

Een regenboog in zwart-wit

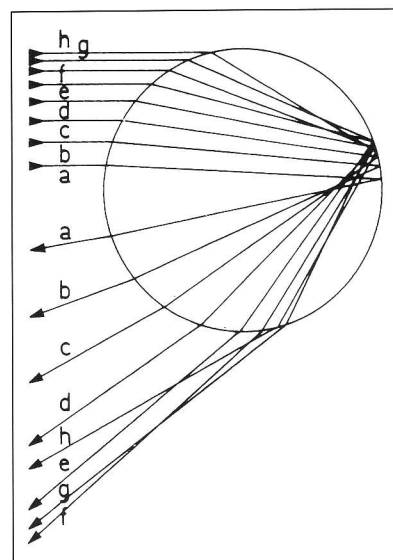
De regenboog geniet vooral bekendheid als kleurrijk natuurgebeuren; toch bestaat het verschijnsel ook in zwartwit en vertoont dan vrijwel alle kenmerken van zijn veelkleurige tegenhanger. De zwart-wit regenboog is zichtbaar als een heldere boog tegen de donkerder achtergrond van de hemel. In feite gaat het dan om de zogeheten hoofdrengenboog, het meest opvallende onderdeel van het regenboogverschijnsel. Minder op de voorgrond tredend, maar vaak toch zichtbaar is de zogeheten bijregenboog, die weliswaar groter, maar aanzienlijk lichtzwaker is dan de hoofdboog. Daartussen zit de 'donkere band', het verschijnsel dat de hemel tussen de beide bogen gewoonlijk donkerder is dan het gebied binnen de hoofdboog of buiten de bijboog. Het enige wat ontbreekt is dus de kleur; verder is er aan een zwart wit regenboog evenveel te zien als aan de kleurenboog.

C. Floor

De verklaring van de regenboog wordt merkwaardig genoeg vaak toegeschreven aan de Franse wiskundige René Descartes. Zijn theorie geeft echter uitsluitend een verklaring voor de zwart-wit regenboog, dus voor de in vergelijking met de achtergrond relatief lichtsterke boog aan de hemel. In de meeste gevallen hebben we daaraan uiteraard niet genoeg, maar als we – zoals hier – afzien van kleur, is dat wel het geval.

Descartes, die zijn verklaring omstreeks 1625 formuleerde, ging er van uit dat de regenboog ontstond in bol-

vormige regendruppels door inwendige terugkaatsing en breking van zonlicht. Reeds enkele eeuwen daarvoor waren in Duitsland Theodoricus van Freiberg en in Perzië Qutb al-Din al-Shirazi en zijn leerling Kamal al-Din al-Farisi tot vergelijkbare inzichten gekomen. Hun ideeën werden in hun tijd en de eeuwen daarna echter geen gemeengoed; bovendien konden deze geleerden niet beschikken over de zogeheten 'brekingswet van Snellius' uit de geometrische optica, die rond 1600 door onze landgenoot Willebrord Snel van Royen gevonden werd. Descartes formuleerde de brekingswet in



1. Stralengang van licht, dat bijdraagt aan de vorming van een regenboog. De lichtstralen vallen in op een bolvormige regendruppel en ondergaan één inwendige terugkaatsing.

de vorm zoals die ook nu nog in natuurkundeboeken te vinden is (voor de kenners: $\sin i = n \cdot \sin r$) en berekende nauwgezet de gang van duizend lichtstralen die op verschillende plaatsen op een bolvormige regendruppel, een bol van water dus, invallen.

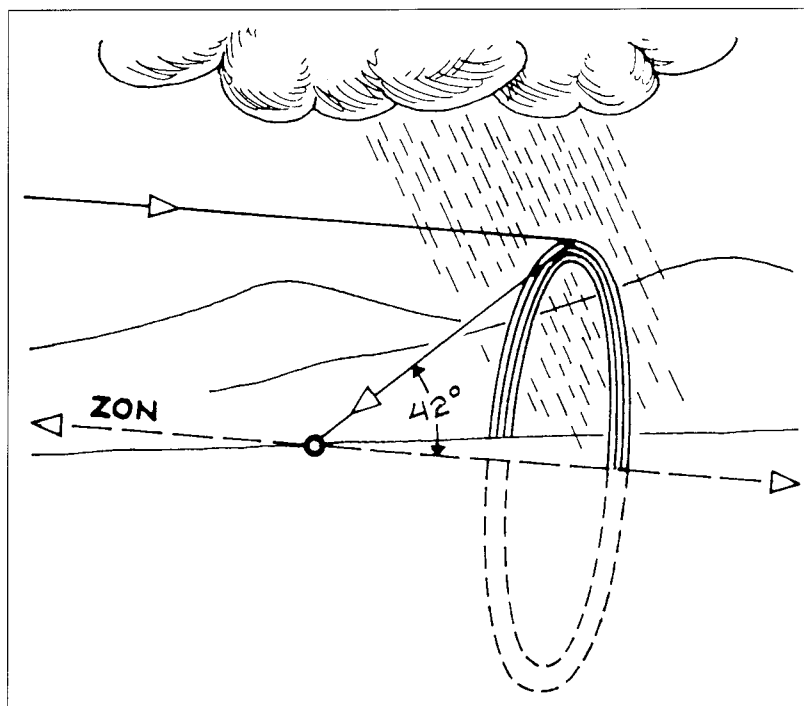
Stralengang

De stralengang van het zonlicht dat invalt op een regendruppel die bijdraagt aan de regenboog, is geschetst in figuur 1: het invallende licht dringt de regendruppel binnen (linksboven) en wordt daarbij gebroken, met andere woorden: het licht verandert van richting. De grootte van deze richtingsverandering wordt berekend met de wet van Snellius. Aan de binnenzijde van de regendruppel treedt rechtsachter opnieuw een richtingsverandering op, ditmaal door terugkaatsing tegen de binnenwand van de regendruppel. Nu is de zogeheten terugkaatsingswet van toepassing: de hoek van intrede is gelijk aan de hoek van uittrede. Bij het verlaten van de druppel treedt opnieuw een richtingsverandering op (linksonder); er is weer sprake van breking van licht, zodat de wet van Snellius gebruikt kan worden.

De uiteindelijke richtingsverandering van het zonlicht die de regendruppel veroorzaakt heet deviatie. De waarde van de deviatie hangt af van de manier waarop het licht op de regendruppel invalt, maar Descartes con-



cludeerde uit zijn berekeningen dat deviaties van 138° à 139° booggraden erg veel voorkwamen, althans vaker dan grotere waarden: waarden kleiner dan 138° traden in het geheel niet op, zodat men kan spreken van een minimumdeviatie van 138° (figuur 2). Omdat relatief veel licht volgens de minimumdeviatie wordt afgebogen, ontstaat een heldere strook rond de zon op een afstand van 138° . Het effect daarvan is de regenboog: een lichtcirkel rond het zogeheten *tegenpunt* van de zon. Het tegenpunt van de zon is het punt recht tegenover de zon, dat zich even ver onder de horizon bevindt als de zon er boven staat. De afstand tussen de zon en zijn tegenpunt bedraagt uiteraard 180° ; de straal van de regenboog bedraagt dus $180 - 138 = 42^\circ$ (figuur 3).



3. De regenboog is zichtbaar als zonlicht op regendruppels valt en de waarnemer met de rug naar de zon staat.

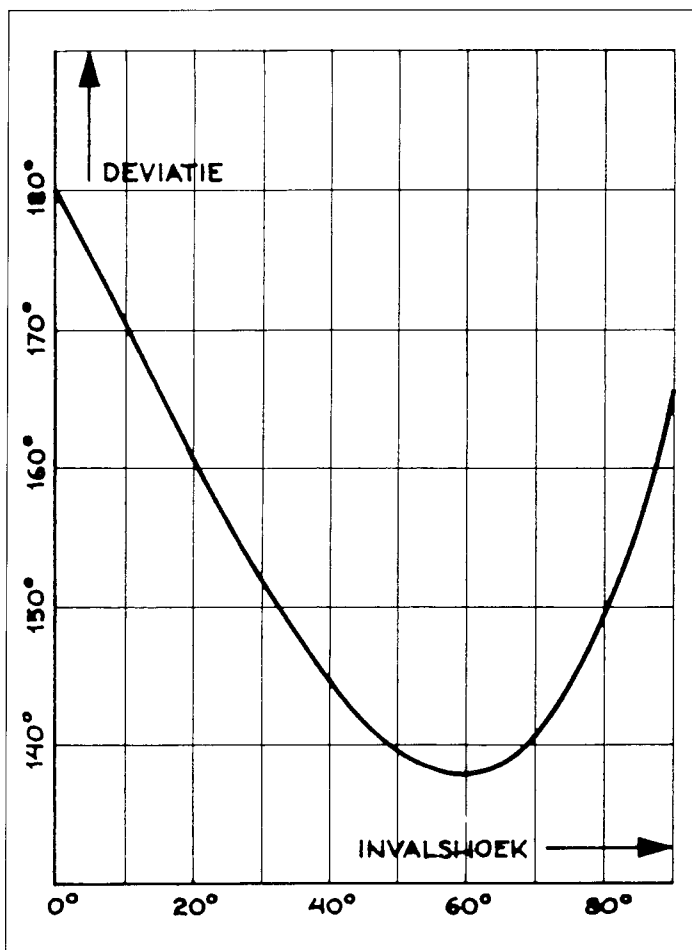
Helderheid van de hemel

Op de foto is te zien dat de hemel aan de binnenzijde van de regenboog lichter van tint is dan aan de buitenzijde. De berekeningen van Descartes geven ook hiervoor een verklaring. Deviaties kleiner dan 138° komen namelijk niet voor; regendruppels leveren op afstanden van minder dan 138° van

de zon, dus buiten de hoofdregenboog, geen bijdrage aan de lichtsterkte van de hemel. Deviaties van meer dan 138° komen wel voor, zij het minder vaak dan de minimumdeviatie zelf; in dat gebied aan de binnenzijde van de hoofdregenboog spelen de regendruppels dus wel een rol bij het lichter maken van de hemel. In veel gevallen is een tweede regenboog

zichtbaar, die groter is en lichtzwaker dan de hoofdboog. Deze wordt gevormd door licht dat tweemaal is teruggekaatst tegen de binnenwand van de regendruppel. De bijbehorende minimumdeviatie bedraagt 231° ; de boog bevindt zich daardoor op $231 - 180 = 51^\circ$ van het tegenpunt van de zon.

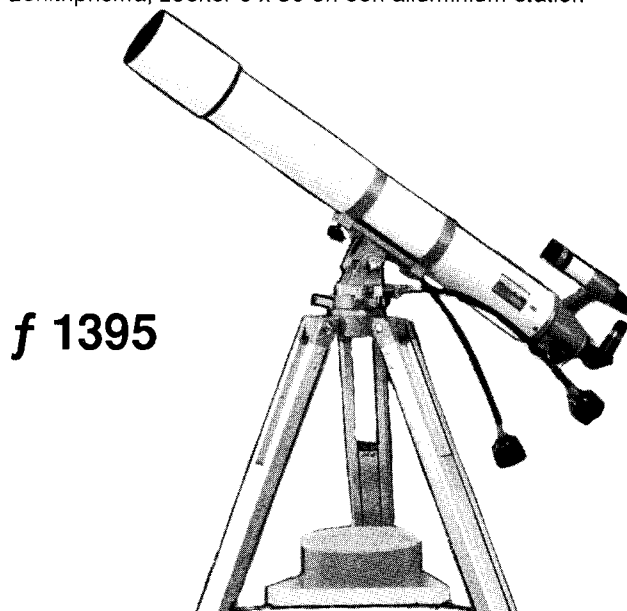
2. Verband tussen de deviatie en de hoek van inval voor zonlicht dat invalt op een bolvormige regendruppel.



(advertentie)

SPECIALE AANBIEDING

VIXEN 90 mm F=1000 mm lenzen-telescoop op azimuthale montering, fijnregeling op twee assen, drie oculairen, een zenithprisma, zoeker 6 x 30 en een aluminium statief.



f 1395

GANYMEDES OPTISCHE INSTRUMENTEN

Middeldorpstraat 1-5 1182 HX Amstelveen

Tel. 020-6412083 of 6455032