

OVER DEN REGENBOOG

EN

EENIGE VERWANTE VERSCHIJNSELEN.

DOOR

Dr. K. M. GILTAY.

Onder de verschijnselen, die in den dampkring plaats grijpen en in onze streken volledig kunnen worden waargenomen, bekleedt de regenboog zeker eene eerste plaats. Het is een prachtig schouwspel, wanneer hij zich onder gunstige omstandigheden vertoont, die boog van schitterende kleuren, die zelfs den onkundigsten waarnemer de overtuiging geeft van zijne groote afmetingen. Alhoewel niemand uwer, geachte lezers en lezeressen, dit natuurverschijnsel onachtzaam zal hebben voorbij gegaan, en hoewel het dikwijls genoeg voorkomt om het ten minste enkele malen in zijn geheel te kunnen zien, acht ik het echter noodig, voor dat ik tot de verklaring overga, eene beschrijving te geven, waarbij ik de verscheidenheden doe opmerken, die het verschijnsel aanbiedt en die niet door ieder kunnen worden waargenomen, daar eenige daarvan slechts zelden voorkomen.

In den regel ziet men slechts eenen boog, doch ook somtijds, — en dan eerst kan men achten het verschijnsel in zijn geheel waar te nemen, — ziet men twee bogen. Deze twee bogen zijn concentriek, dat is, zij hebben slechts één gemeenschappelijk middenpunt en bevinden zich altoos aan het gedeelte des hemels, dat vlak tegenover de zon is gelegen, zoodat daarbij altoos de zon, het oog des waarnemers en het middenpunt van den boog of van de bogen, in eene regte lijn zich bevinden. De binnenste dezer bogen, die dikwijls alleen gezien wordt, terwijl de buitenste ontbreekt, heeft altoos levendige kleuren en wordt *hoofdregenboog* genoemd; den bui-

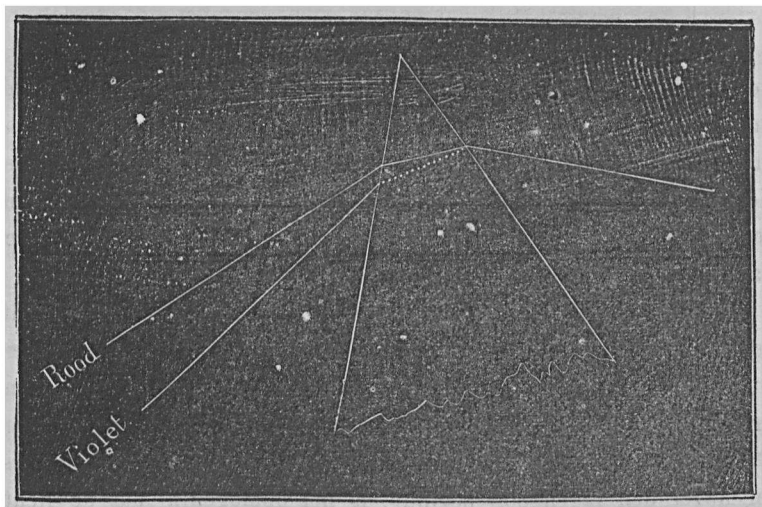
tensten geeft men den naam van *nevenregenboog*. De binnenste of hoofdregenboog toont meestal alle de kleuren van het prismabeeld. Het rood vormt den buitensten rand; de diameter van den rooden boog is dus grooter dan die der overige kleuren. De binnenste rand wordt gevormd door het violet, welke dus den kleinsten diameter aanbiedt. De kleuren daartusschen volgen op elkander even als bij het door een prisma gebroken zonnebeeld. In den *nevenregenboog* vertoonen de kleuren eene tegenovergestelde orde; het violet maakt daar den buitensten, het rood den binnensten rand. Aan den binnensten rand van den hoofdregenboog ziet men soms in concentrische smalle strooken eene herhaling van het groen en violet, welke eigenlijk niet tot den hoofdregenboog behoort en als een *nevenboog* moet worden aangemerkt. Zelden, zoo als ieder weet, wordt dit schoone schouwspel in die volmaaktheid waargenomen; zelfs is de hoofdregenboog niet altoos in zijn geheel, terwijl het toppunt zich veelal niet zeer hoog boven den horizont bevindt. Wij hebben daar zoo even reeds gezegd, dat de zon tegenover den regenboog geplaatst is. Het is echter niet noodzakelijk dat de zon zich voor het oog des waarnemers onbedekt voordoet; als slechts de stralen vrij, niet door wolken belemmerd, op het gedeelte des hemels kunnen vallen waar voor ons oog de regenboog zich bevindt, zal het verschijnsel kunnen ontstaan.

Dat reeds lang geleden de natuurkundigen voor dit verheven verschijnsel eene verklaring hebben gezocht, uit de natuur der dingen ontleend, zal u wel niet bevreemden, en zonder u de geschiedenis geheel mede te deelen, zal het u toch niet onbelangrijk zijn te vernemen, dat zelfs reeds in 1311 eene vrij juiste verklaring van den regenboog is gegeven; alhoewel wij eerst aan *NEWTON* eene volledige theorie te danken hebben, die dezen in alle zijne deelen als een, bij gunstige omstandigheden noodzakelijk gevolg der eigenschappen van het licht heeft doen kennen.

Deze volledige verklaring nu, reeds lang en algemeen bij de natuurkundigen bekend, kan onmogelijk gegeven worden zonder wiskunstige beschouwing. Een voldoende denkbeeld echter van de wijze waarop het verschijnsel wordt verklaard, geloof ik u te kunnen

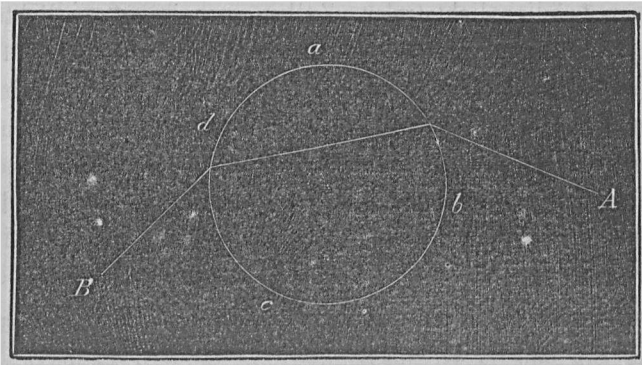
geven. Het zal hiertoe echter noodzakelijk zijn, dat ik u eenige kennis mededeel, die ik niet als algemeen verspreid mag aannemen en zonder welke elke poging tot verheldering zoude mislukken.

De *rigting* waarin het licht zich door de ruimte verbreidt, en welke eene volmaakt regte lijn is, noemt men *lichtstraal*. Uithoofde van den verren afstand der zon, kunnen wij gerust aannemen, dat bij het van haar komende licht die stralen alle evenwijdig zijn, vooral voor de kleine afstanden waarop wij ze in onze nabijheid beschouwen. Door elke opening derhalve dringen een ontelbaar aantal evenwijdige lichtstralen. Zulke vereeniging van lichtstralen noemt men naar de grootte der doorsnede een lichtpenseel of lichtbundel. Een lichtbundel, onmiddelijk van de zon door de ruimte tot ons oog komende, geeft ons geenen indruk van eenige kleur; een wit ligchaam door hem bestraald schijnt ons wit toe. Laten wij echter zoodanigen lichtbundel op een prisma, van een of ander niet gekleurde doorschijnende stof, b. v. glas vallen, dan zal die lichtbundel zeer dikwijls, (al of niet naar het prisma en den hoek van



invalling) niet meer als wit, maar als gekleurd licht, als een bredere bundel uit 'het prisma te voorschijn treden, terwijl daarbij de lichtbundel van den regten weg is afgeleid. Zeven hoofdtinten, rood, oranje, geel, groen, blaauw, indigo, violet biedt de gebroken

lichtbundel aan; zoodat het rood het minst, violet het meest van den regten weg is afgeleid. Dit verschijnsel nu zouden wij bij elk prisma waarnemen van welke stof ook gevormd, wanneer het slechts eene grootere digtheid heeft dan de dampkringslucht; dus ook bij een van water. En niet alleen dat elk prisma van een doorschijnende stof deze kleurscheiding zoude geven; ook zoodanige stof onder eenen anderen vorm, b. v. dien van een cylinder, zal het verschijnsel dikwijls kunnen vertoonen. Het hangt slechts van de rigting des invallenden lichtbundels af. Onder gunstige omstandigheden b. v. zal

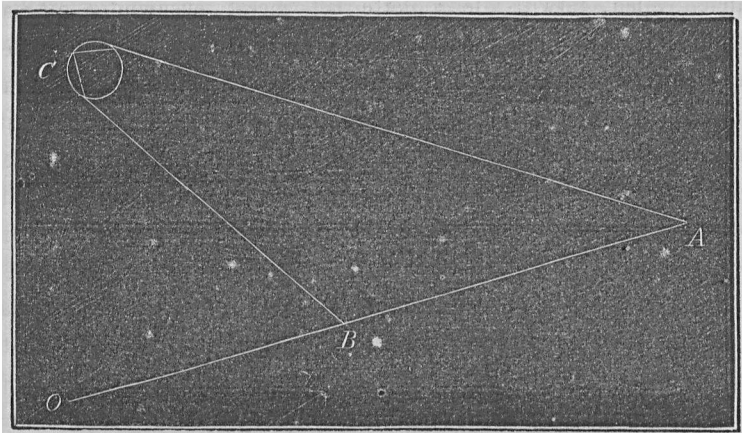


de straal *A* bij *B* gekleurd te voorschijn treden; veronderstellende dat *abcd* de doorsnede is van een glas water. Deze ontbinding nu van het witte licht, die altoos eenigzins plaats heeft wanneer een lichtbundel wordt gebroken en van den regten weg afgeleid, is de oorzaak van het verschijnsel in den dampkring, waaraan wij den naam van regenboog geven.

Gij begrijpt zeer gemakkelijk, waarde lezer! dat wanneer elk lichtpenseel, hoe gering ook in doorsnede, uit eene ontelbare hoeveelheid witte lichtstralen bestaat, ook zeer kleine lichamen, b. v. waterdruppels, in staat zullen zijn de breking te doen plaats hebben. Daar wij echter hebben opgemerkt, dat de zon zich altoos juist tegenover den regenboog bevindt, is het onmogelijk dat de lichtstralen, die in ons oog worden opgevangen, door de waterdruppels eenvoudig worden gebroken, zoo als daareven voor den watercylinder is geteekend; want dan zoude de zon zich achter den regenboog moeten bevinden. Wanneer wij echter aannemen, dat het reeds ge-

brokene licht in den druppel wordt terug gekaatsd en bij het verlaten der druppels nog eens wordt gebroken, dan kan het tot het oog komen van iemand die zich tusschen de zon en den regenboog bevindt.

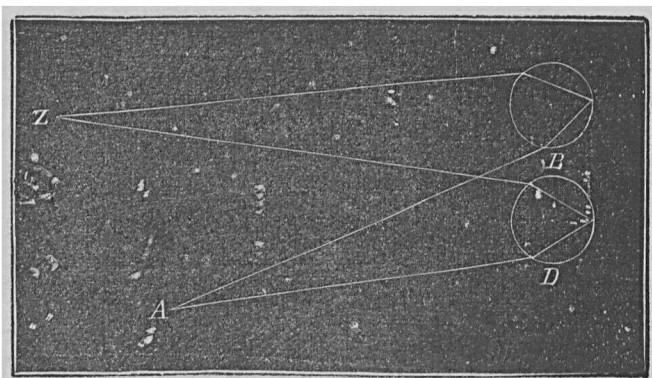
Zij b. v. A de zon, C de regendrop, en B het oog des waarnemers, dan kunt gij in de teekening den gang van den straal zien voorgesteld.



Trekken wij door $A B$ eene onbepaalde lijn naar O , en laten wij om die lijn met C eenen cirkel beschrijven, dan is het duidelijk dat alle de druppels op den cirkel gelegen tegenover A en B symmetriek zijn, op denzelfden betrekkelijken afstand blijven, en dat derhalve, zoo na de breking en terugkaatsing in C het gekleurde licht het oog B bereikt, dit in alle druppels waar zal zijn die op den door $A B$ beschrevenen cirkel gelegen zijn.

Dit vastgesteld zijnde, kunnen wij verder gaan. Wij hebben daar straks gezegd, dat het licht, nadat de breking heeft plaats gehad, uit het brekend ligchaam tredende, niet alleen gekleurd maar ook breeder is geworden, als het ware is uitgespreid. De gekleurde lichtstralen verwijderen zich hoe langer hoe meer van elkander en geven daardoor eenen meer en meer flauwen indruk. Het oog zal derhalve voor elke kleur, den heldersten, sterksten indruk krijgen van die lichtstralen, welke het meest evenwijdig tot hem komen. Nemen wij nu in aanmerking, dat de afwijking van de regte lijn voor elke kleur verschilt (blijkens het

voorbeeld met het prisma, waar wij aanmerkten, dat de roode minder dan de violette straal afwijkt) zoo zullen ook de hoeken waaronder de stralen op de regendruppels moeten vallen, om den sterksten indruk van rood of violet te geven, moeten verschillen. Nu is het zeker te bewijzen, dat die roode stralen het meest evenwijdig uitgaan, welke bij water onder eenen hoek van $59^{\circ} 23' 30''$ op den druppel vallen, terwijl die violette het meest evenwijdig uitgaan welke onder eenen hoek van 58° invallen, en dus van alle de op den druppel vallende stralen zijn het die, welke aan ons oog den indruk van rood en violet zullen geven. De hoek, dien de gebrokene en uitgaande roode stralen met de invallende maken, is $42^{\circ} 1' 40''$, en de hoek, dien de gebrokene uitgaande violette stralen met de invallende maken, is $40^{\circ} 17'$. Stellen wij dus, dat de stralen der zon evenwijdig aan den horizont op de regendruppels vallen, dan zullen de roode en violette met den horizont dezelfde hoeken vormen, namelijk $42^{\circ} 1' 40''$ en $40^{\circ} 17'$, waardoor het blijkt, dat de bovenste druppels ons het roode, de benedenste het violette licht toezenden, en dat de hoek waaronder wij den regenboog zouden zien, indien de zon een punt ware, is $1^{\circ} 45'$. Daar echter de zon zelve eenen schijnbaren diameter heeft, van $30'$, zoo is de breedte van den regenboog $2^{\circ} 15'$.



Stellen wij dus door A een waarnemend oog voor, dan zijn de stralen AB die, welke de gewaarwording van rood en AD die, welke de gewaarwording van violet geven.

Dit hier opgegeven eindresultaat kan van voren wiskundig worden

betoogd, waartoe men niets noodig heeft te kennen dan de betrekking tusschen de hoeken van inval en van uitgang bij lucht en water.

Gij ziet dus, waarde lezers, dat overal waar de dampkring, water en de stralen der zon bestaan, de vereischten gevonden worden tot het ontstaan van den regenboog.

Behalve de hoofdregenboog, hebben wij reeds medegedeeld, wordt soms waargenomen een nevenregenboog, waarbij de kleuren in omgekeerde orde zich aan ons vertoonen. De stralen worden hier tweemaal teruggekaatst in den waterdruppel, terwijl de straal die door het oog wordt opgevangen en die welke vóór de breking van de zon komt, zich kruisen. De breedte van dezen nevenregenboog is $2^{\circ} 20'$, terwijl hij 8° van den hoofdregenboog afstaat. De wiskunde toont ook hier wederom dat dit zoo moet plaats hebben.

Blijkbaar is uit al het medegedeelde, dat de regendruppels en niet de wolken den regenboog vormen, zoodat ook dikwijls de onderste deelen van den boog de voorwerpen op aarde schijnen te bedekken; staat de waarnemer zeer hoog, dan kan de regenboog soms eenen geheelen cirkel vormen.

Dat de door de maan teruggekaatste stralen eenen regenboog kunnen vormen, bewijst hetgeen wij als vereischten voor het ontstaan hebben opgegeven. Zulke maanregenbogen zijn dan ook reeds door ARISTOTELES gekend en niet zelden opgemerkt geworden. Het licht zwakker zijnde, zijn ook de kleuren onduidelijker; alhoewel zij soms zeer goed te onderscheiden zijn en men de waarnemingen van eenige zeer heldere vindt opgeteekend.

Het is u waarschijnlijk bekend, geachte lezer, dat de dauw ontstaat door waterdamp, welke door verkoeling van den gasvorm in dien van blaasjes verandert, daarom vesiculaire damp genaamd, en dat hierbij dikwijls zeer kleine druppels ontstaan. In die blaasjes en dauwdruppels kunnen, wanneer de zon boven den gezigteinder staat, regenbogen gevormd worden; eveneens in de druppels, die op de oppervlakte der zeegolven en bij watervallen opspatten. De Franschen noemen deze *arc-en-terre* en *arc-en-mer*, waarvan wel ieder

uwer in reisbeschrijvingen zal hebben gelezen. Dubbele regenbogen zoowel van den hoofd- en nevenboog zijn zeer gemakkelijk te verklaren door de spiegeling der zon in het water; aan den oever van de zee toch is het, dat men deze waarneemt. De teruggekaatste stralen, die als van eene zon komen, even zoover onder den horizont als het hemelligchaam zich er boven bevindt, veroorzaken deze dubbele bogen. Het water moet hierbij zeer stil zijn, dat aan zee moeijelijk plaats vindt, waardoor die dubbele bogen zeldzaam zijn; zij doorsnijden elkander aan den horizont.

Eindelijk vindt men nog enkele gevallen opgeteekend van regenbogen, die elkander aan den top doorsnijden; hetgeen alleen kan ontstaan door dat er eene wolk is waar de zon zich als het ware in spiegelt, even als zoo even van het water werd vermeld.

• HALO'S.

Verschijselen die zeer veel met de regenbogen overeenkomen, zijn in de eerste plaats de *Halo's*. Het zijn gekleurde ringen om de zon welke in zekere jaargetijden zich voordoen; ze zijn aan den binnenkant rood, aan de buitenzijde violet, en de kleinste cirkel heeft eenen halven diameter van 23° , de grootste van 46° . De verklaring is reeds voor lang door MARIOTTE gegeven; het verschijnsel wordt veroorzaakt door de breking van het licht door de ijskristallen (naaldjes) die zich in de atmosfeer bevinden. Die kristalletjes bestaan uit driehoekige regelmatige prismas, waarvan de zijvlakken hoeken vormen van 60° en loodrecht staan op het grondvlak. Bevinden zich nu de assen horizontaal, dan kunnen die tweevlakkige hoeken het licht breken. Mogt iemand het vreemd vinden, dat wij alle die kristallen ééne positie doen aannemen, dan bedenke hij slechts dat die ligchaampjes bij het vallen, zeker die positie zullen aannemen, waarbij zij den minsten tegenstand ontmoeten; en dan zullen alle ongeveer dezelfde rigting verkrijgen. Soms vertoonen zich de *Halo's* als slechts één kring, die rood is aan de binnenzijde en in een blaauwachtig wit uitloopt. Soms ziet men twee kringen, waarbij de buitenste de verschillende kleuren van den regenboog meer of minder duidelijk vertoonen, altoos met het rood het binnenst.

Om de zon worden nog andere gekleurde ringen van kleinere afmeting, van 1° tot 4° diameter, opgemerkt, waarvan de kleuren juist tegenovergesteld gerangschikt zijn; het violet van binnen en het rood van buiten. Deze ringen worden door waterdruppels van zeer kleine en gelijke afmetingen daargesteld. De verklaring voor deze ringen, die men *kroon* noemt, zou ik moeilijk hier kunnen geven. Het verschijnsel wordt verklaard door hetgeen men noemt interferentie. Men kan die ringen gemakkelijk kunstmatig daastellen door eene glasplaat met een fijn poeder, b. v. lycopodium te bedekken en hierdoor naar de zon of de vlam eener kaars te zien; terwijl bij koud weder de nedergeslagene waterdamp op de glasruiten van uw rijtuig, u om de vlam eener gaslantaarn die kroon dikwijls zal vertoonen. Een verschijnsel, dat hierbij te huis behoort, toont zich in den nevel om de schaduw des waarnemers.

Om een treffend voorbeeld mede te deelen, haal ik het door den reiziger SCORESBY vermelde hier aan. Wanneer op de zee een nevelboog van ongeveer 50 of 60 ellen ligt, dan ziet men toch de zon zeer helder, en een waarnemer op de mast geplaatst ziet om de schaduw van zijn hoofd kleurige ringen. De binnenste ring is zoo klein, dat hij bij zijn sterken glans eene *tegenzon* (*Anthelios*) of glorie om het hoofd des waarnemers geeft. Bij zeer dikken nevel en op eene hoogte van 70 ellen boven de oppervlakte der zee, waren er, in plaats van eenen binnen helderen ring, twee ringen. Zij gaven de kleuropvolging van wit of geel en rood, daarop purper, blaauw, groen, geel, rood, terwijl eindelijk nog eene derde kleuropvolging, doch eene zeer zwakke, werd waargenomen. Deze ringen ontstaan door zoogenaamde straalbuiging, *interferentie*, welke door dampdeeltjes nabij het hoofd veroorzaakt worden.

PARAHELISCHE CIRKELS.

Dikwijls neemt men bij de *Halo's* eenen horizontalen lichtcirkel waar, welke door het hemelligchaam gaat en als cirkelboog eene zekere uitgebreidheid heeft. Die kring is binnen de *Halo* minder helder, dan daar buiten, en bestaat over het geheel uit ongekleurd licht. Hij wordt voortgebracht door de terugkaatsing van het licht

op de verticale zijvlakken van de ijsprismas. Daar nu deze vertikale vlakken zich in elke rigting betrekkelijk het hemelligchaam en ons oog bevinden, zullen zij in elk punt van den cirkel een beeld geven en dus de gewaarwording van eenen verlichten cirkel daarstellen. Dikwijls ziet men tegelijkertijd eenen vertikalen band door de zon gaande, en dus met den parahelischen cirkel een kruis vormende. Zeer merkwaardig zijn de nevenzonnen, welke zich even buiten de halo van 23° halven gezigtshoek bevinden; zij zijn zeer schitterend en gekleurd. Soms neemt men ook nog eene nevenzoon waar op den parahelischen cirkel, lijnrecht tegenover de zon geplaatst, welke men bij uitnemendheid Anthelius noemt. De halo's en nevenzonnen zijn lichtmeteoren, die hier in ons vaderland slechts zelden gezien worden. Zeer dikwijls worden zij waargenomen in Noorwegen. Ook in warmere streken worden zij gezien, hetgeen niet vreemd behoeft te schijnen, daar men immers weet, dat op groote hoogten ook in de warmste landen eene zeer lage temperatuur heerscht. Halo's om de maan worden overal slechts zeer zelden waargenomen; en *nevenmanen* zijn, voor zoover mij bekend is, niet opgemerkt.

In het voorbijgaan moet ik nog opmerkzaam maken op een verschijnsel, bestaande uit roode schitterende stralen, 2° breed, 15° tot 20° hoog; zij zijn afgezonderd in twee zijdelings gebogene en eene middelste rechte. Het bolsegment daartusschen is schoon blaauw. Dit verschijnsel vertoont zich dadelijk na het ondergaan der zon en wordt in Noorwegen waargenomen. Ik weet niet of het ook in onzen dampkring te huis behoort.

Het zal den lezer zeker niet ongevallig zijn eene volledige beschrijving te leeren kennen van een halo met parahelischen cirkel en nevenzonnen, zoo als het verschijnsel soms in groote volmaaktheid is waargenomen. Wij laten daarom hierop eene afteekening daarvan, met eene verklaring der lijnen en deelen, volgen. Men moet zich voorstellen de zon voor zich te hebben, de tegenzon achter zich, terwijl het middelpunt van den grootsten cirkel het punt des hemels boven het hoofd van den waarnemer voorstelt.

a de Zon.

bbbb eerste halo, rood van binnen, violet van buiten.

cccc tweede halo, kleuren helderder.

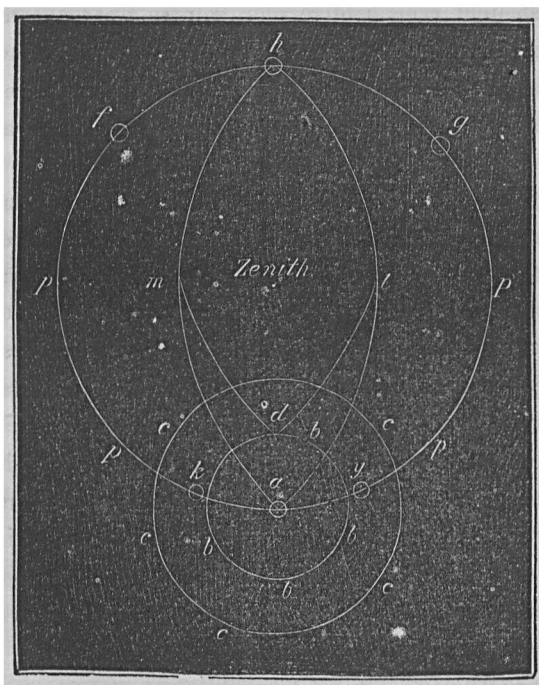
h p p p p Parahelische cirkel.

h Anthelius, tegenzon.

h en *y* }
f en *g* } nevenzonnen.

h en *y* zijn soms gekleurd, en hebben dan de roode zijden naar de zon gekeerd.

h l d en *h m d* twee flauwe cirkels, die in *d* boven de zon eindigen; volgens sommigen eindigende in de zon *a*.



De kringen *h l a* en *h m a* maken, wanneer zij in de zon eindigen, met *f p p* eenen hoek van 60° .

De verklaring der verschillende deelen van dit verschijnsel wordt door de reeds aangehaalde zeer aanneembare veronderstelling van het bestaan der kleine ijskristalletjes zeer gemakkelijk gemaakt.

a De vertikale door de zon gaande kring wordt daargesteld door spiegeling op de vlakken der ijsnaaldjes, wanneer deze in eene horizontale lijn liggen en eene geschikte neiging tegenover de vertikaal bezitten.

b De horizontale kring wordt gegeven door de terugkaatsing op de vertikale vlakken der ijskristallen.

c De kringen *hla* en *hma* worden voortgebracht door de spiegeling op de naalden, die onder eenen hoek van 60° met de eerste verbonden zijn.

d De nevenzonnen zijn gewoonlijk op de plaatsen waar de kruisen elkander doorsnijden; daar moet door eene grootere hoeveelheid teruggekaatst licht eene heldere plek worden waargenomen.

Worden zij buiten het kruispunt der kringen waargenomen, dan staat de zon hooger: ze zijn dan een gevolg van breking van het licht en bevinden zich ook op 21° tot 22° , de hoek van breking waarbij het licht het meest evenwijdig wordt.

Zietdaar, geachte lezers en lezeressen! u den regenboog met eenige aanverwante verschijnsels verklaard. Hij is reeds eeuwen voor het beschaafde gedeelte der menschen het zinnebeeld van het vertrouwen; en voorwaar met volle regt is dit denkbeeld aan het heerlijke natuurverschijnsel verbonden. Want ziet uw vorschend oog bij den digt bedekten hemel dien prachtigen boog ontstaan, dan is zeker dat wolkenkleed gebroken. Achter u, waar gij dit het minst verwachtet, is u de oneindige ruimte weder ontsloten, en het hemellichaam dat leven verspreidt, zendt zijne koesterende stralen weder regtstreeks tot u. Uwe blikken kunnen de oneindige ruimte weder binnendringen, en het harmonieuse verband tusschen de aarde, dien blaauwen hemel en die tallooze werelden, blijkt slechts schijnbaar verbroken te zijn geweest.
