende 48 uren in eene kast, die zich in een donkere kamer bevond, en toen ik nu het salpeterzuurzilver er op uitstortte, kreeg ik dezelfde kleurende werking, die ik onmiddellijk na de voorafgaande verlichting had opgemerkt. Waarschijnlijk zou het papier nog langer de lichtkracht hebben kunnen bewaren. Zeer opmerkelijk was het, dat ook stijf sel die nawerking van het licht behield. Een strook sterk gestijf sel papier werd met de bekende glazen gedekt, twee uren achtereen in het onmiddellijke zonnelicht gelegd, toen weggesloten en 20 uren daarna in een bad van jod-kalium-oplossing geworpen; de plaatsen die met het licht en donkerblauwe glas waren belegd geweest, werden kennelijk bruin gekleurd. Wat hier inderdaad gebeurd is, kan ik niet verklaren; het is ook voor ons doel voldoende het feit dier lichtwerking slechts aan te geven. Maar er is nog meer. Als men het papier alleen, zonder eenige voorbereiding, onder de genoemde glazen aan het licht blootstelt, en het daarna eenigen tijd in een donkere kamer op ander papier legt, dat met salpeterzuurzilver is voorzien, kleurt het eerste papier het tweede bruin, en dit bewijst, dat ook papier een behouder, een drager is van het licht. Alleen de in het papier nagebleven lichtwerking was de oorzaak der kleuring van het zilverzout. De ethertrillingen waren in deze drie stoffen dus sterk genoeg, om chemische reductiën tot

stand te brengen, maar te zwak om ons netvlies aan te doen; wij *zagen* ze niet. De lichamen die, even als het uraniumoxyde en het papier, eenigen tijd de lichtkracht in zich behouden, noemt men *phosphoren* of lichtdragers. Hunne opzettelijke behandeling zal later volgen; er zijn er een onnoemelijk aantal.

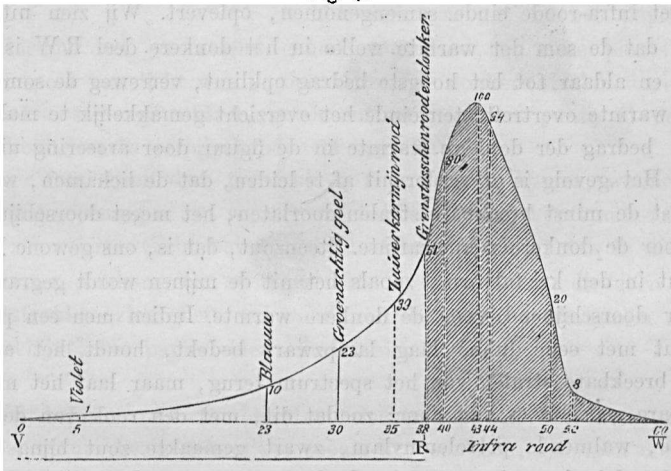
Wij zullen thans andermaal tot het spectrum terugkeeren; het inslaan van zijpaden kan bij een wandeling door de heerlijke natuur, met een wetenschappelijk doel ondernomen, zeer veel opwekkends, verrassends en verfrisschends bezitten, maar men mag het doel niet uit het oog verliezen. Het spectrum bevat zulk een schat van wetenswaardige zaken, dat men dien veilig onuitputtelijk kan noemen; er moet derhalve veel meer nog van achterwege gelaten worden, dan hier ter beschouwing kan worden voorgelegd.

Wanneer men het spectrum aandachtig beziet, dan bemerkt men, dat er aan het meest breekbare, aan het violette einde, geen grens tusschen licht en donker is te zien, en later zal worden aangetoond hoe het mogelijk is, dat twijfelachtige licht nog verder uit te leggen en waarneembaar te maken; aan het roode einde evenwel is de overgang van licht tot duisternis sneller merkbaar. Toch is daar ook lichtwerking, maar de ethertrillingen zijn daar te langzaam, om een indruk op het netvlies teweeg te brengen, de lichttoon is daar *te laag* voor ons waarnemingsorgaan, even als de ethertrillingen bij het ultra violet *te snel* plaats grijpen, om er iets van te ontdekken; de lichttoon is daar *te hoog*. Het gaat er alweder mede als met de geluidstoonen. Zeer lage toonen hoort men evenmin als buitengewoon hooge. Het te hooge in het spectrum kan men gedeeltelijk *lager* stemmen en waarneembaar maken zooals reeds is gezegd; voor het infra-rood evenwel bezit men tot nog toe geen middelen, om het licht *hooger* te doen klinken. Toch, het is ontwijfelbaar, er is daar lichtwerking. Hoe dit te bewijzen? Men gebruikt er den thermometer voor, hij verraadt dat daar eene aanzienlijke warmte heerscht. *Donkere warmte* zou men ze kunnen noemen, zooals men bij de warmte, die de opvolgende kleuren vergezelt, van roode, oranje, gele enz. warmte zou kunnen spreken; elke kleur toch bezit hare eigene *mate* en *soort* van warmte; de warmtestralen zijn even als de lichtstralen in kleur en uitwerking karakteristiek van elkander onderscheiden. Het spreekt van zelf, dat de thermometer, die bij dat onderzoek dient, op eene bijzondere wijze is ingericht; de gewone kwikthermometer zou voor die warmte niet ge-

voelig genoeg zijn, het is er een, die zelfs op twee meters afstand de warmte van ons lichaam of dat eener gewone kaarsvlam verraaft; zijne beschrijving ligt thans niet op onzen weg, maar iets van hetgeen hij ons ten aanzien van het spectrum heeft geleerd, behoort hier plaats te vinden.

Laat VR in fig. 7 de lengte van het kleurenbeeld voorstellen, dat door dezelfde letters in fig. 6 op het scherm S is afgebeeld. Neem aan, dat wij die lengte van het spectrum in 38 gelijke deelen verdeelen, en den bovenbedoelden thermometer eerst op het einde van het violet, in het deel-

Fig. 7.



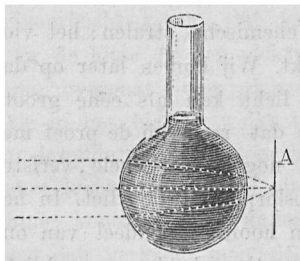
punt 0 plaatsen; dan ontdekken wij daar geene warmte, welke die der kamer overtreft; voeren wij nu den thermometer al meer en meer naar het roode einde, dan zien wij den wijzer, die den warmtegraad moet te kennen geven, voortdurend hogere warmte op het wijzerbord uitdrukken; staat het werktuig op n^o. 5 van het spectrum, in het violet, dan staat de wijzer des thermometers op 1, — bij n^o. 23, in het blauw, staat hij op 10, — bij deelpunt 30, in het lichtgroen, op 23, — bij n^o. 35, in het rood, op 39, — bij n^o. 38, op de grens van rood en donker, op 51. Zetten wij nu die 38 deelstrepen verder op gelijke afstanden volgens de lijn R W voort, en voeren wij den thermometer ook steeds voort buiten het rood, dat is in fig. 6 rechts van R, dan staat bij n^o. 40 de wijzer op 80, bij n^o. 43 op 100; hij heeft daar nu het hoogste punt bereikt, daalt bij n^o. 44 op 94, keert vervolgens zeer snel terug,

komt bij n^o. 50 op 20, bij n^o. 52 op 8 en is bij n^o. 60 weder op 0 teruggegaan. Wij kunnen nu op de lijn V W loodrechte lijnen plaatsen, in al de punten, waar wij den thermometer hebben doen rusten en den wijzer hebben waargenomen, en deze verticale lijnen ieder zooveel gelijke deelen lang maken als door het cijfer wordt uitgedrukt, waarop wij hebben verondersteld, dat de wijzer telkens bleef staan, zooals dat dan ook in fig. 7 is geschied; eindelijk kunnen wij al de toppunten van deze lijnen opvolgend met elkander door lijnen verbinden; wij krijgen dan alzoo een kromme lijn, die met de rechte V W een vlak insluit, dat een beeld geeft van de geheele som der warmte, die het spectrum, met het infra-roode einde samengenomen, oplevert. Wij zien uit dit beeld, dat de som der warmte welke in het donkere deel R W is gelegen, en aldaar tot het hoogste bedrag opklimt, verreweg de som der lichte warmte overtreft; ten einde het overzicht gemakkelijk te maken, is het bedrag der donkere warmte in de figuur door arceering uitgedrukt. Het gevolg is er verder uit af te leiden, dat de lichamen, welke het best de minst breekbare stralen doorlaten, het meest doorschijnend zijn voor de donkere zonnwarmte. Steenzout, dat is, ons gewone keukenzout in den kristalvorm, zooals het uit de mijnen wordt gegraven, is zeer doorschijnend voor de donkere warmte. Indien men een plaat klipzout met eene dunne laag lampzwart bedekt, houdt het al de meest breekbare stralen van het spectrum terug, maar laat het minst breekbare gedeelte er van door; zoodat dit, met den rook van de ongedekte, walmende petroleumvlam, zwart gemaakte zout bijna even goed doordringbaar is voor de donkere warmtestralen of het infra-rood van het spectrum, als het dit was in den volkomen doorschijnenden toestand. Ook zwavelkoolstof en jodium laten de donkere zonnwarmte zeer goed door, en ik kan niet nalaten hier een proef mede te deelen, die ik, volgens aanwijzing van TYNDALL, met die beide stoffen ten aanzien der donkere warmtestralen genomen heb.

Een gewoon bolvormig kookfleschje van den vorm in fig. 8 voorgesteld, werd met helder water gevuld, toen in het onmiddellijke zonnelicht gehouden en aan de van de zon afgekeerde zijde een stuk *dof zwart* papier dicht bij het glas in A gehangen. Onmiddellijk werd daarin een gat gebrand; zeer natuurlijk, want het water werkte als een gewoon brandglas of bolle lens; en vereenigde de stralen der zon in één punt, het brandpunt namelijk. De proef diende dan ook alleen om de ligging van dat brandpunt te kennen. Vervolgens werd het fleschje ge-

ledigd en gevuld met eene inktzwarte oplossing van jodium in zwavel-

Fig. 8.



koolstof; er viel geen enkele lichtstraal door het vocht; tegenover de zon gehouden, bleek het volkomen ondoorschijnend. Het fleschje werd toen in de vroegere stelling weder bij het dof zwarte papier A gebracht, en toen het dit genaderd was tot op een afstand gelijk aan dien, waarop het water het papier deed ontvlammen, brandde er ook oogenblikkelijk een gat in het papier. Dit

geschiedde dus, verrassend genoeg inderdaad, op eene plaats, waar geen spoor van licht was te zien. Alleen de donkere stralen waren daar derhalve samengetrokken, geconcentreerd in een punt, al de meer breekbare waren terughoudend of opgeslorpt.

Zeer fraai komt deze proef uit in eene donkere kamer, wanneer men de eenige opening in het venster met het bolvormige deel van het fleschje, dat het zwarte vocht bevat, geheel afsluit; het blijft dan in de kamer volkomen donker, en nu kan men op eene plaats, die geen enkele lichtstraal te zien geeft, en waar geen de minste warmtebron aanwezig schijnt, het papier doen ontvlammen.

Wij hebben ons tot hertoe slechts met de beschouwing van het spectrum bezig gehouden, zooals het zonlicht, geholpen door prisma's, dat op het scherm tooverft; de redeneering ligt nu voor de hand: daar alle licht niet even wit is als het zonlicht, kunnen alle lichtbronnen geen spectrum geven; dat dezelfde kleuren bevat van het zonlicht. — Dat is zoo: — Het kaars- en olielicht is geel van kleur; laat men dit door eene spleetvormige opening op het prisma vallen, dan is dat spectrum arm aan de meest breekbare stralen; het bezit hoofdzakelijk rood, oranje, groen, geel en een weinig blauw; het petroleum en gaslicht is witter en het is daarom ook rijker aan kleuren; het electrisch kolenlicht, dat tusschen twee koolspitsen wordt voortgebracht waardoor een electrische stroom wordt geleid, is nog witter en bevat ook veel meer breekbare stralen; het komt het zonnenspectrum zeer nabij. Ook is dat licht veel rijker aan donkere warmte stralen dan het zonlicht. Het verblindend sterke licht, door het verbranden van magnesiumdraad voortgebracht, en dat thans vrij alge-

meen als bekend mag verondersteld worden, is veel rijker aan blauwe en violette en dus aan de meest breekbare stralen dan aan roode en gele. De vlam, door het verbranden van zwavelkoolstof ontstaande, is ook zeer rijk aan de meest breekbare of chemische stralen; het violette einde is daarbij zeer ver uitgestrekt. Wij komen later op dat merkwaardige licht terug. Het eenkleurige licht kan als eene groote zeldzaamheid beschouwd worden. Wij zagen dat reeds bij de proef met de gekleurde glazen (bl. 268); men heeft nog geen enkele verfstof kunnen vinden, die slechts *eene* kleur opslopte of doorliet. In het sodium of natrium, een metaal, dat een hoofdbestanddeel van ons keukenzout uitmaakt, vindt men een stof die, ontbrandende, een geel licht verspreidt. Verbrandt men nu een stukje natrium, op een platina-schaaltje voor de bekende spleet, dan geeft de breking door het prisma slechts *éene* kleur in het spectrum te zien, en wel het geel; alle verdere kleuren ontbreken.

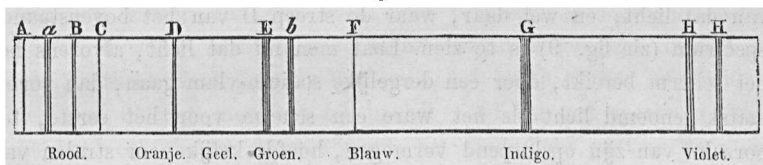
Toen het spectrum werd beschreven (bl. 262) is er geen melding gemaakt van de menigvuldige donkere strepen, die het dwars doorsnijden, en waarvan er in fig. 6 een drietal zijn afgebeeld. De beschrijving daarvan, de aanwijzing van de allernuttigste toepassing, die zij hebben ontvangen tot herkenning van den aard der lichamen, en dat alleen door hen lichtend te maken, en door prisma's een spectrum van dat licht te doen ontwerpen, behoort thans niet tot ons plan. Op het bestaan van die hoogst merkwaardige strepen en de groote verandering, die zij ondergaan, wanneer de lichtbron in aard verandert, moet toch eenigzins de aandacht worden bepaald, daar misschien eenige regels verder haar aanwezen als bekend zal verondersteld worden. Ik zal zeer kort moeten zijn.

Er zijn drieërlei soorten van spectra. Wordt het licht afgezonden door een stuk koolzuren kalk, door krijt bij voorbeeld, dat verblindend wit gloeit in een stroom bestaande uit waterstof en zuurstofgas, dien men op de kalk heenricht, of verkrijgt men het licht door gloeiende, zeer reine koolspitsen, waardoor een sterke elektrische stroom wordt geleid; of door een gloeiend stuk metaal, koper, ijzer enz., in 't kort, neemt het licht zijn oorsprong in een gloeiend vast of vloeibaar lichaam, dan bevat het spectrum alle kleuren zonder afbrekingen; zij gaan ongevoelig in elkander over, het is een *onverdeeld, aaneengeschakeld spectrum*, zonder strepen; treedt dit dus op, dan heeft men een kenmerk dat het licht van een gloeiend vloeibaar of vast lichaam afstamt.

In geval echter een gloeiende damp of een gloeiend gas de oorzaak

is van het kleurenbeeld, dan komt dit afgebroken voor: het spectrum bestaat dan uit lichte, schitterend gekleurde strepen, die door eenigzins donkere tusschenruimten van elkander zijn gescheiden. Zoo geeft bijvoorbeeld koper, dat tusschen de zooeven genoemde koolspitsen, door de hitte die den elektrischen stroom doet ontstaan, in gloeienden damp overgaat, vier glanzend gekleurde strepen, een in het rood en drie in het blauw, welke laatste dicht bij elkander liggen. Doet men op dezelfde wijze, of door het overspringen van vonken bij de ontlading eener leidsche flesch, of uit den geladen conductor der elektriseermachine, koper of enig ander vast lichaam in gloeienden damp veranderen, dan verkrijgt men altijd in het spectrum van dat licht heldere, sterk gekleurde strepen, die door min heldere tusschenruimten zijn gescheiden. Zoo is het ook met gassen gesteld, die men langs den elek-

Fig. 9.



trischen weg in buizen doet gloeien. Een *verdeeld, niet zamenhangend spectrum, dus een met lichte strepen*, toont een gloeiend gas aan.

Een derde soort van kleurenbeelden vindt men in die, welke donkere strepen bezitten. Zij ontstaan, wanneer men het licht van een gloeiend vast lichaam, dat dus in 't geheel geen strepen vertoont, of dat van een gloeiend gas dat lichte, gekleurde strepen doet ontstaan, eerst door een gloeiend gas laat treden, dan op het prisma richt en het daarna een spectrum laat vormen. Het gas absorbeert dan eenige lichtstralen, en wel die, welke dat gas zelf, als het op zichzelf gloeit, afzendt of uitstraalt. Zoodanige van donkere strepen doorsneden kleurenbeelden noemt men *geabsorbeerde spectra*.

Zulk een geabsorbeerd spectrum is dus dat wat het zonlicht geeft. In de hierboven staande figuur (fig. 9.) zijn de voornaamste strepen van het zonnenspectrum aangewezen en de letters er bijgevoegd, waardoor FRAUNHOFER, die het eerst zich met het onderzoek dier strepen stelsmatig bezig hield, ze heeft aangewezen. De voornaamste zijn afgebeeld, is er gezegd, want in *a* bevinden er zich wel acht, van B tot C 9, tusschen C en D 30; de dubbele streep D in de figuur vertoont er wel 12, wanneer men door 11 prisma's (zie § 5)

het licht laat breken; tusschen F en G liggen er 185 enz. Van A tot H zijn er zelfs reeds ongeveer 2000 aangewezen. Buiten H, in het ultra-violet, zijn er nog een groot aantal aanwezig. Eenige er van vallen in 't oog, als men op den weg NR (zie fig. 6.), dat is op dien der minder breekbare stralen, een ondoorschijnend scherm houdt en alzoo de minder breekbare stralen onderschept, alvorens zij op het tweede scherm vallen, want dan hindert het licht van dat roode einde minder in het zien dier ultra-violette strepen.

Er is gezegd, dat het gloeiende gas die soort van lichtstralen opslorpt, die het zelf in staat is af te zenden of uit te stralen; een voorbeeld moge dit ophelderen. Indien men, wat (bl. 275) reeds eenigszins is aangewezen, eene alcohol-lamp door alcohol voedt, waarin keukenzout is opgelost, dan verkrijgt men door den gloeienden damp van de sodium, die het keukenzout bevat, zooals daar ter plaatse is gezegd, een heldere gele streep in het spectrum van dat licht, en wel daar, waar de streep D van het bovenstaande spectrum (zie fig. 9) is te zien. Laat men nu dat licht, alvorens het het scherm bereikt, door een dergelijke sodium-vlam gaan, dan vormt laatst genoemd licht als het ware een scherm voor het eerste, ter oorzake van zijn opslorpend vermogen, hoofdzakelijk voor stralen van dezelfde breekbaarheid als die bezitten, welke het zelf verspreiden kan.

Er is dus *gelijkheid tusschen het verspreidend en absorbeërend vermogen*, en dit is niet alleen zoo met het licht, maar ook met de warmte, want deze twee zijn als het ware een. Slechts een sterk sprekend voorbeeld vinde hier in dat opzicht plaats.

Even als de gloeiende damp van klip- of steenzout slechts *eene* kleur uitstraalt, gelijk daar juist is opgemerkt, straalt het, verwarmd wordende, slechts *eene* soort van warmte uit; laat men dus de warmte van verhit steenzout op een plaatje of scherpje van dezelfde stof vallen, dan absorbeert het die steenzoutwarmte veel sterker, dat is, in grootere hoeveelheid, dan andere soorten van warmte. Men zegt derhalve met recht, dat steenzout zeer geschikt is om de warmte door te laten; die voortreffelijkheid heeft het alleen daaraan te danken, dat het slechts *eene* warmtesoort uitstraalt, en dus ook die *eene* slechts opslorpt. Dit is wel een merkwaardig bewijs, dat licht en warmte op gelijksoortige wijze worden opgewekt, dat beiden aan dezelfde oorzaak hun optreden te danken hebben. Er is vroeger gezegd (bl. 268) dat de gekleurde stralen, die een lichaam sterk terugkaatst, door dat lichaam ook sterk worden opgeslorpt, wanneer men er licht door laat

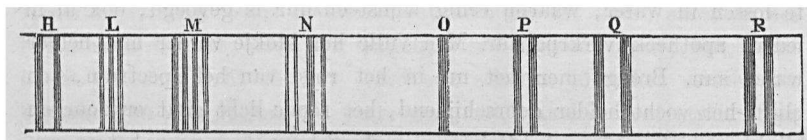
gaan; zoo ook met de warmte. Vloeispaath, een bekend mineraal, kaatst zeer sterk de warmtestralen, die heet klipzout er op afzendt, terug, en het absorbeert de steenzoutwarmte, die men er doorheen wil doen gaan, nagenoeg geheel en al. Met deze beide opmerkingen staken wij onze beschouwing van de spectraalstrepen en van het verband tusschen licht en warmte.

Na zulk een langdurige, maar zoo ik meen noodzakelijke, voorbereiding, ben ik eindelijk tot de zaak gekomen, die in den aanvang van dit opstel als de aanleiding werd beschouwd tot het schrijven dezer regelen. Dat wij tot fig. 6 of 9, tot het zonnenspectrum dus, terugkeeren.

Het kleurenbeeld staat nu eenmaal in al zijne pracht op het scherm. Men neme nu een reageerbuisje, een langwerpige glazen klokje, dat men bij elken apotheker voor zeer weinig geld kan krijgen, en giete daarin een weinig van een vocht, dat verkregen is door chinine op te lossen in water, waarbij eenig wijnsteenzuur is gevoegd, ook al in iedere apotheek verkrijgbaar. Men vulle het klokje verder met helder water aan. Brengt men het nu in het rood van het spectrum, zoo blijft het vocht helder doorschijnend, het roode licht gaat er door en blinkt, schitterend op het scherm, er door heen; men voere het nu verder naar de linkerhand (zie fig. 6), door het oranje, geel en groen, en altijd blijven de kleuren er door heen op het scherm tintelen; brengt men de oplossing nog meer links, en is men in het donkerblauw gekomen, zoo schijnt het, alsof het vocht niet meer zoo helder doorschijnend is; het is ongeveer of er een druppel melk in is gestort, en die schijnbare troebelheid vermeerdert naarmate men meer het violet nadert. In deze kleur is het vocht ondoorschijnend en heeft een eigenaardige, blauwachtig witte tint aangenomen. Buiten het violet wordt het lichtverspreidend vermogen der chinine-oplossing nog grooter, en het geeft daar een licht van zich, dat ons aan phosphorus herinnert, aan het licht van de streep dus, die een op een muur of plank gestreken lucifer achter zich laat. Het vocht is nu volkomen ondoorschijnend en heeft meer van een blauwachtige melk dan van water. Bestrijkt men met die helder doorschijnende vloeistof een strook wit papier, en houdt men deze in de verlenging van het spectrum, gedeeltelijk in het violet en gedeeltelijk daarbuiten in het grijs, dan vertoonen zich de niet bestreken plaatsen van het papier, evenals het scherm, natuurlijk violet en grijs, maar het bestrekene

gedeelte geeft een eigenaardig wit licht af, dat prachtig afsteekt bij het overige verschoond gebleven gekleurde deel. Keert men nu door een ondoorschijnend scherm, terwijl het chinine-papier daar in de verlenging van het spectrum is bevestigd, het rood, oranje, geel, groen en blauw van het spectrum af, zoodat op het oorspronkelijke scherm alleen violet licht achterblijft, dan ziet men het beeld zich ver buiten het violet op de chininelaag voortzetten; er loopen dan donkere banden of lijnen rechtstandig over dien lichtzoom, gelijk in karakter aan de Fraunhofersche strepen; en is het spectrum goed ontworpen, dan vertoont zich het nu licht geworden donkere einde toegerust met een strepentel, waarvan fig. 10 de voornaamste weder aanschouwelijk maakt. De lezer zal begrijpen, dat de streep H dezelfde is als die in fig. 9, en dat al de volgende zich in het ultra-violet bevinden. Ziedaar dus het middel, waarop wij vroeger het oog hadden, om dit donkere spec-

Fig. 10.



Ultra-violet.

trumdeel zichtbaar te maken. Het lichtgevend vermogen van het alzoo toebereide en geplaatste papier is zelfs zoo sterk, en werkt zoo chemisch, dat men met behulp daarvan photographiën heeft kunnen vervaardigen, die dus het ultra violette deel met zijne strepen blijvend te aanschouwen geven.

Al wat daar gezegd is over de wonderbare lichtwerking der chinine-oplossing kan op eene minder kostbare en even krachtige, zoo niet krachtiger wijze verkregen worden, door hiervoor te gebruiken een waterig aftreksel van den bast des kastanjebooms. Men vulle daartoe het reageerbuisje met helder water, houde het op de grens van het violet in het spectrum, en werpe een stukje kastanjabast op de wateroppervlakte ter grootte van een stuivertje. Oogenblikkelijk vertoont zich in het ultra-violette licht een hemelsblauw wolkje, dat onder van den bast uitgaat, in het water daalt, en dien ten gevolge onder den vorm van een vlam of een rookkolom het geheele glas tot op den bodem doortrekt. Schudt of roert men het water, dan wordt het geheel en al tintelend blauw. Bestrijkt men met die oplossing een stuk wit papier, dan kan men ook daardoor het spectrum, even als met de chinine-oplossing, sterk verlengen. Hetzelfde doel bereikt men

met een langwerpig, vrij dik stuk uraniumglas, een eigenaardige, geelachtig groen gekleurde glassoort, die thans veel voor wijn glazen, deurenknoppen en allerlei voorwerpen wordt gebruikt; men noemt het ook wel kanarienglas. Met het uranium heeft men (bl. 270) reeds kennis gemaakt. Teekent men met een of met beide der genoemde vochten op het witte papier eenige letters, bloemen of andere figuren, dan pralen deze in het violet en ultra-violet spectrum met een zachten, blauwen lichtglans, die ons alweder aan phosphorus herinnert. De chinine is in den chininebast begrepen en de stof, in den kastanjebast aanwezig, die de oorzaak is der zonderlinge lichtwerking, noemt men *aesculine*. Deze is het eigenlijk die in het water oplost en de oorzaak uitmaakt van dat eigenaardig lichtend vermogen. Dat vermogen heet *fluorescentie*, omdat 't eerst ontdekt is aan een mineraal, fluorcalcium of vloeispaath genaamd. Deze soort van steen, want het mineraal heeft er alles van, bestaande hoofdzakelijk uit twee stoffen, het fluorium en calcium, komt onder verschillende kleuren voor; de violette en groene zijn het best voor de aangewezen lichtwerking geschikt. Door sommigen wordt dat lichtend vermogen ook wel phosphorescentie genoemd, omdat de genoemde lichamen ook lichtdragers zijn (zie bl. 270), hoe kort dat licht dan ook moge voortduren. Onvergelijkelijk veel glanzender ziet men de lichtwerking in de donkere kamer, waarin zonnelicht wordt toegelaten door de bekende drie glazen (zie bl. 268), twee violette en een blauw. De geheele kamer door, staan daar die figuren op het witte — maar bij die verlichting thans grijze — papier, en pralen met een mat wit licht, terwijl men ze bij het gewone daglicht nauwelijks op den witten grond kan onderscheiden. De voorwerpen van uraniumglas verkrijgen in dat grijs een groenachtig matten lichttoon, alsof zij door phosphorusdampen zijn omringd; het is inderdaad als of het licht over de randen van een zwaar bekerglas heenstroomt; het glas schijnt zich ook in de dikte uit te breiden. Hoe langer men in de donkere kamer vertoeft heeft, hoe sterker de verlichting spreekt, omdat het oog dan meer gevoelig voor licht wordt. Behalve de chinine- en aesculine-oplossingen, bezit ook het gele aftreksel in alcohol van de zaadkorrels des doornappels (*Datura stramonium*) de boven omschreven eigenschap in eene hooge mate. De daarmede geteekende figuren verkrijgen een sterk groenachtig blauwe kleur.

(Wordt vervolgd.)