N 03-609

ISN= 220722

KONINKLIJK INSTITUUT VD TROPEN-BIBLIOTHEEK
14 0000 0249 5681

0.380.1

ILMOE ALAM

OF

WERELDBESCHRIJVING

VOOR DE

INLANDSCHE SCHOLEN.

VIERDE STUKJE.

Over de vaste Sterren, den Melkweg, de veranderlijke Sterren; de physische gesteldheid der Zon en der Maan; de massa, dichtheid en grootte der Aarde; over Brillen en Kijkers.

DOOR

DR. J. A. C. OUDEMANS,

HOOGLEERAAR TE UTRECHT.

BATAVIA.

Verkrijgbaar ter Lands Drukkerij.

1883.

ILMOE ALAM.

IV.

Ned '26 - 0 30e.168

ILMOE ALAM

OF

WERELDBESCHRIJVING

VOOR DE

INLANDSCHE SCHOLEN.

VIERDE STUKJE.

Over de vaste Sterren, den Melkweg, de veranderlijke Sterren; de physische gesteldheid der Zon en der Maan; de massa, dichtheid en grootte der Aarde; over Brillen en Kijkers.

DOOR

DR. J. A. C. OUDEMANS,

HOOGLEERAAR TE UTRECHT.

Koninklijke Vereeniging Centraal Kolonial

BATAVIA.

Verkrijgbaar ter Lands Drukkerij.

1883.

Stoomsnelpersdruk van de Firma L. E. BOSCH & ZOON. — Utrecht.

INHOUD.

Bladz.

Voorbericht . . . . . **XI**

EERSTE HOOFDSTUK.

De vaste sterren.

§ 171. Over het verschil van vaste sterren en planeten. Ontzettende afstand der vaste sterren. Het hemelgewelf. . . 1

§ 172. Verder onderscheid tusschen vaste sterren en planeten. De vaste sterren zijn te vergelijken bij de zon 7

§ 173. Waar dus het licht van de zon en de sterren van daan komt 13

§ 174. Waar dan nu de hitte van de zon van daan komt. Warmte kan op verschillende wijzen ontstaan, onder andere ook uit beweging 15

§ 175. Vervolg. Langdurigheid van het tijdperk, dat noodig geweest is, om de zon te vormen. 18

§ 176. Vervolg. Hoe men zich dan voorstelt, dat de zon gevormd is. Over de nevelvlekken 19

§ 177. Vermoedelijke oorzaak van de warmte der zon 23

Bladz

§ 178. Vermoedelijke temperatuur der zon 25

§ 179. Over de dubbelsterren. Zij bewijzen, dat de aantrekkingskracht bij de vaste sterren evenzoo werkt als in ons zonnestelsel. Haar groot aantal 28

§ 180. Hoe men de beweging in de dubbele sterren onderzocht heeft 30

§ 181. Voorbeeld: de heldere ster alpha in het sterrebeeld Centaurus. De loopbaan, die de begeleider om de hoofdster beschrijft, is eene ellips 34

§ 182. In gelijke tijden worden gelijke sectoren doorloopen . . 37

§ 183. Merkwaardigheid der ster alpha van Centaurus. 39

§ 184. De middellijnen der sterren zijn te klein, om ze door de sterkste kijkers te zien 42

§ 185. De eigen beweging der vaste sterren 45

§ 186. De beweging van de zon met de planeten naar het sterrebeeld Hercules. 50

§ 187. De sterrebeelden 55

§ 188. Voorbeeld hoe dezelfde sterrebeelden bij Chineezen, Arabieren en Grieken andere namen droegen 59

§ 189. Enkele nog in gebruik zijnde namen van vaste sterren . 65

§ 190. Wat in de grieksche fabelleer omtrent sommige personen verteld wordt, naar wie sterrebeelden genoemd zijn . . 67

§ 191. Gebruik der halfronden, om de sterrebeelden te leeren kennen 68

§ 192. Hoe men eens vooral eene inrichting maken kan, om op eene sterrekaart altijd dadelijk te zien, welk gedeelte van den hemel boven den horizon is. 75

§ 193. Hoe de beschrevene inrichting voor alle plaatsen in den Indischen Archipel geschikt kan gemaakt worden . . . 79

§ 194. Verder gebruik van deze inrichting, om te vinden, wanneer eene bepaalde ster op een bepaalden dag opkomt of ondergaat 80

§ 195. Insgelijks om te vinden op welken dag eene bepaalde ster op een bepaald uur opkomt of ondergaat 82

§ 196. Over den laatst zichtbaren ondergang en de eerst zicht-

Bladz.

bare opkomst der sterren. Gebruik op Java van het Zevengesternte en Orion ten behoeve van den landbouw . . 83
§ 197. Verder gebruik van sterren ten behoeve van den landbouw. 89
§ 198. Oorzaak, waarom na lengte van tijd het verdwijnen of verschijnen van hetzelfde sterrebeeld niet meer op denzelfden dag van het europeesche jaar of van denzelfden mongso, maar later invalt 91
§ 199. De melkweg 93

TWEEDE HOOFDSTUK.

Iets over brillen en kijkers.

§ 200. Iets over kijkers 99
§ 201. Vervolg. Over den hollandschen kijker. 101
§ 202. Over eene voorname eigenschap der lenzen 103
§ 203. Gevolgen dezer eigenschap. Voorbeelden. Vergrootglas of loep 107
§ 204. Over de brillen voor verzienden 112
§ 205. Over de verkleinende lenzen. 114
§ 206. Gebruik der verkleinende lenzen als brillen voor bijzienden. 120
§ 207. Wat de oorzaak is van bijziendheid en verziendheid . . 121
§ 208. Over het accommodatie-vermogen van het oog 123
§ 209. De nummers der brillen 125
§ 210. Over den hollandschen kijker. Vervolg 127
§ 211. Over den gewonen verrekijker 131
§ 212. Over de kleuren bij de lichtbreking. Ontdekking van Newton, dat het witte licht samengesteld is. 134
§ 213. Verschil in breking voor de verschillende kleuren . . . 138
§ 214. Uitvinding van John Dollond, om de kleurverspreiding op te heffen. 140
§ 215. Toepassing op de voorwerpglazen van kijkers 142

Bladz.

DERDE HOOFDSTUK.

De veranderlijke sterren.

§ 216. De ster Algol 145
§ 217. De ster β van de Lier 156
§ 218. De zonderlinge ster in den Walvisch 161
§ 219. Groot aantal der veranderlijke sterren 163

VIERDE HOOFDSTUK.

Over de zon.

§ 220. Om de lichtveranderingen der veranderlijke sterren te verklaren is het het best de zon te bestudeeren. Wenteling der zon om hare as 166
§ 221. Over de zonnevlekken ; haar ontstaan, voorkomen en duur. 170
§ 222. Over de periode in de zonnevlekken. 172
§ 223. Terugkeer tot de veranderlijke sterren 175
§ 224. Uit de veranderlijkheid der zonnevlekken leidt men af, dat de oppervlakte der zon vloeibaar of gasvormig is . 179
§ 225. Door verschillende zonnevlekken vindt men verschillende omwentelingstijden der zon om hare as. Ook daarom is het onmogelijk, dat de oppervlakte der zon vast is. Wat de zonnevlekken waarschijnlijk zijn 180
§ 226. De zon is volgens sommigen een gasbol. Hoe de dichtheid in zulk een bol van de diepte onder de oppervlakte en van de sterkte der zwaartekracht afhangt 182
§ 227. De dichtheid hangt ook van de temperatuur af 186
§ 228. Massa der zon. 187
§ 229. Dichtheid der zon 191
§ 230. Hoe groot de aantrekkingskracht der zon op hare oppervlakte is. 192
§ 231. Hoe nu de dichtheid der zon onder hare oppervlakte naar het middelpunt toe moet toenemen, ingeval de zon een bol van gloeiend gas is 194

Bladz.

VIJFDE HOOFDSTUK.

Over de massa, de dichtheid en de grootte der aarde.

§ 232. Hoe men de dichtheid of het soortelijk gewicht der lichamen vindt. Methode van Archimedes. Deze is niet toepasselijk op de aarde 198

§ 233. Bepaling van de massa en de dichtheid der aarde. Opmerking van Newton, dat de aantrekking van eenen berg misschien wel meetbaar is. Eerste poging, hiertoe gedaan door de leden eener fransche commissie in Peru, in het jaar 1738 202

§ 234. Bepaling van de dichtheid der aarde door vergelijking van de aantrekking der aarde met de aantrekking van den Schehallien in Schotland 209

§ 235. Latere bepaling, door de aantrekking der aarde te vergelijken met die van looden ballen 213

§ 236. Over de veerkracht der lichamen 216

§ 237. Vergelijking van de zwaartekracht bij de veerkracht van den draad 218

§ 238. Vergelijking van de veerkracht van den draad bij de aantrekkingskracht der looden ballen 222

§ 239. Afleiding van het resultaat 223

§ 240. Over de grootte der aarde, indien men haar als bolvormig beschouwt. 227

§ 241. Over de grootte der aarde, lettende op hare afgeplatte gedaante. Hoe de meter ontstaan is 233

ZESDE HOOFDSTUK.

Over de natuurlijke gesteldheid der maan.

§ 242. Vlekken op de maan. De maan draait om hare as in denzelfden tijd als zij om de aarde wentelt 239

§ 243. Meening van sommige grieksche wijsgeeren omtrent de vlekken in de maan. 243

Bladz.

§ 244. Latere meening omtrent de vlekken der maan. Zij werden voor zeeën gehouden en zijn waarschijnlijk zeeën geweest 244

§ 245. Zoo er een dampkring op de maan is, is zij veel dunner dan die van de aarde 246

§ 246. Op de oppervlakte der maan schijnt evenzoo geen water te zijn. 251

§ 247. Op de maan kan geen vuur branden en bestaat geen geluid. 251

§ 248. Dag en nacht en jaargetijden der maan. 255

§ 249. Verklaring, waarom de maansdampkring zoo ijl is. . . 256

§ 250. Gesteldheid van de oppervlakte der maan. 259

§ 251. Over de libratie of schommeling van de maan. Schommeling in lengte 269

§ 252. Schommeling in breedte 272

§ 253. Parallactische schommeling 273

VOORBERICHT.

De bijzondere bestemming van dit werkje, waardoor zijn vorm in vele opzichten afwijkt van dien van andere leerboeken, maakt, dat er bij elk nieuw stukje voor den schrijver aanleiding bestaat, eenige opmerkingen over de keuze der daarin behandelde onderwerpen mede te deelen.

Alvorens tot de buitenplaneten en kometen over te gaan, oordeelde ik het, nu in het derde stukje de binnenplaneten en de aarde behandeld zijn, doelmatig, iets van de zoogenaamde vaste sterren mede te deelen; daar nu onze zon niets anders is dan één van die hemellichamen, werd ik van zelf geleid tot de behandeling van hare physische gesteldheid, een onderwerp, waarvan het onderzoek pas sedert betrekkelijk korten tijd langs streng wetenschappelijken weg plaats heeft.

Wegens de nieuwheid en de moeilijkheid van dit onderzoek is het niet te verwonderen, dat zij, die er zich meer in het bijzonder

aan gewijd hebben en die men dus geneigd is in de eerste plaats te raadplegen, het niet in alle opzichten met elkander eens zijn, en het is voor een ander, al is hij ook sterrekundige, niet gemakkelijk, die verschillende meeningen te vereenigen. Daaraan is het ook toe te schrijven, dat, toen Newcomb, de groote amerikaansche sterrekundige, eene „populaire sterrekunde" uitgaf, hij het ontweek, zelf zijne meening omtrent de physische gesteldheid der zon mede te deelen, en aan vier sterrekundigen, die meer bepaald de zon tot een onderwerp van onderzoek gemaakt hebben, namelijk den nu overledenen Secchi te Rome, Faye te Parijs, Young te Dartmouth, (nu te Princetown, beide in New-Yersey) en Langley te New-York, verzocht, hem hunne inzichten omtrent de natuurlijke gesteldheid der zon mede te deelen, en dat hij die mededeelingen onveranderd in zijn werk liet afdrukken.

Dat ik in de Ilmoe Alam dit onderwerp slechts in hoofdtrekken kon behandelen, spreekt van zelf.

Bij de bespreking van den sterrenhemel achtte ik het in de eerste plaats wenschelijk, de wijze te vermelden, hoe door de inboorlingen van den O.-I. Archipel, ten behoeve der tijdrekening en dus ten behoeve van den landbouw, op het opkomen en ondergaan van de sterren of sterrebeelden gelet wordt, maar daartoe ontbraken mij alle gegevens. De schrijvers over Indië schijnen vrij algemeen aan dit onderwerp weinig aandacht te hebben geschonken; althans de door mij daaromtrent ontvangen inlichtingen gaven geen resultaat van eenige beteekenis. Alleen in het Dajaksch Woordenboek van Hardeland is onder het woord *bintang* eene zinsnede te vinden, hierop betrekkelijk; Prof. Veth had de goed-

heid mij daarop opmerkzaam te maken; ik heb er in § 197 gebruik van gemaakt.

Hetgeen verder in die paragraaf en de voorgaande voorkomt betreffende het gebruik, dat de Javanen van de sterrebeelden *loekoe* en *woeloeh* maken, ben ik verschuldigd aan de welwillendheid van mijnen hooggeschatten vriend Raden Mas Adipati Ario Tjondro Negoro, Regent van Brebes, residentie Tagal, wien ik hier daarvoor openlijk mijnen dank toebreng.

Zijne mededeelingen bevatten ook nog verschillende bijzonderheden betreffende de ontwikkeling van eenige planten en dieren in den loop van het jaar; van deze heb ik geen gebruik gemaakt, daar zij aan het onderwerp vreemd zijn.

Andere mededeelingen, die de Heer K. F. Holle uit een „kitab memang" ontleende, en die betrekking hadden op het „verschijnen" van een paar sterren, de *bintang kreti* en de *bintang kidang*, waren tot mijn leedwezen niet duidelijk genoeg, om er partij van te trekken.

Ik richt bij deze aan alle lezers in N.-Indië het verzoek, om, wanneer zij van de inlanders, onverschillig van welk gedeelte van den Archipel, iets kunnen te weten komen aangaande het gebruik, dat zij van de sterrebeelden ten behoeve van den landbouw maken, mij daarvan mededeeling te doen. Men lette voornamelijk hierop, dat elk sterrebeeld, dat niet ver van de evennachtslijn des hemels of van de ekliptika afstaat, tegen den tijd, dat de zon het door hare jaarlijksche schijnbare beweging nadert, ophoudt des avonds na zonsondergang in het westen zichtbaar te zijn, om dan, na 4, 5 of 6 weken, des morgens vóór zonsopkomst, aan den oostelijken

horizon zichtbaar te worden, en het is niet onwaarschijnlijk, dat het bij de verschillende volkstammen in den O.-I. Archipel niet altijd dezelfde sterrebeelden zijn, wier verdwijnen na zonsondergang en verschijnen vóór zonsopkomst aangewend wordt, om er het laudbouwbedrijf naar te regelen.

Uit de mededeelingen van genoemden Regent bleek mij ook, dat door de Javanen niet alleen op de beide genoemde verschijnselen, maar ook op de *hoogte* der genoemde sterrebeelden na zonsondergang of vóór zonsopkomst gelet wordt. Wegens het gebrekkige der hulpmiddelen, om die hoogten te schatten, is het niet te verwonderen, dat de daaromtrent verkregene opgaven niet geheel aan de berekening beantwoorden, zooals ik op eene andere plaats heb aangetoond.

Ik hoop, dat het hoofdstuk: „over kijkers en brillen," tot welks invoeging ik genoopt werd, doordien ik bij het behandelen van vaste sterren en den Melkweg wel genoodzaakt was, over kijkers te spreken, als eene niet onwelkome toegift zal ontvangen worden. Het gebruik van brillen is, zelfs in de binnenlanden, zoo algemeen geworden, en ook de kijkers worden er reeds zoo vaak aangetroffen, dat eene verklaring van hun gebruik wel niet voor misplaatst zal gehouden worden.

De lichtveranderingen der „veranderlijke sterren" kunnen zeer gemakkelijk worden waargenomen; ik heb daarom bij het bespreken der vaste sterren die lichtveranderingen ook opgenomen, maar de voor hare waarneming noodige gegevens alleen van een drietal medegedeeld, waarvan de lichtveranderingen het aanzienlijkst zijn. Om echter geene inlichtingen ten halve te geven, die nadere voor-

bereidingen noodig maken, heb ik voor 20 jaren, dus tot en met het jaar 1903, de tijden van de minima van Algol en de hoofdminima van β van de Lier, naar Bataviaschen tijd berekend en medegedeeld.

Of bij de Javanen uit eigen waarnemingen iets van de veranderlijkheid in licht van sommige sterren bekend is, zou ik niet durven zeggen, en daar van hunne astronomische kennis al zeer weinig aan het licht schijnt te komen, zou ik het ook niet vermoeden. Als men onze boeren er naar ondervroeg, zou men zeker niet veel kans hebben, kennis omtrent dit punt aan te treffen. Toch is het waar, dat een andere volkstam in den Indischen Archipel er wel kennis van draagt. De zendeling Hardeland namelijk vernam de veranderlijkheid van Algol van de Dajakkers, gelijk ik in 1857 in de kopie van een handschrift van dezen schrijver gelezen heb, welke kopie ongelukkig is verloren gegaan.

Met de bepaling van de dichtheid of liever van het gewicht der aarde, door vergelijking harer aantrekking met die van looden ballen, ben ik verder gegaan dan in cosmographische leerboeken gewoonlijk gedaan wordt. Toch geloof ik niet, dat hetgeen ik daarover medegedeeld heb, te moeilijk te begrijpen is. De wel wat korte zinsnede, die daarover in den „Sterrenhemel" van Kaiser voorkomt, achtte ik, voor weetgierigen althans, voor aanvulling vatbaar.

Toen het vierde hoofdstuk voltooid was, had ik het wel wat korter gewenscht, maar ik zag spoedig, dat ik het moeielijk besnoeien kon, zonder het verband in de behandeling te verbreken.

Wellicht baart het verwondering, als men in de inhoudsopgave

ook de „libratie" der maan vermeld vindt; ik merk echter op, dat men uit den tekst kan zien, dat eene eigene opmerking van „Abdullah" betrekkelijk de photographieën der maan daartoe aanleiding geeft.

Over het algemeen geloof ik, dat het doel van een populair werk als de Ilmoe Alam voornamelijk zijn moet, verklaring te geven van die verschijnselen, die binnen den kring der eigene waarneming der lezers liggen. Dit is dus de reden, dat wel de praecessie of de zoogenoemde achteruitgang der nachteveningspunten behandeld wordt, maar niet de nutatie; wel de achteruitgang der knoopenlijn der maan, maar niet de vooruitgang der groote as der maansloopbaan, enz.

Ik eindig met den wensch of liever met de uitdrukking der hoop, dat het mij moge gelukken in het volgende stukje datgene af te handelen, wat ik nog over de buitenplaneten, de kometen, enz., heb mede te deelen.

UTRECHT, 23 Juni 1880;
(afgedrukt 20 April 1883).

DE SCHRIJVER.

EERSTE HOOFDSTUK.

De vaste sterren.

---

§ 171.

OVER HET VERSCHIL TUSSCHEN VASTE STERREN EN PLANETEN. ONTZETTENDE AFSTAND DER VASTE STERREN. HEMELGEWELF.

DE HEER. Wel Abdullah, het is langen tijd geleden, dat wij over de sterren gesproken hebben; herinnert gij u nog van welke sterren ik u al het een en ander verteld heb?

ABDULLAH. O ja mijnheer, van de beide morgen- en avondsterren, Mercurius en Venus, en dan hebt u mij ook veel van onze aarde verhaald.

DE HEER. Juist zoo; maar de aarde behoort ook tot dezelfde soort van hemellichamen als Mercurius en Venus; gij weet nog wel hoe die hemellichamen heeten?

ABDULLAH. O ja mijnheer, planeten of dwaalsterren.

DE HEER. En waarom heeten zij zoo?

ABDULLAH. Wel, omdat zij tusschen de andere sterren door schijnen te dwalen.

DE HEER. En die andere sterren dan, dwalen die dan niet?

ABDULLAH. Het schijnt van neen mijnheer, althans u hebt daarvan niet verhaald.

DE HEER. Neen zeker niet. Die andere sterren dwalen niet,

dat wil zeggen, zij blijven op dezelfde plaats aan den hemel staan. Maar hierbij moet gij daarop letten, dat elke ster wel alle dag een kring schijnt te doorloopen, zoodat de meesten opgaan en ondergaan.

ABDULLAH. Doen ze dat dan niet alle?

DE HEER. Wel neen, herinner u maar, wat ik u reeds vroeger gezegd heb. De sterren, die in de nabijheid van de zuidpool staan, kunnen voor de bewoners van Java nooit ondergaan, en de sterren dichtbij de noordpool gaan voor de bewoners van Europa nooit onder. En dat komt, omdat de zuidpool van den hemel, een heel eind boven den horizon van Java, vast blijft staan, en evenzoo de noordpool van den hemel boven den horizon, bijv. van Nederland.

Maar dat neemt niet weg, dat al die sterren toch alle dag een kring schijnen te doorloopen. Maar gij weet immers nog wel, hoe dat komt?

ABDULLAH. O ja mijnheer, omdat de aarde om hare as draait.

DE HEER. Juist zoo. Maar om nu te zien, dat die sterren zich *niet* verplaatsen, moet men natuurlijk maar eens kijken, welke figuur zij met elkander maken. En als men daarop let, dan ziet men daar in den loop van een jaar, ja van 10 jaar geene verandering in. Zie bijv. eens fig. 309, die stelt eene groep sterren voor, die men *den Ram* noemt, het is het eerste sterrebeeld van den dierenriem, waarover ik u vroeger reeds eens gesproken heb.

Fig. 309.

In de maand Februari kunt gij dit sterrebeeld in het westen zien, als de zon een uur onder is, dus te 7 uur ongeveer.

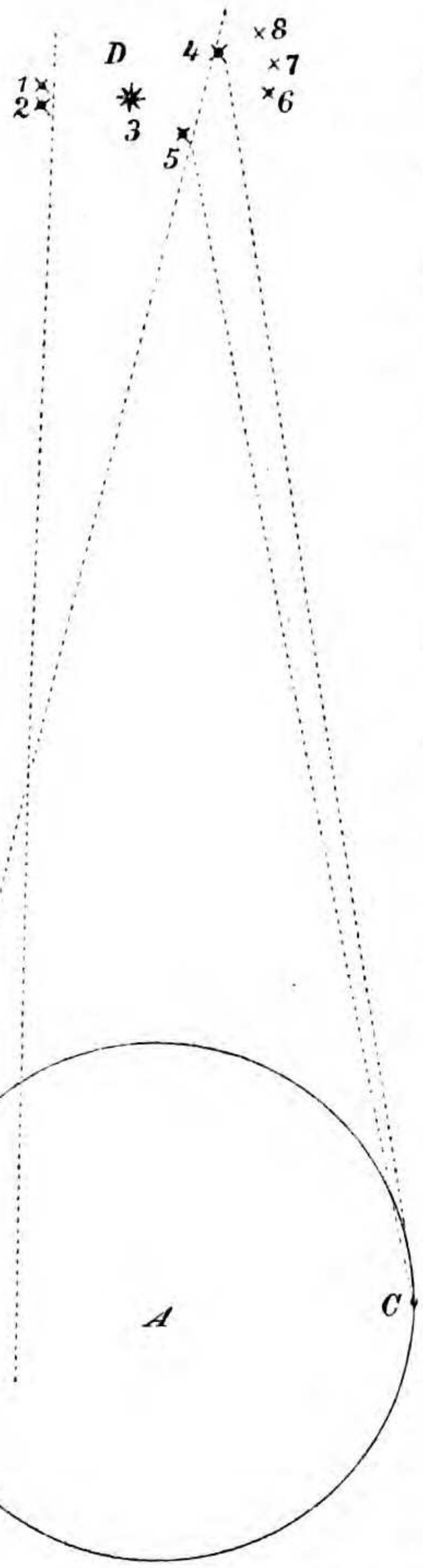
Maar evenzoo als dit sterrebeeld er nu uitziet, zoo zag het er voor 1000 jaar ook uit; met het bloote oog is daarin geene verandering te zien.

ABDULLAH. Dat is toch wel merkwaardig, mijnheer, maar hoe komt dat toch, en wat zijn die sterren dan toch?

DE HEER. Ja, daar zit juist de moeielijkheid; wat zijn die sterren toch, dat hebben de menschen, die nadachten, al duizenden jaren gevraagd. Om u dat duidelijk te maken, moet gij maar eens opletten. Zoudt gij denken dat dat sterrebeeld de Ram, waarvan ik u zooeven eene teekening getoond heb, in Februari er evenzoo uitziet als in Augustus?

ABDULLAH. Ik weet het niet mijnheer, ik heb wel dikwijls 's avonds naar de sterren gekeken, maar nooit gemerkt, dat er verandering in was, en ik heb er ook nooit van gehoord.

Fig. 310.



DE HEER. Nu, als men met instrumenten, die daarvoor opzettelijk gemaakt worden, de afstanden van die sterren meet, dan ziet men bijna nooit eenig verschil al doet men dat in Januari of Juli, in Februari of Augustus, in Maart of September, enz. Slechts bij enkele weinige sterren hebben de sterrekundigen met zeer veel moeite zeer kleine verschillen gevonden.

ABDULLAH. Maar mijnheer, wat doet dat er toe, of men de sterren in Januari of Juli beziet?

DE HEER. Wel, dat scheelt heel veel. Bedenk maar eens, dat de aarde in den tijd van een jaar haren loop om de zon volbrengt. Laat nu, in fig. 310, A de zon verbeelden, B de aarde in Januari, C de aarde in Juli. Dan is die afstand van B tot C zoo groot, dat wij er ons nauwelijks een denkbeeld van kunnen vormen, nl. 300 000 000 kilometers. Iemand, die 5

kilometers, ongeveer zooveel als 3 paal, per uur aflegde en altijd doorliep, zou voor dien afstand noodig hebben 60 000 000 uren of, omdat een dag 24 uren heeft, 2 500 000 dagen, of omtrent 7 000 jaren.

Gij ziet dus nu, hoe verschrikkelijk groot die afstand *B C* is. Maar laat ons nu eens aannemen, dat er in *D* een aantal sterren zijn, die samen een klein sterrebeeld vormen, bijv. ik heb daar geteekend het *Zevengesternte*, hetwelk in het sterrebeeld *den Stier* staat, dat aan den hemel naast den Ram te vinden is. Nu begrijpt gij wel, dat, als dat sterrebeeld zoo dicht bij de zon en de aarde was als de figuur het aantoont, met betrekking tot den afstand van *B* tot *C*, dat sterrebeeld er heel anders zou uitzien als ik het uit *B*, dan wanneer ik het uit *C* bezag.

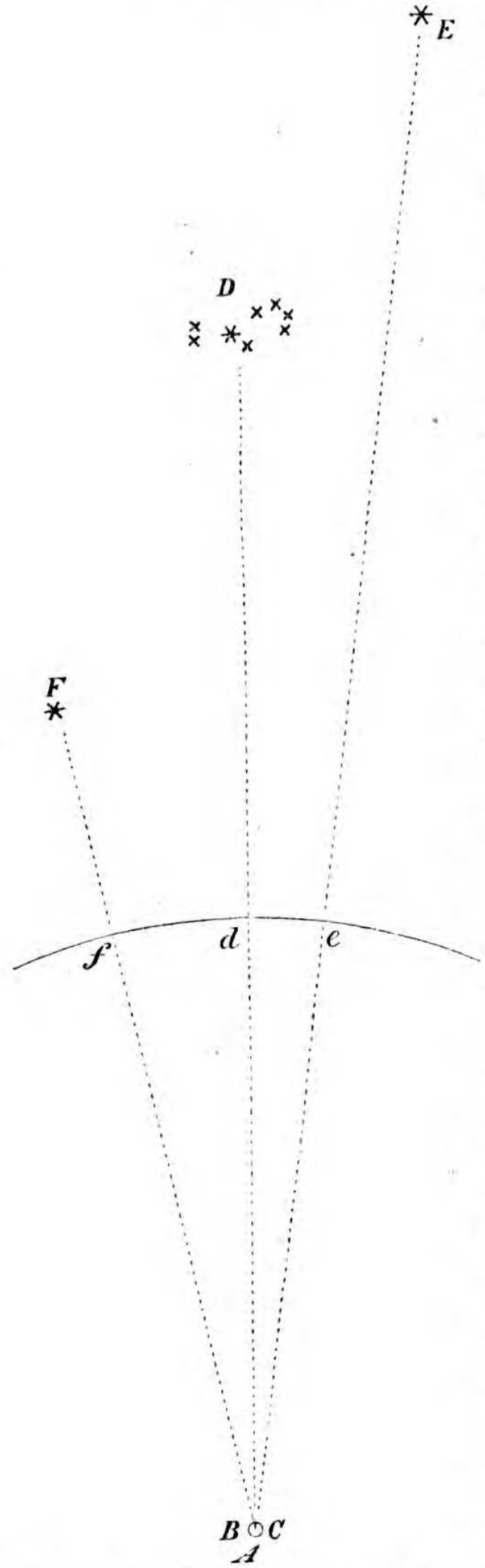
ABDULLAH. Ja maar mijnheer, dat zie ik nog niet in; want u hebt die sterren in de figuur zoo geteekend, dat de een verder af is dan de ander, en als ik des avonds het Zevengesternte bezie, dan zou ik zeggen, dat die sterren alle evenver van mij af zijn; het is net alsof zij op den blauwen hemel vastzitten, en als dat zoo is, dan is het heel duidelijk, dat het heele groepje er in Januari evenzoo uitziet als in Juli.

DE HEER. Zooals gij nu spreekt, zoo dachten vele menschen vroeger ook. Het is waar, die sterren schijnen evenver van ons af te zijn; het is waar, dat zij schijnen op den blauwen hemel vast te zitten; maar het is ook waar, dat dat alles slechts 'schijn is. Als gij zoo spreekt, zou ik u wel willen vragen, verbeeldt gij u dan, dat er een blauwe hemel is, waaraan de sterren kunnen vastzitten? In overoude tijden zijn er werkelijk menschen geweest, die zich dat verbeeldden, maar men behoeft toch niet lang na te denken, om te begrijpen, dat dat zoo niet is. Zoo een blauwe hemel, waaraan de sterren vastzitten, zou dus een soort van gewelf moeten zijn, evenals een koepeldak; maar dat bestaat niet. Hoe groot zou zulk een gewelf dan niet moeten zijn, waarin de zon met de aarde slechts een klein plekje in het midden inneemt? Denk maar eens na, dat de

afstand *B C* al op 300 000 000 kilometers geschat wordt; en de straal van dat gewelf zou nog oneindig grooter moeten zijn. En dan nog: wat zouden dan die sterren zijn, die aan zulk een gewelf vastzitten? Lampen? Vuren? Wie zou die wel opsteken of aanmaken? Zij schijnen altijd door, het zijn dus blijkbaar geene lampen en geene vuren. Maar als men nu eens wilde aannemen, dat zoo een gewelf bestaat, dan zoudt gij nog eerst eens kunnen vragen: hoe komt dat gewelf daar? en dan zoo, dat de zon met de planeten juist in het midden staat? Wie heeft dat gewelf zoo mooi rond gemaakt? En als men er eens konde komen, en men maakte er een gat of holte in, van welke stof zou men dat gewelf dan vinden? Van hout? koper? ijzer? kalk? steen? En hoe dik zou dat gewelf wel zijn? een meter, tien meters, een kilometer? Gij zult zelf wel begrijpen, dat wij aan geen gewelf moeten denken. Zulk een hemelgewelf bestaat niet. De sterren zijn dus ook niet aan een gewelf of aan een blauwen hemel, zoo als gij het noemdet, vast. Maar dan is het ook niet gezegd, dat zij op denzelfden afstand van de zon afstaan, integendeel, het is zeker dat zij op verschillende afstanden verwijderd zijn, en wij kunnen dus, bij wijze van voorbeeld, wel aannemen dat in fig. 310, *D* de teekening geeft van een groepje sterren. Dan begrijpt ge toch wel, dat uit *B* gezien, dat groepje er anders moet uitzien dan uit *C* gezien. Bijvoorbeeld, uit *B* gezien zie ik ster 1 *links* van ster 2; uit *C* daarentegen *rechts* van ster 2; uit *B* gezien, staan de sterren 4 en 5 vlak bij elkander; uit *C* gezien staat ster 4 rechts van ster 5. En toch zien wij daar niets van. Of ik in Februari het Zevengesternte des avonds na zonsondergang bezie, of in Augustus des nachts, (want dan is het in den vooravond nog niet op), ik zie daar geene verplaatsing in en de teekening van het Zevengesternte, zooals die in fig 310 is afgebeeld, is steeds dezelfde. Welke gevolgtrekking moeten wij daar nu uit afleiden? Wij kunnen toch niet aannemen dat al de sterren van den hemel even ver van ons zouden af zijn. Wij kunnen

er dus dit uit afleiden, dat die sterren alle *onbegrijpelijk ver van ons af* zijn, zoo ver dat de geheele afstand van *B* tot *C* in fig. 310, die 300 millioen kilometers voorstelt, er niet bij in vergelijking komt.

Fig. 311.



ABDULLAH. Maar mijnheer, dat kan ik mij bijna niet voorstellen.

DE HEER. Ja, dat wil ik wel gelooven. De grootste geleerden in vroegere tijden konden het zich niet voorstellen, en omdat men zich verbeeldde dat de sterren toch niet zoo ontzettend ver af zouden zijn, daarom wilde men vroeger maar niet gelooven dat de aarde in een kring om de zon liep. Ik heb u reeds meermalen gesproken van Ptolemaeus, dien griekschen sterrekundige, die te Alexandrië in Egypte omstreeks het jaar 120 leefde; die was de grootste sterrekundige van die tijden, zooals zijne werken, die nog bestaan, bewijzen. Toch meende hij, dat de aarde zich niet bewoog, omdat hij geene veranderingen in de sterrebeelden bespeurde. Hij stelde daarom, dat de aarde stilstond en de zon in den tijd van een jaar om de aarde liep. Coppernicus, die in het jaar 1543 gestorven is, heeft in een zeer schoon werk getracht te bewijzen, dat de zon stilstond en de aarde er in een jaar om heen liep; en wat de sterre-

beelden aangaat, hij zeide reeds, dat die alleen daarom niet veranderden, omdat de sterren zoo ontzettend ver van ons af waren.

De latere sterrekundigen hebben hem gelijk moeten geven, en het is dus iets, dat tegenwoordig niet meer betwijfeld wordt. Maar daarom staan toch niet alle sterren *even ver* van ons af, daar bestaat nog veel verschil in. Zie nu eens fig. 311. Hier is hetzelfde Zevengesternte afgebeeld als in fig. 310, maar nu stel ik eens, dat het zoo veraf is van de zon, dat de geheele kring, dien de aarde om de zon beschrijft, slechts moet afgeteekend worden als het kringetje $B\ C$; nu begrijpt gij wel, dat er zeer weinig verschil in de teekening van het groepje sterren zijn zal, hetzij ik het uit B of uit C bezie.

Ja, al is er een ster in E verder af, en een ster in F dichter bij, dan zal er als het sterrebeeld D en die sterren E en F maar ver genoeg af zijn, geen verschil in bestaan, of ik de geheele groep uit B of uit C bezie. En omdat ik nu niets omtrent dien afstand weet, zoo schijnen die sterren mij allen toe op denzelfden afstand te zijn. Maar als ik verscheidene punten heb f, d, e, die op denzelfden afstand van één punt A afliggen, dan liggen zij, als zij op één vel papier geteekend zijn, zooals hier, in een cirkel; maar als zij niet in eene vlakte liggen, maar naar alle richtingen gezien worden, dan liggen zij op de oppervlakte van een bol. En daarom is het dus, dat de sterren ons toeschijnen aan een bolvormig blauw gewelf te zitten, dat men ook het *hemelgewelf* noemt.

---

§ 172.

VERDER ONDERSCHEID TUSSCHEN VASTE STERREN EN PLANETEN. DE VASTE STERREN ZIJN TE VERGELIJKEN BIJ DE ZON.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als nu die sterren zoo ver af zijn, wat zijn het dan voor lichamen? Zijn zij dan niet van dezelfde soort als de planeten?

DE HEER. Daar wilde ik u juist eens over spreken. Als gij de avondster Venus ziet in al haren glans en de andere sterren, die in vergelijking met Venus dan zoo weinig licht geven, dan zoudt gij wel geneigd zijn te denken, dat die sterren niet zoo lichtgevend zijn als Venus. Maar daar zou weder uit blijken, hoe de schijn bedriegen kan. Want waarom schijnt Venus zoo helder? Alleen omdat zij zoo dicht bij de aarde is. Het licht, dat Venus geeft, is niet eens haar eigen licht; Venus is, evenals de aarde en evenals Mercurius, van zichzelve een donkere bol, maar zij wordt beschenen door de zon, en met dat zonnelicht zien wij Venus schitteren. Met onze maan is het evenzoo, met Mercurius evenzoo, met de andere planeten, waarover ik u later vertellen zal, evenzoo.

Maar met de sterren is dat niet zoo. Zij schijnen niet door licht, dat zij van de zon ontleend hebben, maar zij schijnen met haar eigen licht.

Ik heb u al uitgelegd, dat om de zon zich in kringen bewegen Mercurius, Venus, de aarde en nog een aantal andere planeten. Die zon met al die planeten samen noemt men het *zonnestelsel.* Nu is er in het geheele zonnestelsel slechts één lichaam, dat van zichzelf licht geeft, en dat is de zon.

De vaste sterren geven ook, heb ik u gezegd, licht van zichzelf, zij zijn dus niet te vergelijken met de planeten, maar met de zon.

Gij zult wellicht denken, hoe kan dat nu? Hoeveel maal is de zon niet grooter en helderder dan de helderste vaste ster? Maar bedenk nu eens, wat ik u gezegd heb van den afstand der vaste sterren. Die afstand is zoo ontzaglijk groot, veel grooter dan de afstand van de aarde tot de zon.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hebben de sterrekundigen dan die afstanden kunnen meten?

DE HEER. De sterrekundigen hebben dit al sedert 300 jaren telkens beproefd, altijd op dezelfde wijs, namelijk door te zien of de sterren niet in andere richtingen gezien werden, in Januari en Juli, of in Februari en Augustus, of twee andere

maanden, die een half jaar uit elkander liggen. Maar dat is telkens mislukt, omdat de sterren zoover af zijn en men zulke fijne instrumenten noodig heeft, om dat kleine verschil te meten; eerst korten tijd geleden is het gelukt van eenige weinige sterren den afstand te meten. Van die sterren is het dichtst bij ons eene zeer heldere ster, die hier in Oost-Indië een groot gedeelte van het jaar des avonds of des nachts zichtbaar is. Die ster staat links van het *Zuiderkruis*, een sterrebeeld, dat gij licht aan den hemel vinden zult. In de maand Augustus staat het des avonds te acht uur recht overeind in het zuiden. In fig. 312 ziet gij dit sterrebeeld geteekend, en

Fig. 312.

links daarvan twee zeer heldere sterren, die behooren tot een ander sterrebeeld, dat de *Centaurus* of het *Paardmensch* geheeten wordt. Bij de Grieken was namelijk vroeger een verhaal, dat er menschen bestaan hadden, die in plaats van een menschelijk onderlijf en beenen, het lichaam van een paard met de 4 pooten bezaten. Deze heetten Centauren. Ook het sterrebeeld de Schutter werd voorgesteld door zulk een Centaurus, die een boog afschoot. Ik behoef u niet te zeggen, dat dit eene fabel is, en dat dergelijke paardmenschen nooit bestaan hebben. In deze figuur zijn die twee sterren met de griekscbe

letters α alpha en β bêta (d. i. a en b of Alif en ba, ا en ب) aangeduid. Van die twee sterren is de oostelijkste, α, de helderste, en deze ster is het nu, die van al de sterren aan den hemel het dichtste bij is. Maar nu zult gij wel willen weten, hoe dicht die ster dan bij ons is. Een engelsch sterrekundige, die vele jaren aan de kaap de Goede Hoop heeft gewoond, met name Maclear, heeft met veel moeite den afstand dier ster gemeten, en gevonden, dat die bedraagt 220 000 maal den afstand van de aarde tot de zon. Ga nu maar eens na, hoe verschrikkelijk groot die afstand is. Wij hebben laatst uitgerekend, dat een voetganger, die altijd doorliep, 7000 jaren noodig zou hebben, om den afstand $B\ C$, in fig. 310, d. i. den dubbelen afstand van de aarde tot de zon te doorloopen; diezelfde voetganger zou dus, om tot die ster te geraken

$$220\,000 \times 3500 \text{ of } 770\,000\,000$$

jaren noodig hebben.

ABDULLAH. Maar mijnheer, die afstand is toch ontzettend groot!

DE HEER. Ja, dat is hij ook, en toch is dit nog de kleinste sterre-afstand, dien wij kennen. Die andere ster, β, die tusschen deze en het Zuiderkruis in staat, is dubbel zoo ver van ons van daan.

Maar laat ons nu eens verder nagaan, wat ik u gezegd heb. Ik zeide u, dat de vaste sterren niet vergeleken moesten worden met de planeten, zoo als Venus en Mercurius, maar met de zon. Nu zult ge wel zien, dat ik hierin gelijk heb, want als nu de zon zooveel verder afstond, bijv., om haar met die eerste ster te vergelijken, als de zon eens 220 000 maal verder van ons afstond, wat zou er dan wel gebeuren?

ABDULLAH. Wel mijnheer, dan zou zij ons minder groot toeschijnen.

DE HEER. Jawel, maar dan zou zij ook minder licht en minder warmte geven.

ABDULLAH. Ja natuurlijk, mijnheer.

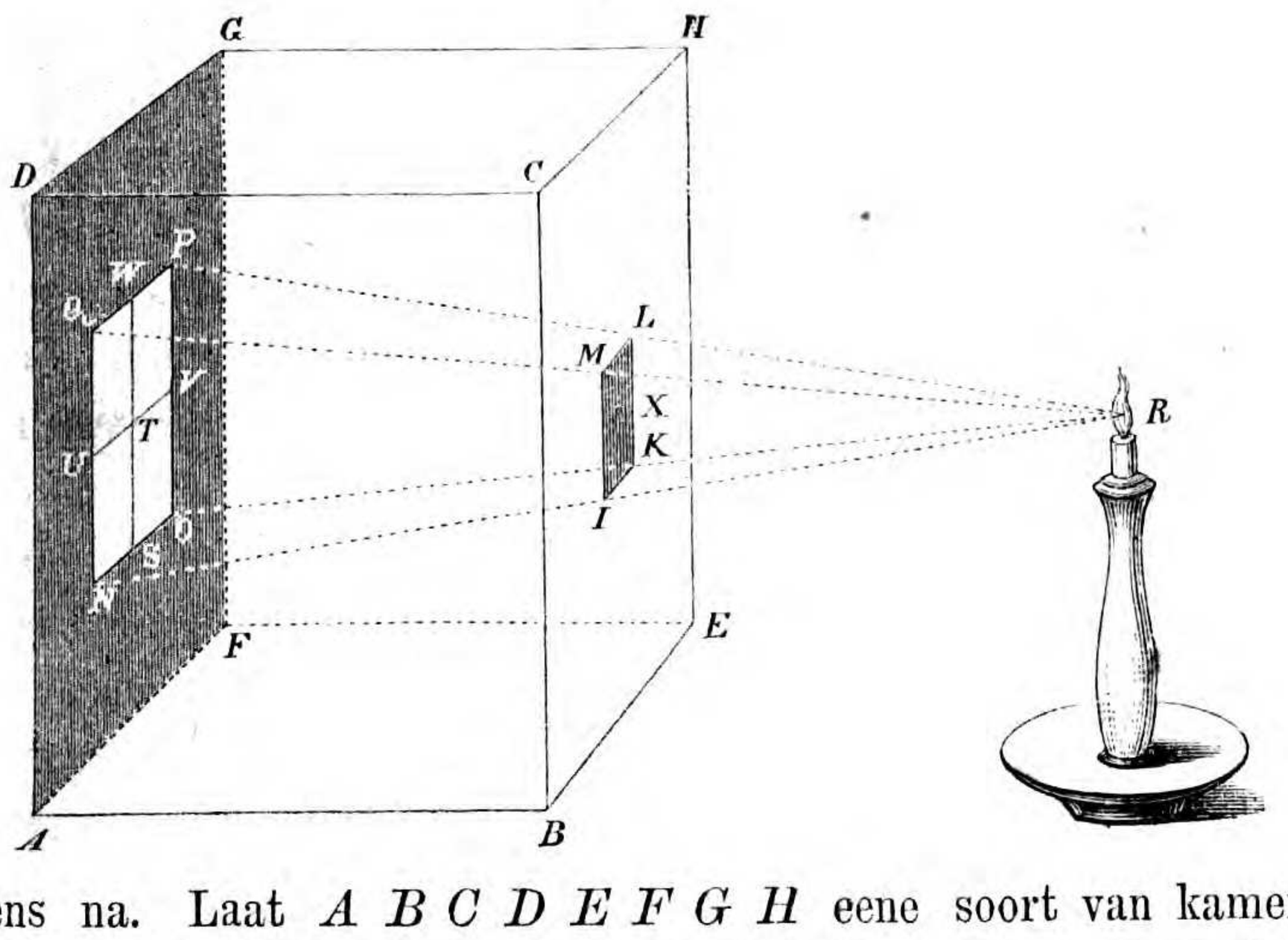
DE HEER. Nu hebben de sterrekundigen zich afgevraagd: als ik nu mij voorstel dat de zon 220 000 maal verder af staat dan nu, hoe sterk zou dan wel haar licht zijn? Zouden wij haar dan nog wel kunnen zien? Want als ge eene lamp, die veel licht verspreidt, zooda[illegible]gij er bijv. des avonds bij lezen kunt, veraf laat brengen, dan schijnt zij nog maar als een klein lichtje; brengt gij haar op eene paal afstand, (d. i. omtrent 1600 meters) dan zult ge haar nog wel kunnen onderscheiden; maar brengt ge haar op 10 paal afstand, dan is het zeer de vraag of gij nog wel iets er van zoudt zien.

Nu hebben de sterrekundigen gevonden, dat als de zon 175 000 maal verder af stond, dan zij nu staat, zij ons even helder zou voorkomen als onze ster.

ABDULLAH. Maar mijnheer, geeft dan de zon 175 000 maal meer licht dan die ster?

DE HEER. Wel neen, veel meer. Want ga fig. 313 maar

Fig. 313.



eens na. Laat *A B C D E F G H* eene soort van kamer voorstellen. Laat in den wand *B C H E* een vierkant venster *I K L M* zijn, waardoor het licht van eene kaars *R* op den tegenovergestelden wand valt.

Als nu de afstand van het licht *R* tot den wand *B C H E*

even groot is als die van den wand *B C H E* tot den wand *A D G F*, dan staat het licht *R* ook tweemaal verder van den wand *A D G F* af, dan van den wand *B E H C*. Als het licht dan door het venster schijnt, zal op den wand *A F G D* eene vierkante ruimte *N O P Q* beschenen worden, die tweemaal zoo breed en tweemaal zoo hoog zal zijn als het venster; hoeveel maal meer denkt gij nu wel, dat die ruimte *N O P Q* vlakken inhoud heeft, dan het venster *I K L M*?

ABDULLAH. Wel mijnheer, die ruimte is tweemaal zoo lang, en tweemaal zoo breed als het venster, dus ik zou zeggen, dat zij viermaal zoo veel inhoud heeft.

DE HEER. Juist zoo, maar gij begrijpt nu wel dat er hetzelfde licht op *N O P Q* valt als op het venster, dat dan viermaal minder inhoud heeft dan *N O P Q*; als ik dus die ruimte *N O P Q* door de lijnen *U V* en *S W* in vier gelijke deelen deel, dan is elk deel *even groot als het venster I K L M*, maar er valt maar ¼ van het licht op, dat op het venster viel; als ik dus mijn oog op de plaats van het venster of op de plaats van den muur daartegenover houd, dan is het verschil hetzelfde; er valt als ik het in het midden van *N O P Q*, dus in *T* houd, viermaal minder licht op, dan als ik het in het midden, *X*, van het venster, *I K L M* houd. En de kaars schijnt mij dus ook in *T* viermaal zwakker van licht toe, dan in *X*.

Was nu *R T* 3 maal grooter dan *R X*, dan zou ik om dezelfde reden 9 maal minder licht in mijn oog opvangen, en het licht zou mij dus ook 9 maal zwakker toeschijnen.

Indien dus de zon 175 000 maal verder van ons af was, dan zou zij 175 000 × 175 000 d. i.

30 625 000 000

maal minder licht geven dan nu; en dan zou zij even helder schijnen als nu die ster in het sterrebeeld Centaurus, die nog heel wat verder van ons afstaat. Dit is dus de verhouding

tusschen het licht van de zon en van de ster α uit Centaurus. Ik zou bijna 31 duizend millioen van die sterren bij elkander moeten nemen, om hetzelfde licht te verkrijgen als van de zon. En toch kunnen wij met zekerheid zeggen dat die ster en alle andere sterren, die wij aan den hemel zien, dergelijke lichamen zijn als de zon.

Gij ziet nu wel, dat onze berekening vrij goed uitkomt. Die ster is 220 000 maal verder af, en moet dus nog aanmerkelijk helderder dan de zon zijn, om op dien grooteren afstand toch hetzelfde licht te geven, dat de zon zou vertoonen, als zij 175 000 maal verder afstond dan nu.

---

§ 173.

WAAR DUS HET LICHT VAN DE ZON EN DE STERREN VANDAAN KOMT?

ABDULLAH. Maar mijnheer, u hebt nu wel gezegd, dat de sterren uit zich zelf licht geven, en dat zij bollen zijn evenals onze zon, maar hoe komt het nu, dat zij van zich zelf licht geven en de planeten niet?

DE HEER. Wel dat is alleen een gevolg van de warmte die zij bezitten. In vroegere tijden heeft men daarover veel geredeneerd, en het hielp toch niet veel, want men wist nog bijna niets van de zon zelf. Het is nog zoo lang niet dat wij iets meer van de zon weten. Gij voelt wel dat de zonnestralen warm zijn, dat voelt iedereen, en dat weet het kleinste kind wel. Als ge uwe hand op zijde van eene lamp of kaars houdt, en er de lichtstralen van op uwe hand krijgt, dan zijn die, als gij zeer dicht bij die lamp of kaars komt, wel wat warm, maar dat is toch nog niets in vergelijking van de warmte der zonnestralen. Gij moet dus wel tot het besluit komen dat de zon van hare eigene natuur zeer warm is. Als gij het licht van de zon vergelijkt bij het licht van eene lamp, dan is het

ook ontzettend vele malen helderder. Zet maar eens eene lamp in het zonlicht, dan kunt gij de vlam ter nauwernood zien. Als nu de zon zooveel lichter is dan de vlam eener kaars of lamp, is hare oppervlakte dan ook zooveel warmer? Die vraag is niet gemakkelijk te beantwoorden. Nog weet men niet precies hoe warm de zon wel is. In vroeger tijd zijn er wel geleerden geweest, die zich verbeeldden dat het niet eens zeker was dat de zon zoo ontzettend heet was; misschien, zeiden zij, is de zon wel een koude bol, maar ontstaat de warmte der stralen pas, als die stralen door den dampkring der aarde gaan.

Maar die geleerden hadden het mis, want als er koude lichtstralen door den dampkring der aarde gaan, kan daardoor geen warmte ontstaan. Een fransch natuurkundige, met name Melloni, heeft eene eenvoudige proef bedacht, waaruit bleek dat de zon zeer warm moest zijn.

Hij vond namelijk, dat warmte, die van een lichaam afkomstig was, dat niet zeer warm was, bijv. een ketel warm water, sommige andere eigenschappen had dan warmte, die van een zeer heet lichaam afkomstig was, bijv. van een stuk gloeiend ijzer.

In één opzicht verschillen die twee soorten van warmte zeer sterk van elkander, namelijk warmte van een ketel warm water gaat bijna niet door een glasruit, terwijl warmte, die van een stuk wit gloeiend ijzer afstraalt, wèl door een glasruit gaat. Als men nu in de hand een glasruit neemt en men houdt die tusschen de zon en zijn gezicht, dan voelt men, dat de warmte van de zon zeer goed door de glasruit heen schijnt, en dat is nu een bewijs, dat die wel degelijk zeer heet is, evenals een stuk witgloeiend ijzer.

En het is dus duidelijk, waar het licht der zon vandaan komt; de zon geeft licht en wel zeer helder licht omdat zij zoo heet is, nog veel heeter dan witgloeiend ijzer; de zon is dus zelve witgloeiend.

En daar nu de sterren ook uit zichzelve licht geven, evenals de zon, zoo moeten wij wel tot het besluit komen, dat ook

de sterren om dezelfde reden licht geven als de zon, namelijk omdat zij ook gloeiend zijn.

Alle sterren zijn niet even wit. Er zijn sterren die duidelijk roodachtig zijn. Dit kan ook wel een gevolg zijn daarvan, dat die sterren niet zoo heet zijn als de andere; als men namelijk een stuk ijzer in het vuur gloeiend maakt, dan wordt het eerst roodgloeiend, en als het nog heeter wordt, dan eerst wordt het witgloeiend.

---

§ 174.

WAAR DAN NU DE HITTE VAN DE ZON VANDAAN KOMT. WARMTE KAN OP VERSCHILLENDE WIJZE ONTSTAAN, ONDER ANDERE OOK UIT BEWEGING.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe is het nu mogelijk, dat de zon zoo heet is, dat zij witgloeiend is? Ik heb wel eens een stuk wit gloeiend ijzer gezien, maar dat was in een houtskolenvuur gloeiend gemaakt, en dan had de smid dat vuur nog hard aangeblazen. Maar de zon is toch niet in een vuur gloeiend gemaakt.

DE HEER. Neen, daar hebt gij wel gelijk aan, maar de warmte komt ook niet alleen door het vuur. Men kan op verschillende wijze warmte verkrijgen. Bijvoorbeeld, gij hebt toch wel eens gezien hoe de Javanen, als zij geen vuur en geen lucifers hebben, toch vuur maken.

ABDULLAH. O ja mijnheer, dan nemen zij twee latjes van bamboe die zij dwars over elkander leggen, en hard over elkander wrijven, dan worden die beide latten warm, en als er dan in een van beiden een kuiltje gemaakt is, waarin zij wat schrapsel van bamboe of wat zwam gedaan hebben, dan vliegt dit spoedig in brand, en dan kunnen zij daarmede ander fijn hout in de vlam krijgen.

DE HEER. Dus zoo ziet gij, dat door hard wrijven warmte ontstaat. Gij kunt het ook dagelijks aan de postloodsen zien,

als er een reiswagen aankomt; door het gewicht van den wagen worden de assen met kracht tegen de bussen der wielen gedrukt, en tengevolge van het harde rijden, worden die assen, door de sterke wrijving op die bussen, heet, en de bussen natuurlijk ook, zoodat men genoodzaakt is er van tijd tot tijd ter bekoeling koud water over te gieten. Nu zijn er nog meer wijzen, waarop men warmte krijgen kan, dat wil zeggen waardoor een voorwerp warm kan worden.

Hebt gij bijv. wel eens een stuk ijzer gevoeld, waarop hard en langen tijd met een hamer geslagen was?

ABDULLAH. O ja mijnheer, dan is het warm.

DE HEER. Juist, en de hamer wordt ook warm van het slaan. Waar komt nu die warmte vandaan? Dat is zeker niet gemakkelijk geweest om uit te maken. Na heel veel moeite is men pas onlangs er in geslaagd, om dit te weten te komen; dit is pas omstreeks het jaar 1850 ontdekt geworden. Gij zult dit wellicht vreemd vinden, maar de geleerden onderzoeken nog dagelijks allerlei zaken, en er is nog zeer veel, dat zij gaarne wilden weten, maar dat hun nog onbekend is. Dagelijks worden er ook nog allerlei zaken gevonden.

Nu hebben de geleerden gevonden, dat beweging kan veranderen in warmte; warmte in electriciteit, electriciteit in magnetisme en in licht, magnetisme in electriciteit en in warmte, enz., enz., en dat dat alles naar vaste regels geschiedt.

Dat electriciteit magnetisme kan opwekken, wist gij reeds, want ik heb u immers vroeger reeds uitgelegd hoe de electromagnetische telegraaf werkt; daar gaat een electrische stroom langs een stukje week ijzer, (zie 2e stukje, fig. 141,) en dat stukje ijzer wordt magnetisch.

Nu kan die electrische stroom dat stukje ijzer niet magnetisch maken zonder zelf in sterkte te verliezen. Daar is dus werkelijk electriciteit verloren en magnetisme gewonnen. Maar dat stukje ijzer trekt, als het magnetisch geworden is, het ankertje aan, dit gaat dus in beweging, derhalve heeft hier de electriciteit beweging veroorzaakt.

Evenals het nu met de electriciteit is, zoo is het ook met de warmte; dat warmte beweging kan veroorzaken, ziet gij aan de stoommachines, die in de suikerfabrieken, locomotieven en stoombooten gebruikt worden; daar wordt een ketel water kokend heet gemaakt, en de stoom ervan brengt suikermolens in beweging of de wielen van de locomotief of de raderen eener raderboot of de schroef eener schroefboot. Maar als die stoom dat doet, wordt hij afgekoeld; er is dus warmte verloren en beweging gewonnen.

Maar nu kan omgekeerd beweging ook weder warmte veroorzaken, of liever in warmte veranderen. Dat gebeurt bijvoorbeeld als een hamer door het slaan warm wordt.

In Europa heeft men daaromtrent eene belangrijke proef genomen. Gij weet wel dat de soldaten moeten schijfschieten om zich in het gebruik van het geweer te oefenen. Nu heeft iemand aldus geredeneerd: als het waar is, dat beweging in warmte veranderen kan, dan moet een looden geweerkogel, als ik hem, in plaats van tegen eene houten of papieren schijf, tegen eene ijzeren plaat schiet, zeer heet worden, want hij verliest zijne beweging en kan door eene dikke ijzeren plaat niet heen geschoten worden. En dat is ook bewaarheid geworden. Als men zoo een kogel tegen een ijzeren plaat schiet, dan is die kogel soms geheel plat geschoten. Als men hem dadelijk terugvindt, nadat hij er op afgeschoten en weer op den grond neergevallen is, dan is die kogel zeer heet, zoodat men hem nauwelijks in de handen kan houden. En wordt hij er van dichtbij op afgeschoten, zoodat hij nog zeer snel gaat, dan gebeurt het wel, dat hij gedeeltelijk smelt, en dat men de druppeltjes gesmolten lood op zijde van de plaats vindt, waar de kogel de plaat getroffen heeft.

---

§ 175.

VERVOLG.
LANGDURIGHEID VAN HET TIJDPERK DAT NOODIG GEWEEST IS OM DE ZON TE VORMEN.

Nu is het toch wel waarschijnlijk, dat de wereld niet altijd geweest is zooals zij nu is. Bijvoorbeeld ons zonnestelsel bestaat uit de zon, die in het midden staat, en die omringd is door een aantal planeten, die om haar heenloopen, alle in dezelfde richting. Zoudt gij nu denken, dat dit altijd zoo geweest is?

ABDULLAH. Neen mijnheer, misschien wel niet, maar hoe zou het dan anders geweest zijn?

DE HEER. Gij begrijpt wel, dat niemand dat met zekerheid zeggen kan; want geen mensch heeft dien vroegeren toestand bijgewoond. De oudste geschiedenissen die verhaald worden, en die natuurlijk niet zeer zeker zijn, zijn van tijden, die vijf, zes duizend jaar geleden zijn, maar dat is nog maar een klein tijdvak. Als men wil nagaan hoe de zon geworden is wat zij nu is, dan heeft men niet eene verandering te onderzoeken, die duizenden jaren noodig gehad heeft, maar dan is er sprake van millioenen, of duizend millioenen of billioenen jaren, of misschien wel van tijdvakken die nog grooter zijn.

ABDULLAH. Wel mijnheer, hoe is het mogelijk? hoe kan men daar iets van zeggen?

DE HEER. Ja, gij begrijpt wel, dat men bij zulke verschijnselen onmogelijk kan zeggen zoo lang heeft het geduurd? Men kan alleen overwegen, hoe iets zóó geworden is, als wij het kennen, bijv, men kan vragen hoe komen de vulkanen op Java? Daarover hebben wij immers reeds vroeger al eens gesproken. Gij herinnert u dat ik u heb medegedeeld dat men ervan overtuigd is, dat de vulkanen niets anders zijn dan hoopen van lava, vulkanische asch en steenen, die door den krater langzamerhand zijn opgeworpen (zie 3e deeltje, § 127, fig. 237).

Als men daarover het nu met elkander eens is, dan kan men eene tweede vraag doen: hoe lang heeft dat wel geduurd? In vroegere tijden werd er hier op Java nooit iets van opgeteekend, maar sedert de Nederlanders hier gevestigd zijn wel; nu is dat bijna 300 jaren geleden, en hoeveel zijn nu de vuurspuwende bergen in dien tijd toegenomen? Dat is zeker bij weinigen merkbaar. Maar laten wij eens aannemen, dat bijv. de Pangerango in dien tijd 10 meters hooger is geworden. Nu is de Pangerango omtrent 3000 meters hoog, dus als er alle 250 jaar dezelfde hoogte van 10 meters bijkwam, dan zou er 300 maal 250 jaar, dat is 75 000 jaar noodig geweest zijn, om den Pangerango te vormen.

Nu is dat getal wel zeer onzeker en het kan best zijn, dat het veel grooter of veel kleiner moet wezen, maar gij ziet hieruit, dat, als men onderzoeken wil, hoe lange tijd noodig geweest is, om zulke bergen te vormen, men altijd zeer groote tijdvakken verkrijgt.

Maar als men nu eens vraagt, hoe lang zou niet een berg, maar de aarde zelf wel noodig gehad hebben, om te worden zooals zij nu is, dan zal het antwoord zeer zeker wel moeten zijn: een veel langer tijdvak, dus in plaats van 75 000 jaar, misschien wel millioenen jaren.

En als men nu in plaats van naar de wording der aarde, onderzoek doet naar de wording der zon, dan moet men begrijpen, dat daarvoor waarschijnlijk een tijdvak noodig geweest is weer millioenen malen grooter.

---

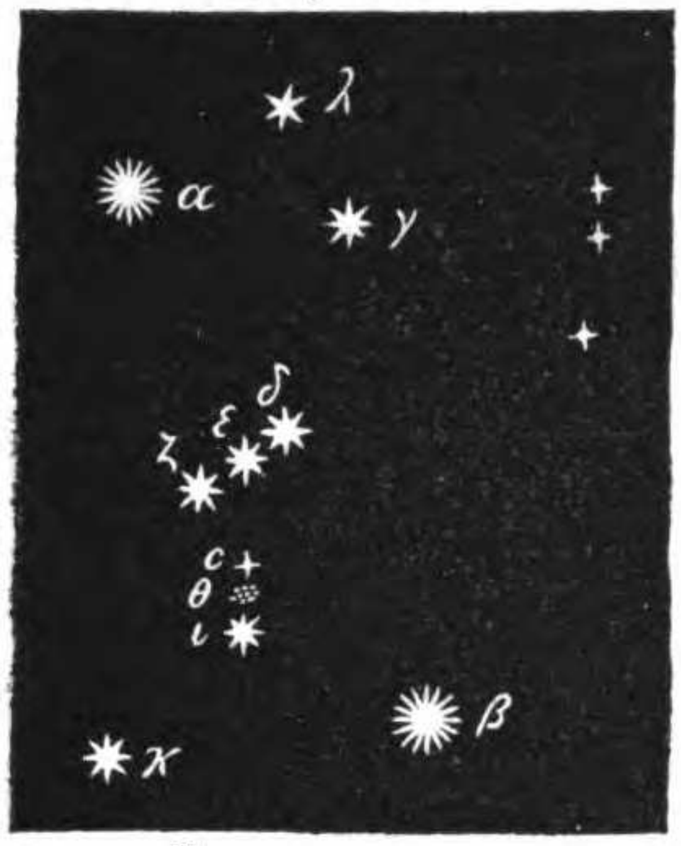
§ 176.

VERVOLG.
HOE MEN ZICH DAN VOORSTELT, DAT DE ZON GEVORMD IS. OVER DE NEVELVLEKKEN.

Nu zullen wij weer tot de zon terugkeeren. Als nu de zon niet altijd zoo geweest is als zij nu is, hoe is zij dan ge-

weest? En hoe is zij geworden zooals zij nu is? Dit zijn zeker beide vragen, waarover men al lang gedacht heeft, maar ik zal u nu alleen mededeelen, wat de geleerden er tegenwoordig van denken. Men kan niet alleen door de kijkers, maar ook met het bloote oog hier en daar aan den hemel kleine vlekken zien, evenals een klein wolkje. Zoo is er in het sterrebeeld Orion (ar.: El djebbâr, الجبار de Reus), fig. 314, een

Fig. 314.



groepje sterren, in de figuur door de grieksche letters δ (delta), ε (epsilon), ζ (zêta), θ (thêta), ι (jota), en de gewone letter *c* aangeduid. Op de oude sterrekaarten, waar men ook gewoon was de beelden te teekenen, stonden de sterren δ, ε, ζ in den gordel van Orion, en de sterren *c*, θ en ι in het zwaard. De Arabieren noemden die laatste sterren ook Saïf el djebbâr, سيف الجبار. De Javanen zien in die zes sterren, die zij *lintang loekoe* noemen, een ploeg, waarvan de sterren δ, ε, ζ het ploegijzer, *c*, θ, ι den boom uitmaken.

De middelste van deze drie sterren, θ, doet zich, als men in een donkeren nacht goed toeziet, voor als een nevel.

Een ander dergelijk vlekje is in het sterrebeeld de Kreeft

Fig. 315.

zichtbaar, en wordt *de Krib* genoemd, *b* in fig. 315. Weer een ander is duidelijk in het sterrebeeld Andromeda zichtbaar, *c* in fig. 316; deze is de grootste van die vlekken, die men *nevelvlekken* noemt.

Van dergelijke nevelvlekken zijn er een groot aantal; er zijn er misschien slechts 15 of 20, die men in een donkeren nacht met het bloote oog zien kan; maar er zijn er duizenden bekend, die men alleen met den kijker kan onderscheiden.

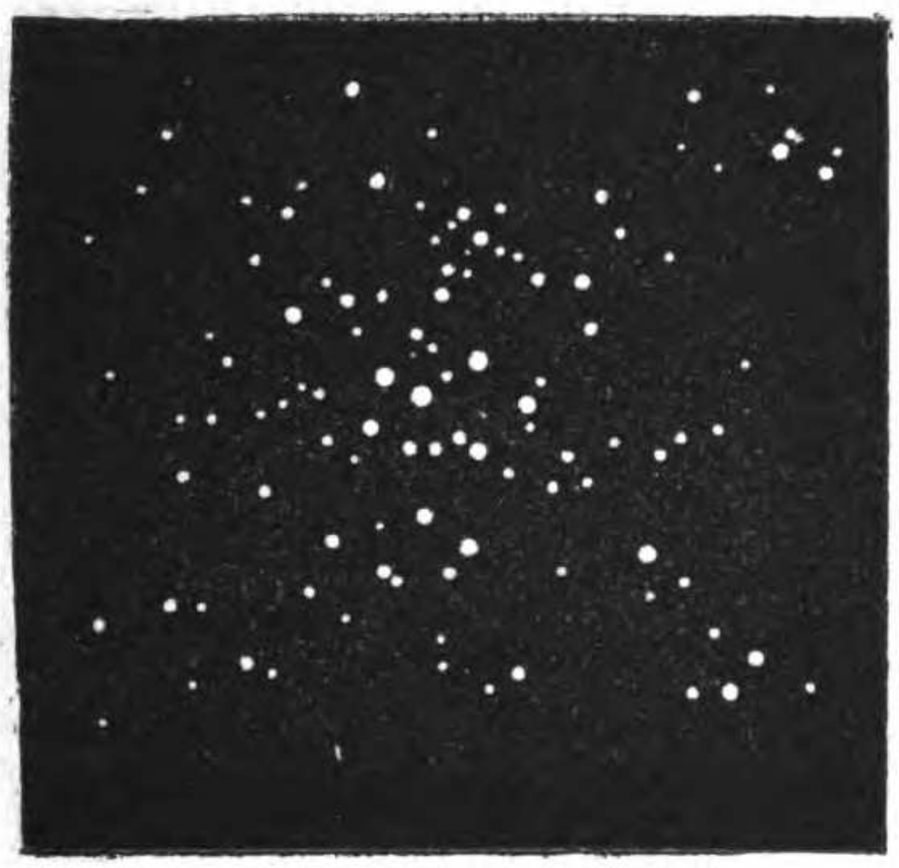
Beziet men die nevelvlekken nu met een kijker, dan ziet men, dat er verscheidene zijn, die uit een aantal kleine ster-

ren bestaan, zooals die vlek in de Kreeft, fig. 317. Maar er zijn verder een aantal andere, die, hoe sterk de kijker ook

Fig. 316.

is, waarmede men ze beziet, zich altijd als een nevel voordoen,

Fig. 317.



en die men dus niet kan zeggen, dat uit sterretjes bestaan. Zoo is het bijvoorbeeld met de nevelvlek in het zwaard van Orion (fig. 319, plaat VI), zoo is het ook met die in Andromeda (fig. 318, plaat VI).

Beziet men die echter nauwkeurig, dan ziet men in den kijker toch, dat de helderheid naar het midden toeneemt, en dat zij eene lichte plek in het midden heeft.

De nevelvlek van Orion is in een kijker allerprachtigst om te zien; zie maar eens de figuur. Gij ziet hieruit, dat die nevelvlek volstrekt niet een enkel rond plekje is, maar een zonderlingen vorm met verschillende vertakkingen heeft. Maar gij ziet er een aantal sterretjes in.

Nu is er een beroemd sterrekundige geweest, die van 1780 tot 1830 gebloëid heeft; hij was Duitscher van geboorte, maar is jong naar Engeland gegaan, en is daar altijd blijven wonen. Zijn naam was William Herschel; die sterrekundige heeft

altijd veel liefhebberij gehad, om den sterrenhemel met telescopen, die hij zelf maakte, te onderzoeken. Zoo heeft hij ook aan den hemel duizenden nevelvlekken gevonden en hij heeft er ook een aantal van afgebeeld. Zie hier nu eenige teekeningen van verschillende nevelvlekken, zooals hij die geleverd heeft. In fig. 320, (plaat VI), ziet gij een ronde nevelvlek, zonder een enkel sterretje er in; in fig. 321, (plaat VI), ziet gij eene andere met eene verdikking in het midden; nu weet gij nog wel, dat ik u vroeger eens heb medegedeeld, dat *alle* lichamen andere lichamen aantrekken, en nu zal een ronde nevel evenals fig. 320, door die aantrekking van de deeltjes op elkander, langzamerhand zich inkrimpen en in het midden eene verdikking vertoonen. De deeltjes, waaruit de nevel bestaat, zullen zich daar vereenigen tot eene kern, die als een klein sterretje zichtbaar is, en na nog langeren tijd zal die nevel hoe langer hoe meer door die kern worden aangetrokken, de deeltjes zullen op de kern neervallen, en ten slotte zal er eene ster gevormd worden,

Nu vond Herschel aan den hemel nevels, die nog geene ster in het midden hadden; nevels, die enkel eene verdikking in het midden hadden; nevels, die eene ster in het midden hadden; bij deze alle was de nevel uitgebreid en het sterretje klein; maar nu vond hij ook heldere sterretjes met een kleinen nevel; en toen redeneerde Herschel zoo: als ik in een bosch wandel, dan zie ik kleine boompjes, die pas zijn opgekomen; ik zie grootere, nog grootere en weer grootere boomen, en eindelijk zeer groote boomen, die den vollen wasdom bereikt hebben. Als ik dat alles zie, dan denk ik, en niet ten onrechte, die kleine boomen zijn zeker in hunnen eersten vorm, die later in den anderen vorm overgaat; die boomen, die nu klein zijn, worden dus later ook zoo groot als die andere grootere boomen. En evenzoo zal het nu aan den sterrenhemel ook wel zijn, hoogstwaarschijnlijk was de grondstof, waaruit nu de sterren bestaan, vroeger door het wereldruim verspreid en heeft die stof zich tot hoopjes samengetrokken, zoodat eerst de nevel-

vlekken zonder ster ontstaan zijn; deze zouden zich door de aantrekking later hebben samengetrokken, en zoo is eerst eene kern in het midden gevormd, die later eene ster geworden is; totdat eindelijk de geheele nevel op die kern is neergevallen, en zich met die kern tot een bol vereenigd heeft. Zoo begreep Herschel dan dat de sterren ontstonden of ontstaan zijn.

En omdat nu onze zon ook een dergelijk lichaam is als de sterren, zoo geldt hetzelfde ook van haar.

---

§ 177.

VERMOEDELIJKE OORZAAK VAN DE WARMTE DER ZON.

ABDULLAH. Dat is nu alles wel belangwekkend, mijnheer, maar nu zie ik nog niet in, waarom die zon zoo verschrikkelijk heet moet zijn.

DE HEER. Wel, dat zal ik u uitleggen. Stel eens, dat er al een kleine bol in het midden bestaat, en dat van zeer ver af de stofdeeltjes [1]) op dien bol vallen, en dat op die wijs die bol grooter en grooter wordt, zoodat de nevel, die vroeger door die stofdeeltjes gevormd werd, ook langzamerhand verdwijnt; dan zal elk stofdeeltje, (of het groot is of klein, dat doet niets ter zake,) als het op dien bol gevallen is, zijne beweging verliezen, en die beweging verandert in warmte, dat stofdeeltje wordt dus heet, evenals de hamer, waarmede men een slag op een aanbeeld gegeven heeft. Nu hangt die hitte geheel af van de snelheid, waarmede het stofdeeltje op den bol neerkomt.

Nemen wij eens als voorbeeld een steen, die op de aarde valt.

---

[1]) Met *stofdeeltjes* worden hier bedoeld *particules de matière*, niet *particules de poussière*.

Men zou, evenals in de vorige § geschied is, enkel het woord *deeltjes* kunnen gebruiken, maar daardoor weder in eene andere dubbelzinnigheid vervallen.

De snelheid, waarmede de steen op de aarde neerkomt, hangt af van de hoogte, waarvan de steen valt, dit weet gij nog wel van vroeger.

Valt namelijk de steen van eene hoogte van 5 meters, dan is zijne snelheid, als hij den grond bereikt, omtrent 10 meters per sekonde; valt hij van eene hoogte van 20, 45, 80 meters, d. i. van 4×5, 9×5, 16×5 meters, dan is zijne snelheid, als hij beneden komt, omtrent 20, 30, 40 meters per sekonde.

Nu hebben de natuurkundigen door proeven kunnen bepalen, hoe warm nu wel zoo een steen wordt, als hij van zulk eene hoogte op den grond valt. Maar gij moet wel in acht nemen, dat de steen, als hij een indruk op den grond kan maken, en dus den grond verzet of verplaatst, een gedeelte zijner beweging daarvoor verbruikt. De berekening gaat dus alleen maar door, als die steen op eene zoo harde plaat valt, dat hij in die plaat geen indruk maken kan, hetgeen wel niet licht het geval zal zijn.

Nu heeft de berekening geleerd, dat als al de stof, waaruit de zon bestaat, vroeger een zeer groote nevelvlek gevormd heeft, en al de deeltjes van die nevelvlek zich tot een bol vereenigd hebben, zooals tegenwoordig de zon is, de warmte, die daaruit ontstaan is, zoo groot zal zijn, dat die geheele zon millioenen graden Celsius heet moet zijn. Nu worden de lichamen reeds gloeiend als zij 500° Celsius heet zijn, eene gasvlam is 1000° of 1200° heet, gij kunt dus nagaan, welk eene vreeselijke hitte millioenen graden zullen zijn. Nu heeft de zon natuurlijk, gedurende den tijd, dat het vallen van die lichaampjes duurde, en die ook millioenen jaren lang kan zijn, een groot gedeelte van die hitte verloren, want zij straalt hare warmte altijd door uit, en moet daardoor wel langzamerhand afkoelen, maar dat neemt niet weg, dat er nog altijd eene verschrikkelijk hooge temperatuur kan overschieten, en wij voelen ook wel, dat die hooge temperatuur er nog bestaat.

§ 178.

VERMOEDELIJKE TEMPERATUUR DER ZON.

ABDULLAH. Maar mijheer, is die temperatuur op de zon dan nog millioenen graden Celsius?

DE HEER. Neen, dat niet, maar hoe hoog de temperatuur op de zon wel is, is nog niet met zekerheid bekend. In den laatsten tijd hebben verscheiden geleerden in Europa er zeer mooie proeven over gedaan. Eerst een Franschman met name Violle, toen een andere Franschman, Crova, en nu onlangs een Italiaan met name Rossetti, en een Amerikaan, met name Langley. Ieder van deze heeren volgde daarbij een anderen weg, en zij verkregen ook verschillende uitkomsten. Terwijl de heer Violle uit zijne proeven afleidde, dat de warmte der zonne-oppervlakte omstreeks 2500° C. gemiddeld zijn moet, vond de heer Rossetti hiervoor 10 of 20 000°. Zij maten daartoe met bijzondere instrumenten hoeveel warmte de zon in bijv. ééne minuut aan eene bepaalde oppervlakte, bijv. een vierkanten centimeter, op de aarde geplaatst, afgeeft; maar de een volgde een anderen weg dan de andere.

De heer Crova deed het weer heel anders, hij bestudeerde den aard van het licht der zon, en kwam toen tot het resultaat dat de zon 4000° Celsius heet was. Gij ziet dus, dat het zelfs nu nog niet geheel bekend is, hoe warm de zon is; maar dat zij verbazend heet moet zijn, daar is niet aan te twijfelen.

Het is ook zeker, dat de zon geen vast lichaam kan zijn. Ga eens na, wat er gebeurt als wij zulke hooge hittegraden maken. Dat kunnen wij doen, door een vuur van steenkolen of houtskolen sterk aan te blazen; in de fabrieken geschiedt dit door eene bijzondere blaasmachine. Dan smelten glas en metalen en porcelein; zoodat ze in vormen gegoten kunnen worden. Het is niet gemakkelijk de warmte van zoo een gesmolten metaal te vinden; men kan er namelijk geen thermometer in steken, want het glas van den thermometer zou

smelten, en het kwik zou vervliegen. De natuurkundigen hebben dan ook daarvoor bijzondere kunstgrepen moeten gebruiken, die ik u hier nu niet kan uitleggen. Zij hebben dan gevonden, dat:

bij 525° Celsius de stoffen beginnen te gloeien;
„ 700 „ zijn zij nog donkerrood-gloeiend,
„ 900 „ „ „ lichtrood-gloeiend,
„ 1200 „ „ „ oranjerood-gloeiend,
„ 1300 „ „ „ witgloeiend,
„ 1500 „ „ „ zoo, dat het de oogen hindert.

Verder hebben de natuurkundigen ook onderzocht, hoe heet het wel zijn moet, als de verschillende metalen smelten; zij hebben gevonden:

bij 235° smelt het tin,
„ 335 „ „ lood,
„ 450 „ „ zink,
„ 1000 „ „ zilver,
„ 1015 „ „ geel koper,
„ 1050 „ „ rood koper,
„ 1250 „ „ goud,
„ 11 a 1200 „ „ gietijzer,
„ 13 a 1400 „ „ staal,
„ 15 a 1600 „ „ fijn smeedijzer,
„ 2000 „ „ platina.

Ik heb hier die metalen genoemd, die gij wel kennen zult, en die hier in Indië ook door inlanders en Chineezen bewerkt worden. Maar wellicht hebt gij nooit van platina gehoord? Dat is een metaal, dat zeer zeldzaam is, nog zeldzamer dan goud. Het wordt op Borneo wel gevonden bij het goudzand, en daarmede uit den grond gehaald; het is niet geel, als het goud, maar blank, evenals zilver; daarentegen is het nog zwaarder dan goud, terwijl zilver lichter is dan goud. De inlanders op Borneo noemen het met een spotnaam *mas kodok*,

kikvorschengoud; echter is het een zeer nuttig metaal, want het kan niet dof worden en smelt zeer moeilijk. Een vuur van gloeiende houtskolen is daartoe niet voldoende, al blaast men het nog zoo hard aan. Men kan het alleen smelten op eene bijzondere wijze met eene gasvlam. En, wat nu de zon aangaat, het is waarschijnlijk, dat de heer Rossetti betere uitkomsten verkregen heeft dan de heeren Violle en Crova, en als dat zoo is, dan zou de zon wellicht 10 000 graden Celsius heet zijn.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dan zou toch geen mensch het op de zon kunnen uithouden.

DE HEER. O, daar is ook geen denken aan. Wij kunnen zeker zijn, dat geen plant, geen boom of dier, die hier op de aarde voorkomen, op de zon zou kunnen leven. Het is bijna zeker, zeide ik u zooeven, dat de oppervlakte der zon gloeiend en vloeibaar of gasvormig is; het waarschijnlijkst is nog gasvormig.

Nu begrijpt gij wel, dat, als de hitte der zon zoo groot is, er dan waarschijnlijk op die zon een aantal stoffen zijn, die door de hitte vervliegen, en dat de zon dan een dampkring hebben moet, waarin die stoffen zweven. De sterrekundigen zijn tot het besluit gekomen, dat er op de zon twee dampkringen bestaan, een binnenste en een buitenste. De buitenste dampkring der zon is nu alleen maar te zien, als de geheele zon bedekt is, en dat geschiedt van tijd tot tijd als er eene totale zoneklips is; gij herinnert u immers, dat ik u daaromtrent vroeger al iets verteld heb; men noemt dan het licht, dat om de zon schijnt, de lichtkroon; zie bijv. fig. 116, 2e stukje, die de lichtkroon bij de totale eklips van 12 December 1871 voorstelt.

De binnenste dampkring der zon is veel minder hoog dan de buitenste, zij rust op het lichaam der zon zelve, men kan er soms een gedeelte van zien bij eene totale zoneklips; dan ziet men namelijk soms een rozenrood randje langs de zon, en dat is de binnenste dampkring.

De sterrekundigen hebben het licht der zon onderzocht en vergeleken bij het licht eener vlam van eene lamp of kaars, of ook bij gaslicht. Zij hebben toen gezien, dat het licht der zon niet precies dergelijk licht is als van zulk eene vlam; ja, bij nader onderzoek hebben zij gevonden, dat er in dien onderSten dampkring der zon dampen moeten zijn van ijzer en andere metalen.

ABDULLAH. Dampen van ijzer? Kan ijzer dan verdampen?

DE HEER. Ja, maar natuurlijk alleen bij eene ontzettende hitte. Gij ziet dus nu uit alles, dat de zon lichtgevend is, doordien zij zoo heet is. En daar wij nu weten, dat de vaste sterren dergelijke lichamen zijn als de zon, zoo leiden wij daaruit af, dat de sterren om dezelfde reden licht geven.

---

§ 179.

OVER DE DUBBELE STERREN. ZIJ BEWIJZEN DAT DE AANTREKKINGSKRACHT BIJ DE VASTE STERREN EVENZOO WERKT ALS IN ONS ZONNESTELSEL. HAAR GROOT AANTAL.

DE HEER. Wel Abdullah, hebt gij nog wel eens nagedacht over hetgeen ik u de vorige keer heb medegedeeld?

ABDULLAH. Ja mijnheer, ik heb er mij zeer over verwonderd, want ik had nooit gedacht dat de menschen wat van die sterren wisten. Maar ik heb een ding toch niet goed begrepen.

DE HEER. En wat was dat?

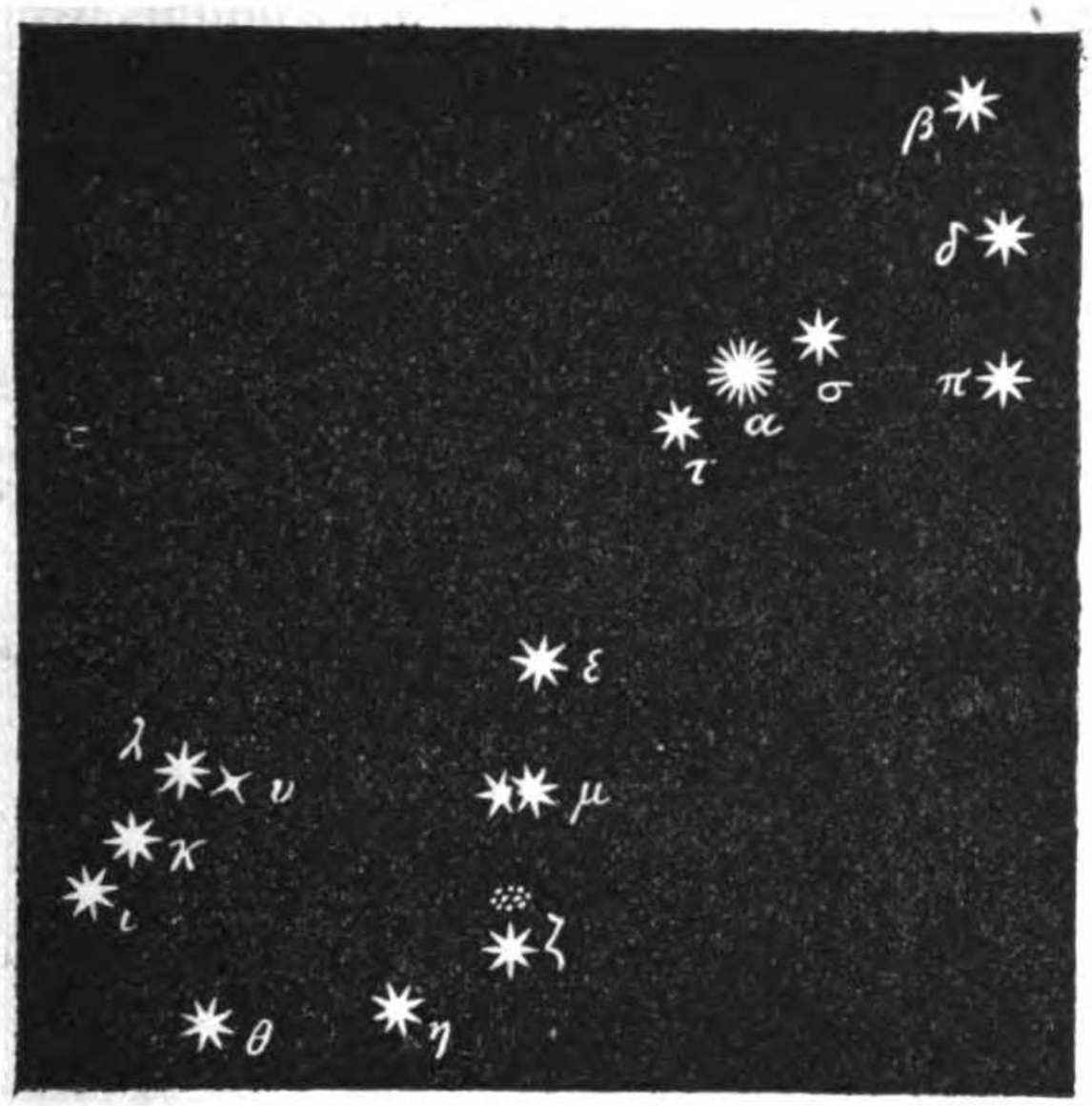
ABDULLAH. U hebt gezegd dat men gezien heeft, dat er zooveel nevelvlekken aan den hemel zijn, sommige zonder en sommige met sterretjes er in, en dat men nu denkt dat dergelijke nevels langzamerhand samengetrokken zijn, en dat al de deeltjes van zulk eenen nevel naar het middelpunt zijn gevallen, en dat op die wijze de sterren gevormd zijn; maar ik begrijp maar niet, hoe men dat zoo weten kan; want wij weten wel, dat hier een steen op de aarde valt, en u hebt mij wel uit-

gelegd, dat dat door de aantrekkingskracht der aarde komt, maar wie zegt nu dat dat zoo veraf ook zoo is? U zegt immers zelf dat die sterren zoo veraf zijn?

DE HEER. Ja zeker, zéér ver. Maar toch weten wij dat de aantrekkingskracht daar ginds op die groote afstanden van ons even goed bestaat en op dezelfde wijze werkt als hier. En ik zal u eens verhalen hoe men dat weet. Gij hebt wellicht wel eens opgemerkt dat er op enkele plaatsen twee sterretjes zeer dicht bij elkaar staan.

ABDULLAH. Ja mijnheer, ik heb de sterrebeelden van den dierenriem aan den hemel opgezocht, die op die kaart staan, die u mij vroeger eens gegeven hebt, (3e stukje) en als ik wel heb dan is er in het sterrebeeld de Schorpioen zoo een paar sterren die zoo dicht bij elkaar staan.

Fig. 322.

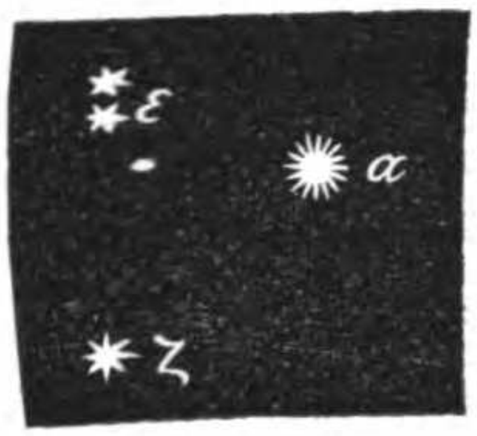


DE HEER. Juist, een van de sterren in den staart van den Schorpioen is dubbel. In deze figuur, (fig. 322), is het die, welke met de letter μ is aangewezen. Maar op meer plaatsen zijn zulke dubbele sterren. Gij kent toch ook wel den Grooten Beer, dat sterrebeeld, dat in de maanden Februari tot Juni altijd in het noorden zichtbaar is. De middelste ster van die drie, die den staart van den Grooten Beer vormen, de ster ζ in fig. 323, is ook dubbel. In het sterrebeeld de Lier, waarin de helderste ster van het noorder halfrond is, maakt die hel-

Fig. 323.

dere ster, Wega, een driehoek met twee kleinere sterretjes (fig. 324) en één van die twee is dubbel. Maar men moet een goed gezicht hebben, om het te zien.

Fig. 324.



Als men nu met een kijker den geheelen hemel doorzoekt, dan blijkt het dat er een zeer groot aantal van die dubbele sterren zijn, en bij een groot gedeelte daarvan staan de twee sterren, die het paar samenstellen, veel dichter bij elkander dan die twee sterren in den Schorpioen, ja veel dichter dan die twee sterren in de Lier.

Nu hebben de sterrekundigen al lang gevraagd, zouden die twee sterretjes, die zoo dicht bij elkaar staan, bij elkander behooren, of zou het maar toeval zijn, dat zij nagenoeg in ééne richting gezien worden, terwijl toch misschien de eene veel verder dan de andere weg is.

Als er nu slechts enkele sterren waren, waar zoo een ander sterretje bij stond, dan zou men nog kunnen zeggen: het is toeval, maar men heeft er duizenden gevonden die in dat geval verkeeren; en toen hebben de sterrekundigen begrepen, dat dit geen toeval was, maar dat, als er bij eene grootere ster eene kleinere staat, de kleine wel waarschijnlijk om de grootere heen loopt, evenals dat bij de zon en de planeten het geval is.

---

§ 180.

HOE MEN DE BEWEGING IN DE DUBBELE STERREN ONDERZOCHT HEEFT.

Nu spreekt het van zelf, dat om dit te onderzoeken, de sterrekundigen maar een geruimen tijd lang zoo eene dubbele ster moesten bezien, en bleek het nu, dat de eene ster om de andere heen draaide, dan was het wel belangrijk eens na te gaan of dat juist volgens dezelfde wetten ging, die de planeten

bij haar loop om de zon volgen. En zie, nadat de sterrekundigen dit hadden onderzocht, hebben zij zich overtuigd dat het werkelijk zoo het geval is.

Want hoe loopen de planeten om de zon? weet gij nog in welke soort van banen?

ABDULLAH. O ja mijnheer, in ellipsen, en de zon staat dan in een van de beide brandpunten.

DE HEER. Juist, en nu heb ik u vroeger ook al eens medegedeeld, dat dit alleen komt, omdat de aantrekkingskracht der zon werkt, zooals Newton gevonden heeft, dat wil zeggen op 2 maal grooteren afstand, 4 maal zwakker, op 3 maal grooteren afstand 9 maal zwakker, op 10 maal grooteren afstand 100 maal zwakker.

Want als de aantrekkingskracht op eene andere wijze veranderde dan zou de baan, die eene planeet beschreef, eene geheel andere zijn dan eene ellips, waarvan de zon in een der brandpunten staat.

ABDULLAH. Loopt dus in zulk eene dubbele ster de eene om de andere in eene ellips rond?

DE HEER. Een oogenblikje geduld; gij moet wel in acht nemen, dat het nu pas omtrent 100 jaar geleden is, dat de sterrekundigen zich met dat onderzoek hebben bezig gehouden. Zij hebben duizenden van die dubbele sterren aan den hemel gevonden, en om nu te weten of in zulk eene dubbele ster de eene om de andere heenloopt, moet men ze natuurlijk van jaar tot jaar met den kijker beschouwen, en dan zien, hoe zij zich ten opzichte van elkaar bevinden. Dat is ook gedaan, en van de duizenden dubbele sterren, waarvan de sterrekundigen gedurende ongeveer 100 jaar aanteekeningen hebben gehouden, hebben zij ten minste bij ongeveer 350 stuks duidelijk gezien, dat de eene ster zich om de andere beweegt. Maar de tijd, die voor een geheelen omloop noodig is, is meestal zoo groot, dat men ze nog niet een geheelen omloop heeft zien volbrengen. Er zijn slechts ongeveer 20 dubbele sterren bekend, waarbij de omloop in minder dan 100 jaren plaats heeft.

Laten wij eens als voorbeeld diezelfde ster in het sterrebeeld Centaurus nemen, waarvan ik u reeds vroeger eens gesproken heb. Als men die ster door een kijker beziet, dan ziet men duidelijk, dat zij uit twee sterren bestaat, eene zeer heldere en eene minder heldere. Men noemt zulk een paar eene *dubbelster*. Sedert het jaar 1820 zijn er sterrekundigen geweest, die deze ster met hunne kijkers bekeken, en gemeten hebben, hoever die kleine ster van de groote afstond en in welke richting.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe meent u dat, hoever die kleine ster van de groote afstaat?

DE HEER. Ja, gij begrijpt wel, dat men dat niet met meters of kilometers of palen of mijlen meten kan. Ik heb u vroeger immers wel eens gezegd, dat elke cirkel 360 graden heeft, en dat de sterrekundigen zich verbeelden, dat er aan den hemel ook dergelijke cirkels getrokken zijn, bijvoorbeeld over het zenith heen. Ik heb u toen ook medegedeeld het onderscheid tusschen een *grooten* en *kleinen* cirkel. Van zulk een grooten cirkel is de *meridiaan* op den hemelbol een voorbeeld; die loopt over het zenith en ook over de pool, en ontmoet den horizon in het noorden en in het zuiden. Van dien meridiaan is nu slechts de eene helft, die boven den horizon is, zichtbaar, de andere helft is onder den horizon en dus onzichtbaar. Van het zenith tot aan den horizon is dus een kwartcirkel. Verbeeld u nu dat die kwartcirkel in 90 deelen verdeeld is, dan is elk deel een *graad*. Zoo een graad is omtrent dubbel zoo groot als de middellijn der zon of der maan.

Verbeeld u nu verder dat zulk een graad in 60 deelen verdeeld is, dan noemt men elk van die deelen eene *minuut*. Zulk eene minuut is nagenoeg de kleinste boog, dien men aan den hemel met het bloote oog kan onderscheiden. Sterren die slechts eene minuut van elkander staan, kan men wegens haar flikkeren niet goed meer afzonderlijk zien.

Die twee sterren in den Schorpioen, waarvan gij gesproken hebt, staan reeds zes minuten van elkander. Die twee sterren in den staart van den Grooten Beer bijna 12′, die sterren

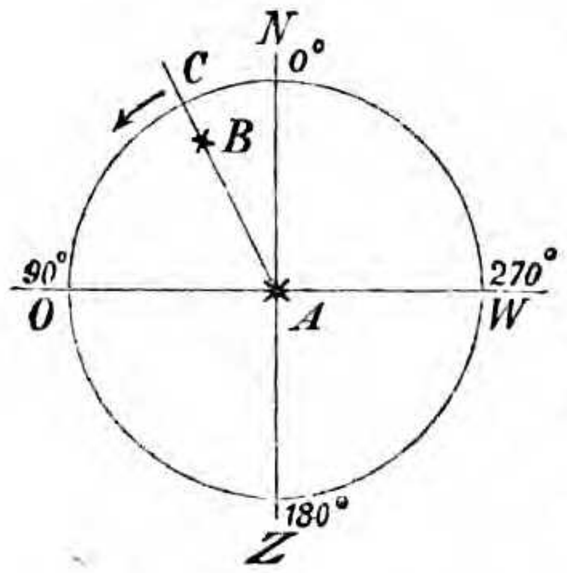
in de Lier 3½ minuten. Gij kunt u dus nu een denkbeeld maken hoe klein eene minuut aan den hemel is.

Maar als men nu die dubbele ster in de Lier met een kijker beziet, dan staan de twee sterretjes, waaruit zij bestaat, een heel eind van elkander, omdat zulk een kijker de voorwerpen vergroot, en dus den afstand tusschen twee voorwerpen, bijv. twee sterren, ook. Als nu twee sterren eens juist eene minuut van elkander af stonden, dan zoudt gij ze met het bloote oog niet afzonderlijk kunnen zien, maar wel in een kijker.

Gij herinnert u wellicht, dat ik u verhaald heb, dat de sterrekundigen zulk eene minuut weder in 60 deelen gedeeld hebben, en zulk een deeltje eene *sekonde* heet. Zulk eene sekonde is zeer klein, alleen met sterke kijkers kan men twee sterren nog onderscheiden, als zij eene sekonde uit elkander staan.

Evenals gij nu den afstand tusschen twee punten, die gij op een vel papier zet, in millimeters meten kunt, zoo hebben de sterrekundigen instrumenten bedacht, om den afstand van twee sterretjes, die zij in den kijker dicht bij elkaar zien, in sekonden te meten. En niet alleen kan men met zulk een instrument den *afstand* tusschen de twee sterretjes meten, maar ook de *richting;* om dat te begrijpen, moet gij de fig. 325 maar eens bezien. Stel eens, dat er in *A* eene ster staat, dan kunt gij u verbeelden dat er over die ster aan den hemel een cirkel getrokken is, die ook over de Noord- en de Zuidpool loopt; in de figuur is dat dan de lijn *N Z;* men noemt, zooals gij u dat misschien nog wel herinnert, zulk een cirkel den *declinatie-cirkel* dier ster (2e deeltje, § 56).

Fig. 325.



Stel nu dat zoo eene ster in de zuidelijke helft van den meridiaan staat; dus tusschen uw zenith en het Zuiden; als gij dan naar die ster ziet, dan ziet gij dien boog *N Z* rechtop evenals in de figuur, en dan kunt gij eene andere lijn *O W* denken, die er loodrecht op staat. De lijn *A O* wijst dan

naar het Oosten, en de lijn *A W* naar het Westen. Als gij nu in uwe gedachte een cirkel trekt, die *A* tot middelpunt heeft, dan wordt die cirkel door die lijnen *N Z* en *O W* in kwartcirkels gedeeld. Als gij nu de graden van dien cirkel telt, te beginnen met het punt *N*, en dan linksom telt, dan komt de 90e graad in *O*, de 180e in *Z*, de 270e in *W*, de 360e weder in *N*.

Als nu in *B* eene tweede ster staat, dan kunt gij eene lijn denken, gaande van *A* over *B*; die lijn snijdt dien cirkel in een punt *C*, en de *richting* van die lijn *A B* is nu gemakkelijk aan te geven; daartoe moet men maar weten, hoeveel graden de boog *N C* bedraagt. In deze fig. is die boog omtrent 26 graden.

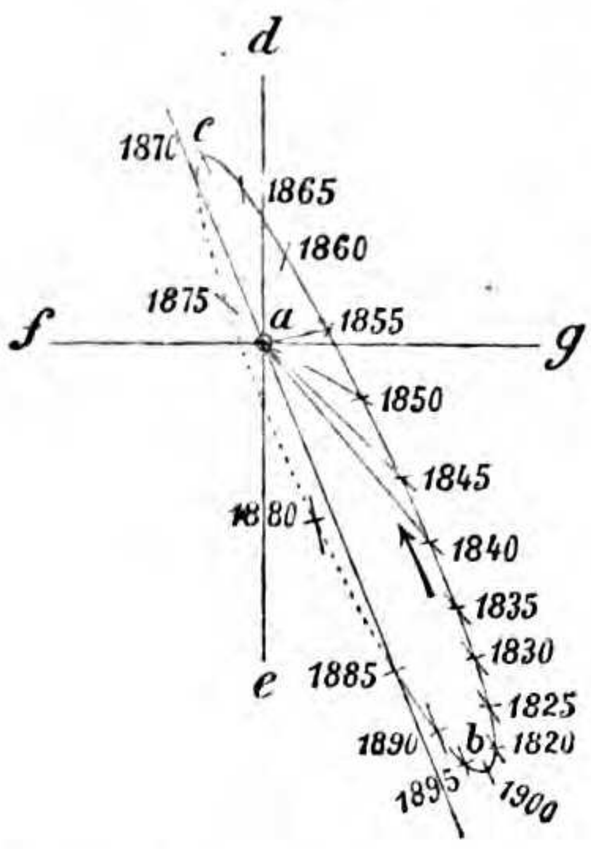
---

§ 181.

VOORBEELD: DE HELDERE STER ALPHA IN HET STERREBEELD CENTAURUS. DE LOOPBAAN, DIE DE BEGELEIDER OM DE HOOFDSTER BESCHRIJFT, IS EENE ELLIPS.

Nu hebben de sterrekundigen die dubbele sterren al een geruimen tijd op die wijs gemeten, en uit hunne metingen kunnen zij nu juist zien, hoe de eene ster om de andere geloopen heeft. Bijv. in fig. 326 ziet gij eene teekening, hoe sedert het jaar 1820 de kleine ster om de groote geloopen heeft, in die dubbelster α (alpha) in het sterrebeeld de Centaurus, waarvan ik u vroeger al gesproken heb.

Fig. 326.



Als in dubbele sterren de eene ster zooveel helderder is dan de andere, dan noemt men de heldere ster de *hoofdster* en de zwakkere ster *den begeleider*.

Sedert dat jaar 1820 is dus de begeleider, zooals gij ziet, nog niet een heelen omloop rondgeweest, maar toch een groot gedeelte. Toch hebben de sterrekundigen

reeds kunnen berekenen, dat zijn geheele omloopstijd om de hoofdster 85 jaren zal bedragen.

Als gij nu die baan beziet, dan zult ge wel zien, dat het eene ellips is, maar wellicht merkt gij toch iets vreemds op, niet waar?

ABDULLAH. O ja, mijnheer. U hebt gezegd: bij die dubbele sterren golden dezelfde wetten als hier bij de planeten en de zon, maar dan zou die groote ster a in het brandpunt van de ellips moeten staan, maar dat is toch zoo niet, a is toch niet het brandpunt van die ellips?

DE HEER. Daar hebt gij ook volkomen gelijk in, de brandpunten van deze ellips liggen zeer dicht bij b en bij c. Maar het is heel natuurlijk, dat dit niet uitkomt. Want gij moet niet vergeten dat wij meestal niet recht op die loopbaan zien, maar in de schuinte. En als ik nu eene ellips $A\ B\ C\ D$ teeken met de brandpunten E en F, fig. 327, dan zal ik, als ik die ellips uit de hoogte bezie, terwijl ik mijn oog recht boven het papier houd, ook zien eene ellips met de twee brandpunten op hunne plaats; maar laat ik de ellips eens om de lijn $G\ H$ omwentelen, en laat ik dan mijn oog op dezelfde plaats, dan zal het stuk van $G\ H$, dat door de ellips afgesneden wordt, schijnen even lang te blijven, maar de geheele ellips zal een anderen vorm krijgen, zie fig. 328.

Fig. 327.

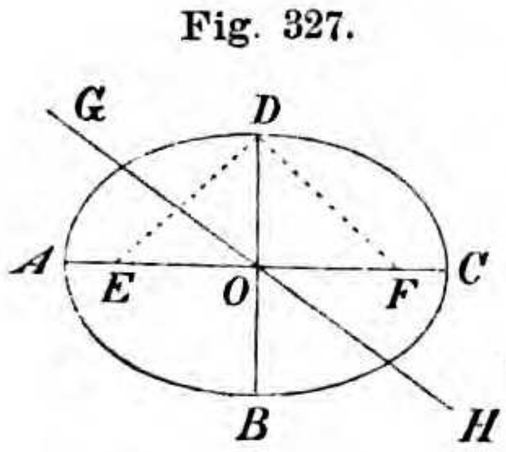
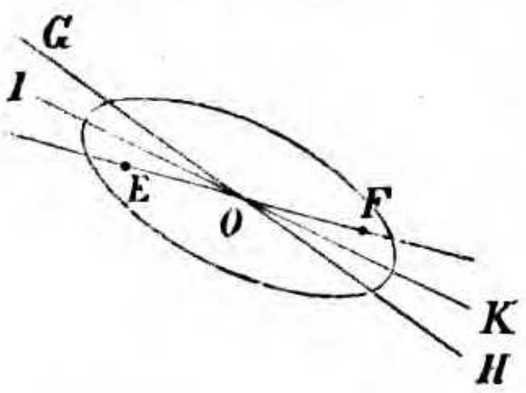


Fig. 328.



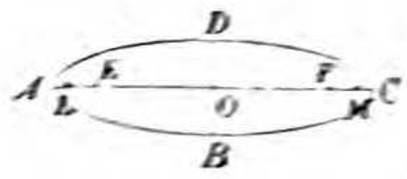
En wat is dan het gevolg? De loopbaan schijnt nog wel altijd eene ellips, maar de brandpunten schijnen niet op hunne plaats te staan.

Want de brandpunten eener ellips liggen in de groote as; bijv. in fig. 327 liggen E en F in de groote as $A\ C$, en bovendien liggen zij zoo, dat de afstand van elk brandpunt E of F tot de uiteinden der kleine as, B of D, gelijk is aan de halve groote as dus $=$ $A\ O$ of $O\ C$.

Nu ziet gij wel in fig. 328, dat E en F niet liggen in de groote as $I\ K$ der ellips, zoo als zij zich nu voordoet.

Ik kan zelfs de ellips $A\ B\ C\ D$, fig. 327. laten omdraaien om de groote as $A\ C$, zoolat bijv. D boven het papier en B onder het papier komt: als mijn oog dan op dezelfde plaats blijft, dan doet zich de geheele baan voor

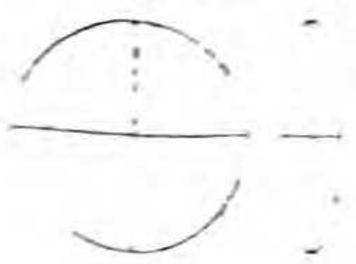
Fig. 329.



als fig. 329: nu liggen de punten E en F wel in de groote as der nieuwe ellips $A\ B\ C\ D$. maar het zijn toch niet de brandpunten van die nieuwe ellips, want wanneer men die zoekt, door $O\ C$ in den passer te nemen en de eene punt in D te zetten, dan komt de andere punt, als men met den passer een cirkel beschrijven wil, wel in L en M, maar niet in E en F.

Laat ik de ellips $A\ B\ C\ D$, fig. 327, om de *kleine* as $B\ D$ omdraaien, en mijn oog blijft altijd op dezelfde plaats, dan schijnt die kleine as $B\ D$ even groot te blijven, maar de groote as schijnt ons dan korter toe, en kan zelfs gelijk of kleiner

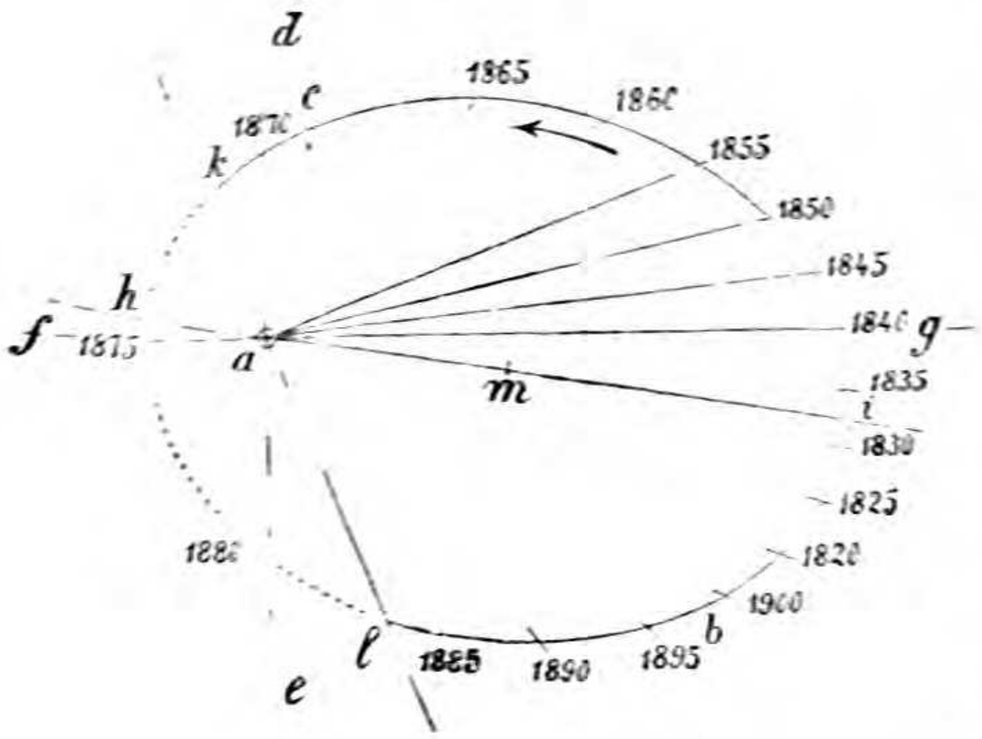
Fig. 330.



worden dan $B\ D$: zie fig. 330: de brandpunten zouden in het laatste geval zelfs in de *kleine* as schijnen te liggen.

Juist door de figuur, zooals die zich voordoet, nauwkeurig te beschouwen, kan een sterrekundige afleiden, *hoe* de baan ligt, dus om *welke* lijn, $A\ C$ of $G\ H$ (fig. 327) of eene andere, de loopbaan omgedraaid is, en hoeveel graden.

Fig. 331.



Beschouw bijv. nu eens fig. 331. Die stelt nu de loopbaan van dezelfde ster in Centaurus voor, zooals zij zich zou voordoen, als wij haar recht van boven bezien, maar nu moeten wij ons voorstellen, dat die loopbaan om de lijn $k\ l$ wordt omgedraaid, zoodat het gedeelte $l\ b\ i\ c\ k$ aan de eene zijde van het papier, bijv.

naar ons toe komt, en het andere gedeelte *k h l*, aan de andere zijde bijv. van ons af. Dan moeten wij die geheele loopbaan bijna 90° draaien, zoodat wij haar bijna op den kant zien, om haar zoo langwerpig te zien als in fig. 326 geteekend is.

In beide figuren stelt *d e* den declinatiecirkel van de ster *a* voor, dat wil zeggen, de richting *a d* gaat naar de Noordpool, de richting *a e* gaat naar de Zuidpool; dus is *f a g* gericht langs de parallel, en dus als de ster in het Zuiden staat, *a f* naar het Oosten en *a g* naar het Westen. Nu stelt *k a l* de knoopenlijn voor, dat wil zeggen de lijn, waarom ik de baan moet laten draaien, om de figuur van fig. 326 te verkrijgen, en als men deze laatste figuur alleen maar kent, kan men toch berekenen, 1° *hoe* die knoopenlijn *k l* ligt, 2° hoe in de werkelijkheid de groote as *h i* der loopbaan ligt, 3° welk gedeelte *a m* (dat is de afstand van het middelpunt der ellips tot het brandpunt) is van de halve groote as *m h*. Men noemt dat gedeelte de *uitmiddelpuntigheid*, die bedraagt bij deze ster 0,667 of $^2/_3$; 4° hoeveel graden men de loopbaan om die knoopenlijn moet omdraaien; bij deze ster is dat 82°; 5° hoe groot de omloopstijd is. Bij deze ster is het 85 jaar.

---

§ 182.

IN GELIJKE TIJDEN WORDEN GELIJKE SECTOREN DOORLOOPEN.

Nu moet ik u toch nog eene merkwaardigheid mededeelen. Zie nu de beide figuren 326 en 331 nog eens aan. In fig. 331 is *h* het punt van de loopbaan, waar de begeleider in werkelijkheid het naaste bij de hoofdster is, in dat punt stond die begeleider omtrent 1 Januari 1875. Nu zijn in die figuur de punten aangegeven, waar zich de begeleider bevond, van vijf tot vijf jaar, den 1 Januari 1820, 1825, 1830, enz., tot 1900 toe. De geheele omtrek der loopbaan is dus door die punten in 17 deelen gedeeld, maar die deelen zijn niet gelijk. Bij het

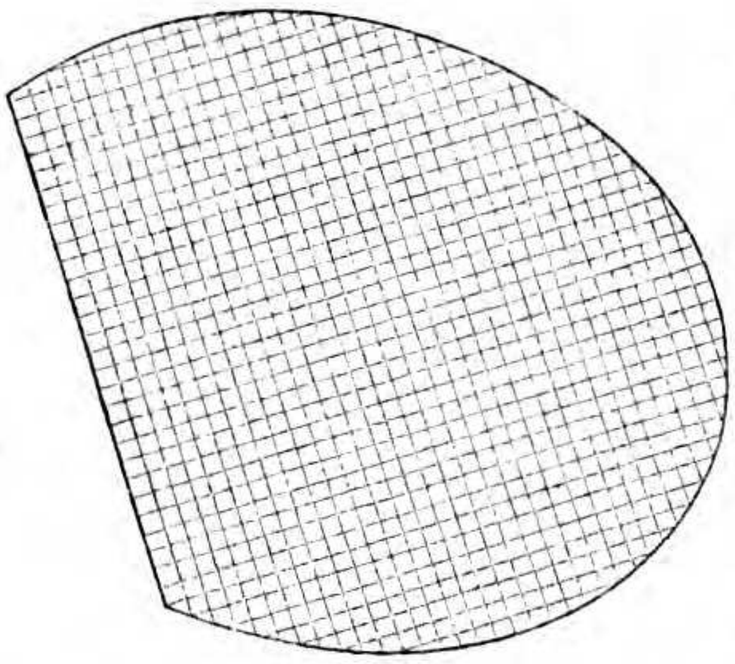
punt *h* zijn die deelen het grootst, daar loopt de begeleider ook het schielijkst; bij het punt *i* zijn zij het kleinst, daar loopt hij het langzaamst. Als ik nu uit het brandpunt *a*, waar de hoofdster staat, lijnen trek naar al die punten, zooals er vier getrokken zijn, naar de punten die 1840, 1845, 1850 en 1855 gemerkt zijn, dan worden door die lijnen en den boog, dien de ster doorloopen heeft, sectoren ingesloten, en die sectoren hebben nu alle zeventien gelijken inhoud. Gij herinnert u, dat Keppler dat reeds gevonden heeft bij de planeten: *in gelijke tijden worden gelijke sectoren doorloopen.*

Als nu die loopbaan om de knoopenlijn *k l* omgedraaid wordt, dan doet zich voor ons oog, als het er recht boven geplaatst is, die baan dadelijk anders voor; als men de loopbaan 82° omgedraaid heeft, vertoont zij zich als fig. 326, maar wat wel merkwaardig is, hoewel de vorm der loopbaan schijnt te veranderen, schijnen toch altijd de sectoren aan elkander gelijk te blijven. In fig. 326 zijn, evenals in fig. 331, de lijnen van *a* naar de punten getrokken, waar de begeleider op 1 Januari 1840, 1845, 1850 1855 gezien werd; daardoor zijn ook drie sectoren ingesloten; en als ik ook in deze elliptische baan al die lijnen trek, dan verkrijg ik daar ook 17 sectoren, en die hebben ook alle denzelfden inhoud.

ABDULLAH. Wel mijnheer, dat is toch merkwaardig. Hoe komt dat?

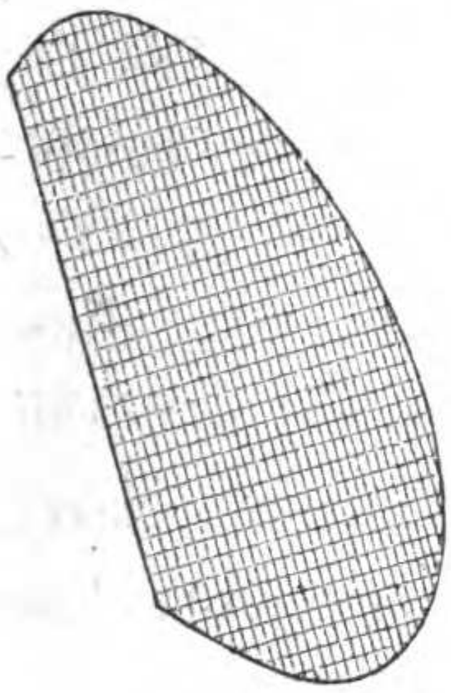
DE HEER. Dat is toch vrij natuurlijk. Want verdeel eens in uwe gedachte de geheele ellips in een aantal vierkante millimeters, waarvan de eene zijde evenwijdig is aan de knoopenlijn, de andere loodrecht daarop staat, fig. 332; dan zullen, als ik mijn oog vlak boven die figuur houd en als ik de baan om de knoopenlijn omdraai, al die vierkante millimeters mij toeschijnen, zie fig. 333, even lang te blijven als vroeger, maar hunne

Fig. 332.



breedte zal verminderen. Maar al die vierkante millimeters zullen zich even groot voordoen. Wanneer dus twee sectoren in de baan zelve even-groot zijn, dus evenveel vierkante millimeters bevatten, zullen zij, in de schuinte bekeken, evenveel van die ingekorte vierkante millimeters inhouden, en dus zich ook even-groot voordoen.

Fig. 333.



Gij ziet dus, dat, wat ik u gezegd heb, waar is, dat namelijk bij die dubbele sterren, die zoo verschrikkelijk ver weg zijn, dezelfde wetten voor de beweging gelden, als in ons zonnestelsel.

---

§ 183.

MERKWAARDIGHEID DER STER ALPHA UIT CENTAURUS.

Die ster van Centaurus is wellicht voor ons de merkwaardigste ster van den ganschen hemel. Vooreerst weten wij hoever zij van ons af staat, namelijk 220 000 maal den afstand dien de aarde tot de zon heeft; ten tweede zijn er weinig zulke schoone dubbele sterren aan den hemel; dan weten wij niet alleen hoe groot die loopbaan van de kleine ster om de groote zich voordoet, maar wij weten ook hoe zij zich zou voordoen, als wij haar niet in de schuinte maar recht van voren bekeken. Daardoor kunnen wij nu ook weten *hoe groot* de geheele loopbaan is; als men dat berekent, vindt men dat de groote as van die loopbaan $23\frac{1}{2}$ maal zoo groot is als de groote as van de loopbaan der aarde.

Maar nu komt nog het merkwaardigste van alles. Stel eens dat om onze zon eene planeet liep, in eene dergelijke loopbaan, dan zou men ook kunnen vinden in hoeveel jaren die planeet om de zon zou loopen. Daarvoor moet ik die planeet slechts bij de aarde vergelijken; noem ik den gemiddelden

afstand van de aarde tot de zon 1, dan is die van die planeet

23,5;

ik moet (3e deeltje, § 114) dit getal in de derde macht verheffen, en verkrijg dan

12977,875.

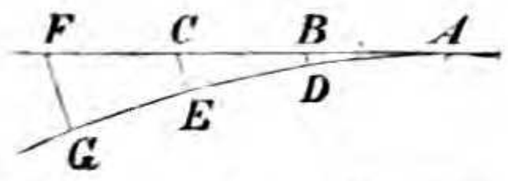
Nu is de omloopstijd der aarde 1 jaar, die van de planeet weet ik nog niet, maar als ik dat getal jaren nu tot de tweede macht verhef, moet ik ook hetzelfde getal 12977,875 krijgen. Door eene bijzondere bewerking, die men worteltrekking noemt, of anders door te beproeven, vindt men dat getal gemakkelijk; het is 113,92 ruim. Zooveel jaren zou dus die planeet besteden, om om onze zon te loopen.

En wat heb ik u nu omtrent onze ster verhaald? Dat de begeleider in 85 jaar om de groote loopt, dus schielijker.

ABDULLAH. Wel mijnheer, dat is merkwaardig, maar hoe komt dat nu?

DE HEER. Wel dat is vrij natuurlijk. Herinner u maar eens, wat ik u vroeger geleerd heb (3e deeltje, § 114). De aantrekking der zon maakt, dat de planeten zich niet in de richting van de raaklijn *A C* verwijderen, fig. 334, maar langs de loopbaan *A D E* hunnen loop voortzetten. Als nu *A B* de weg is, dien zoo eene planeet in eene sekonde zou doorloopen, als de zon er niet was, dan is *B D* de maat der aantrekking van de zon in ééne sekonde, maar is *A C* dezelfde weg, dan is *C E* de maat der aantrekking. Gij ziet dus, dat hoe grooter de snelheid der planeet is, hoe grooter ook de maat der aantrekking is. Hierbij moet gij nog in aanmerking nemen, dat, als *A C* = 2 maal *A B* is, *C E meer* dan twee maal *B D* is; men kan in de wiskunde bewijzen, dat *C E vier*maal grooter dan *B D* is. En is *A F* driemaal grooter dan *A B*, dan is *F G* 9 maal grooter dan *B D*. Nu is 113,92 jaar = 1,34 maal 85 jaar. De snelheid van den begeleider is dus

Fig. 334.



1,34 of nagenoeg $\frac{4}{3}$ maal grooter dan zijne snelheid zou wezen, als onze zon de hoofdster was. De aantrekking is dus $\frac{4}{3} \times \frac{4}{3} = \frac{16}{9}$ maal grooter dan zij zou wezen, als onze zon de hoofdster was.

Maar de aantrekkingen zijn, als de afstand gelijk is, evenredig aan de gewichten der lichamen. Dus komen wij tot het besluit, dat die ster $\frac{16}{9}$ of bijna tweemaal zwaarder is dan de zon.

Nu hebben de sterrekundigen al lang berekend dat de zon

325 500

maal zwaarder is dan de aarde, en dat de aarde, als men die in eene weegschaal kon wegen, $6\frac{1}{8}$ quadrillioen of

6 125000 000000 000000 000000

kilogrammen wegen zou. Vermenigvuldigt gij dit met 325 500, dan verkrijgt gij voor het gewicht der zon vrij nabij

2 000000 000000 000000 000000 000000

of 2 quintillioenen kilogrammen.

En het gewicht van onze ster in Centaurus is dus

$= \frac{16}{9} \times 2$ d. i. $3\frac{5}{9}$ quintillioenen kilogrammen.

Dat getal is zoo groot, dat men er zich geene goede voorstelling van maken kan. Als gij een millioen centen moest tellen, en elke sekonde 5 centen nederlegdet, zooals gebruikelijk is, dan zoudt gij 200 000 sekonden of bijna $2\frac{1}{2}$ etmaal noodig hebben! En een menschenleeftijd is dus geheel ontoereikend om een billioen, d. i. millioen maal millioen centen te tellen. Nog millioen maal meer is een trillioen, nog millioen maal meer een quadrillioen, weder nog millioen maal meer een quintillioen.

Omdat nu niemand zich toch van zoo een quintillioen kilogrammen een denkbeeld kan vormen, gebruikt men in de sterrekunde het kilogram niet als eenheid, maar vergelijkt de lichamen liever bij de aarde of bij de zon. Dan moet gij nog

op iets anders letten; het gewicht van een voorwerp hangt niet alleen af van het voorwerp zelf, maar ook van andere omstandigheden, voornamelijk van de hoegrootheid der aantrekkingskracht.

Gij herinnert u immers nog wel, dat ik u vroeger eens heb uitgelegd, dat een steen op de pool der aarde meer weegt dan op de evennachtslijn. Ware er in het geheel geene aantrekkingskracht, dan zouden de lichamen ook niet wegen.

Het is dus niet zeer juist uitgedrukt, wanneer ik zeg, die ster in Centaurus *weegt* $1\frac{7}{9}$ maal meer dan onze zon. De bedoeling is, dat die ster zelve $1\frac{7}{9}$ maal meer aantrekkingskracht bezit en dus ook $1\frac{7}{9}$ maal meer stofdeeltjes bezit dan onze zon, zoodat, *als* men ze op dezelfde plaats wegen *kon*, de ster dan $1\frac{7}{9}$ maal zwaarder zou wegen dan de zon.

Nu noemt men de hoeveelheid stofdeeltjes van een lichaam zijne *massa;* dit is een latijnsch woord, dat men daarvoor algemeen gebruikt. In plaats dus, dat een sterrekundige u zal mededeelen, dat die ster in Centaurus $3\frac{5}{9}$ quintillioenen kilogrammen weegt, dat gij toch onmogelijk met uw verstand bevatten kunt, zal hij u zeggen, dat die ster $1\frac{7}{9}$ maal meer massa heeft dan de zon. Gij ziet dus, dat, hoever de vaste sterren ook van ons afstaan, de sterrekundigen er toch reeds in geslaagd zijn er een en ander van te onderzoeken, onder anderen hoeveel massa zoo eene ster heeft; dit is trouwens nog maar van zeer enkele sterren bekend.

---

§ 184.

DE MIDDELLIJNEN DER STERREN ZIJN TE KLEIN, OM ZE DOOR DE STERKSTE KIJKERS TE ZIEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als nu die ster zoo groot is, (u zegt immers, dat hare massa $1\frac{7}{9}$ maal zooveel is als die van de zon), kan men dan ook in een kijker zien, of het ook een bol is evenals onze zon?

DE HEER. Neen, dat kan men niet. De planeten, die dicht bij onze zon zijn, doen zich in de kijkers duidelijk voor als bollen; gij herinnert u immers wel de teekeningen, die ik u gegeven heb van Venus? (3e stukje, § 95, fig. 192 en 194). Maar met den sterksten kijker ziet men *niet* de bollen der vaste sterren, integendeel, hoe grooter en hoe beter kijker, hoe meer de sterren op heldere puntjes gelijken.

Maar dat moet u niet verwonderen, want ik heb u nu medegedeeld, dat die heldere ster in Centaurus 220 000 maal verder van ons afstaat dan de zon; stel nu eens, dat wij onze zon ook eens van denzelfden afstand beschouwden, hoe zou de zon er dan wel uitzien?

ABDULLAH. Wel mijnheer, natuurlijk zooveel maal kleiner.

DE HEER. Welnu, de middellijn der zon is omtrent 32 minuten; elke minuut is 60 sekonden, dat is $32 \times 60 = 1920$ sekonden boogs.

Als nu diezelfde zon 220 000 maal verder van ons af was, dan zou hare middellijn ook 220 000 maal kleiner zijn, en dus bedragen

$$\frac{1920}{220\,000} = \frac{1}{115} \text{ sekonde.}$$

Een dergelijke middellijn is te gering, om gezien te worden, zelfs in den besten en sterksten kijker.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is toch vreemd, want als ik des avonds de sterren goed bezie, dan is het net alsof ik duidelijk kan zien, dat de heldere sterren bolletjes zijn, ten minste zij schijnen mij duidelijk rond toe.

DE HEER. Ja, dat is ook zoo, maar dat is maar een gezichtsbedrog. Ik heb u al meer opmerkzaam gemaakt, dat de schijn soms bedriegen kan. Die ronde gedaante, die gij ziet dat de heldere sterren hebben, is niet een gevolg daarvan, dat de sterren rond zijn, maar die ontstaat door de wijze, waarop het licht der ster zich in uw oog beweegt; ik kan u dit nu onmogelijk in alle bijzonderheden uitleggen, maar ik kan u wel zeggen, dat de vorm, waaronder wij een lichtend punt zien,

afhangt van den vorm der opening, waardoor het licht van dat punt in ons oog valt.

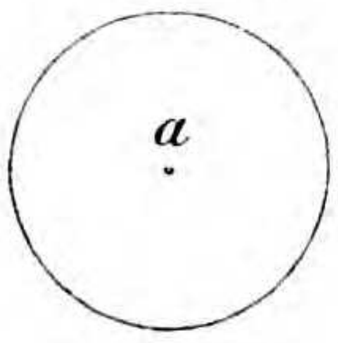
Ik heb u immers vroeger uitgelegd, dat ons oog gelijkt op een photographischen toestel, en dat op ons netvlies een beeld gevormd wordt van de voorwerpen, die wij in de verte zien. (3e stukje, § 163, fig. 296). Toen zeide ik u, dat elk punt van zoo een voorwerp licht door de pupil werpt, en een beeldje op de achtervlakte van het oog vormt, waar zich het netvlies bevindt, dus precies als in een photographischen toestel.

Als nu dat voorwerp één enkel lichtend punt is, dan is het beeldje, dat het licht van dat voorwerp maakt, niet een enkel lichtend punt, maar een zeer klein rond verlicht vlekje; dat voelt de persoon, en verbeeldt zich dus een klein rond verlicht vlekje te zien, zooals gij zelf zegt, dat de sterren zich aan uw oog voordoen.

Dat beeldje is rond, omdat uwe pupil rond is. Maar indien het licht in uw oog valt, niet door eene ronde opening, zooals de pupil, maar door eene opening van eene andere gedaante, dan schijnt zoo eene ster u ook niet meer rond toe.

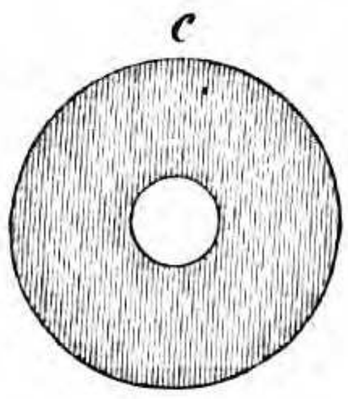
Ik kan bijvoorbeeld de ster of eene verafzijnde lamp door een klein driehoekig gaatje bekijken, dat ik in een stukje dik papier heb uitgesneden. Dadelijk zie ik dan eene ster met 6 stralen; gij ziet dus, dat het van den vorm van het gaatje afhangt, waardoor het licht valt, hoe de ster zich voordoet. Nog eene merkwaardigheid is dit, dat, als men steeds door een rond gaatje ziet, dan de ster zich als een des te grooter schijfje voordoet, naarmate het gaatje kleiner is. Maar dit is moeielijk met het oog zelf te zien. In een kijker is dat gemakkelijker. Maar dan moet men den kijker op een voet hebben, dat hij goed vast staat. Als ik dan met dien kijker, waarvan het voorste glas zoo groot is bijv. als a, fig. 335, eene ster bezie, dan zie ik duidelijk een schijfje b; maar als ik nu voor het voorste glas van dien kijker een deksel van dik papier doe,

Fig. 335.



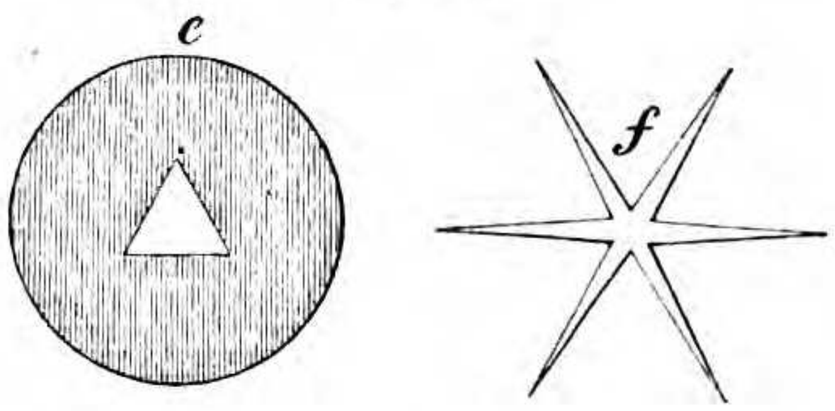
die, zooals in *c*, fig. 336, eene ronde opening in het midden heeft, met eene middellijn, driemalen kleiner dan het glas zelf is, dan zie ik dadelijk het schijfje, dat de ster vertoont, en dat vroeger klein was, zie *b*, driemaal grooter worden, zooals in *d*.

Fig. 336.



Maak ik in het papieren deksel *c*, fig. 337, een driehoekig gat, dan doet de ster zich voor als eene ster met 6 stralen, zooals in *f*.

Fig. 337.



Gij ziet dus wel, dat de vorm, waaronder de sterren zich in een kijker of in uw oog voordoen, afhangt van den vorm en de grootte van het gat, waardoor het licht invalt; de wezenlijke ronde gedaante der sterren is dus in de kijkers niet zichtbaar, en hoe grooter de kijker is, die men aanwendt, hoe kleiner het schijfje wordt, dat het beeld eener ster aangeeft, hoe scherper en duidelijker dus ook het beeld is, dat eene ster of eene planeet of de maan geeft; dit is ook de reden, dat in Europa en Amerika in den laatsten tijd zulke groote kijkers gemaakt zijn.

---

§ 185.

DE EIGEN BEWEGING DER VASTE STERREN.

DE HEER. Wel, Abdullah, hebt gij nog wel eens nagedacht over hetgeen ik u de vorige keeren verteld heb?

ABDULLAH. Ja mijnheer, ik vind dat alles zeer belangrijk, maar ik heb er nog eens over nagedacht en er is iets, wat ik niet begrijp.

DE HEER. Wel, wat is dat dan?

ABDULLAH. U hebt mij gezegd, dat bij de sterren, die zoover weg zijn, de aantrekkingskracht evenzoo werkt, als hier op de aarde; maar dan begrijp ik niet, waarom zij

elkander niet aantrekken; want als dat zoo was, zouden zij toch nu en dan tot elkander moeten naderen, en misschien wel op elkander vallen; maar u hebt mij gezegd, dat de sterrebeelden dezelfde gedaante houden, en dat de sterren daarom ook vaste sterren genoemd worden.

DE HEER. Uwe opmerking is zeer juist; maar ik moet u doen opmerken dat, al schijnt nu het sterrebeeld de Groote Beer, of de Centaurus, of elk ander ons toe, heden er evenzoo uit te zien als tien jaar geleden, het daarom nog volstrekt geen bewijs is, dat de sterren die het sterrebeeld samenstellen, zich niet bewogen hebben. Wij kunnen er alleen door weten, dat als er beweging in die sterren is, die beweging dan zoo gering is, dat wij haar in tien jaar op het oog niet kunnen bemerken. Maar wat nu op het oog niet zichtbaar is, kan daarom nog wel zichtbaar worden, als men het met nauwkeurige instrumenten onderzoekt. En nu hebben de sterrekundigen al gedurende een zeer geruimen tijd hetzelfde denkbeeld gehad, dat gij ook gehad hebt, en hebben zij willen onderzoeken, of die sterren werkelijk zoo vast en onbeweeglijk aan den hemel waren als men zoo op het oog zeggen zou. En wat is nu het resultaat van hun onderzoek geweest? Dat er, om zoo te spreken, geene ster aan den hemel te vinden is, die geheel en al op hare plaats blijft; maar hare verplaatsingen, zijn zoo gering, dat er bij de meeste sterren jaren moeten verloopen eer die verplaatsingen, zelfs met nauwkeurige instrumenten bemerkbaar zijn. Voor zeer vele sterren moeten er honderd jaar verloopen, eer de sterrekundigen met hunne nauwkeurigste instrumenten er de beweging van kunnen zien. Voor de meeste zijn wel duizend jaar noodig, eer men met het bloote oog de

Fig. 338.

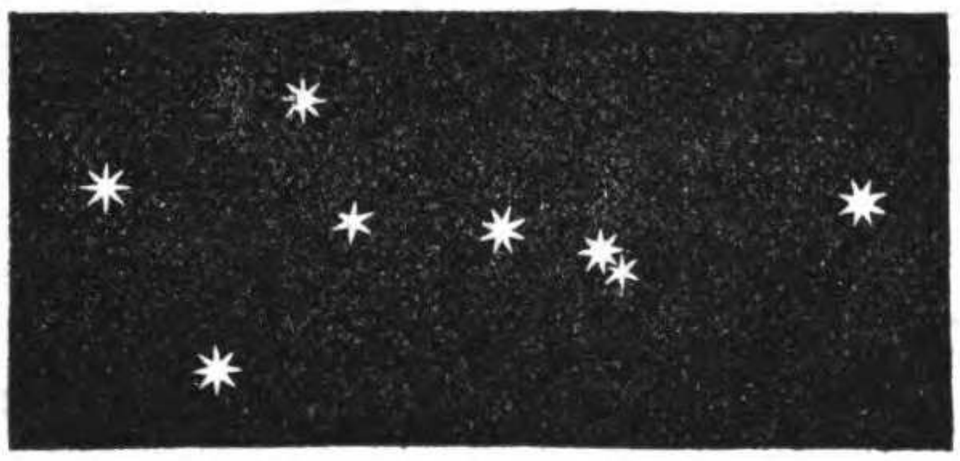
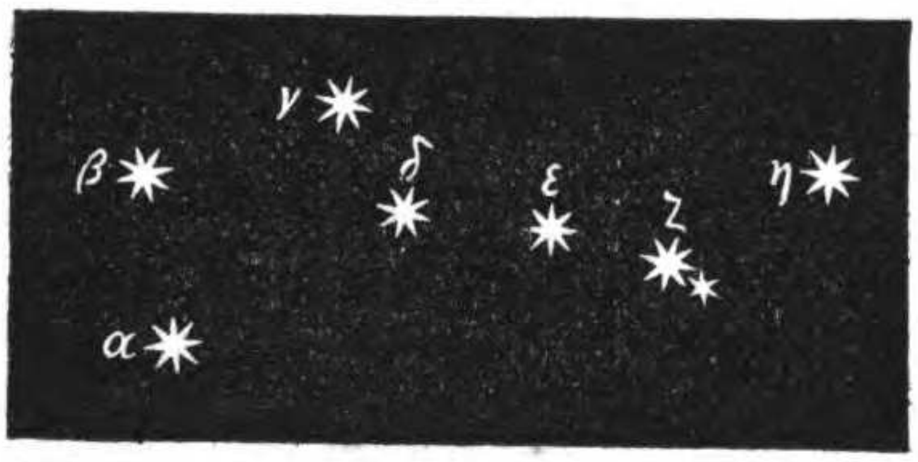


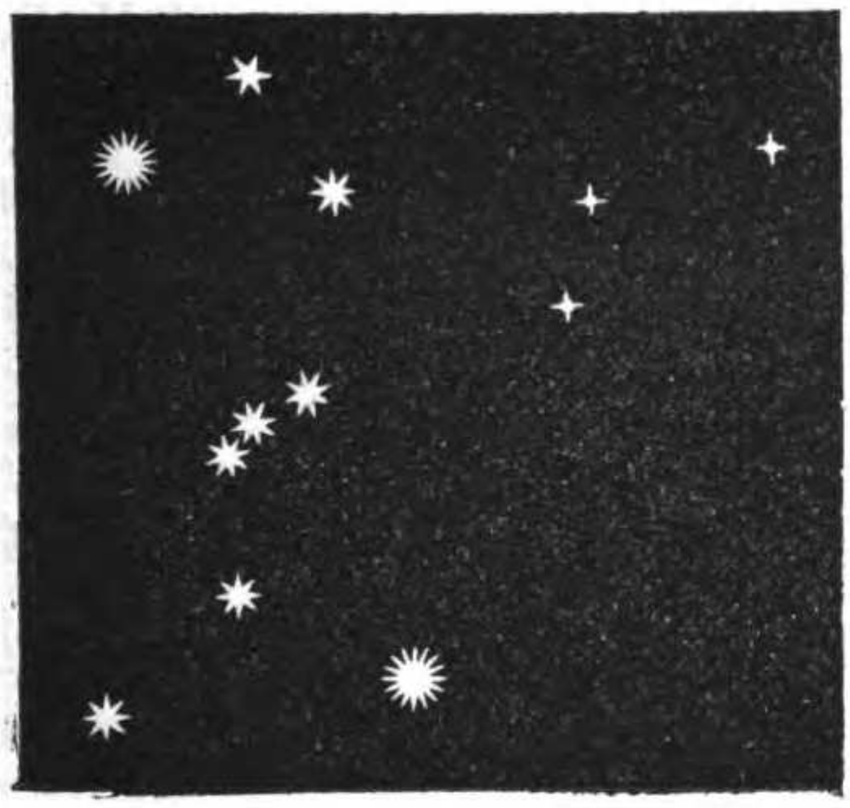
Fig. 323.



verandering van plaats zou kunnen zien; maar vóór 1000 jaar zijn er niet zulke nauwkeurige kaarten van den sterrenhemel gemaakt als thans, dus daardoor kunnen wij dat ook niet weten. Maar wij weten het, omdat nu sedert omtrent 150 jaar door de sterrekundigen de plaatsen der sterren nauwkeurig bepaald zijn geworden, daardoor kunnen zij dus zien, hoeveel elke ster zich in dien tijd bewogen heeft, en in welke richting, en daardoor kan men dus ook wel afleiden hoeveel die beweging in een grooter tijdvak, bijv. 1000 of 10000 jaren bedraagt. Bij zulke groote tijdvakken ziet men eerst, dat de vorm of het uiterlijk van een sterrebeeld verandert.

Fig. 339.

Fig. 340.



Bijv. in fig. 338 ziet gij het sterrebeeld de Groote Beer, zooals het vóór 50000 jaar moet geweest zijn, in fig. 323 hoe het zich nu voordoet, en in fig. 339 hoe het na 50000 jaar zal zijn.

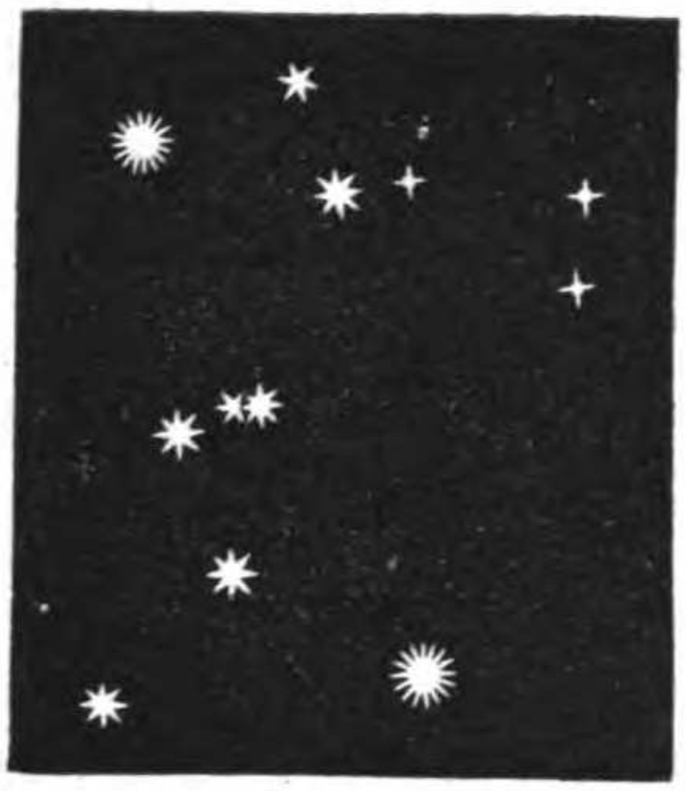
Fig. 314.

Evenzoo bijv. het sterrebeeld Orion. In fig. 340 ziet gij hoe het vóór 50000 jaar was, in fig. 314 hoe het er nu uitziet, en in fig. 341 hoe het na 50000 jaar er zal uitzien.

Nu ziet gij wel, dat die sterren zich dus bewegen, maar tevens, dat er een zeer lang tijdperk voor noodig is, die beweging te zien. De oudste geschiedenissen der menschen reiken nog ter nauwernood meer dan 5000 jaar ver; wat vóór dien tijd gebeurd is, is zeer onze-

ker, maar voor de sterrekundige berekeningen is dat toch een kort tijdvak.

Fig. 341.



ABDULLAH. Maar mijnheer, bewegen die sterren dan omdat zij elkander aantrekken?

DE HEER. Dat kunnen wij niet geheel verzekeren. Als alle sterren op één oogenblik ooit geheel in rust geweest waren, dan zoude elke ster natuurlijk dadelijk door al de anderen aangetrokken geworden zijn, en dus, tengevolge van al die aantrekkingen, in de eene of andere richting zich hebben gaan bewegen, en die beweging zou natuurlijk, evenals van een lichaam dat valt, hoe langer hoe sneller zijn geworden.

Dan zou men kunnen zeggen: die beweging komt van de aantrekking der andere sterren. Maar zulk een oogenblik, dat alle sterren in rust waren, is er stellig nooit geweest. Het is eerder aan te nemen, dat de sterren, en al de stofdeelen, die in het wereldruim bestaan, altijd in beweging geweest zijn; die beweging moet dan door de aantrekking van de andere sterren aanhoudend, in meerdere of mindere mate gewijzigd zijn, en hoe die beweging thans is, dat kunnen de sterrekundigen vinden, door de plaatsen der sterren in de vorige eeuw, bijv. in 1750, te vergelijken met de plaatsen derzelfde sterren zooals zij nu zijn, 130 jaar later.

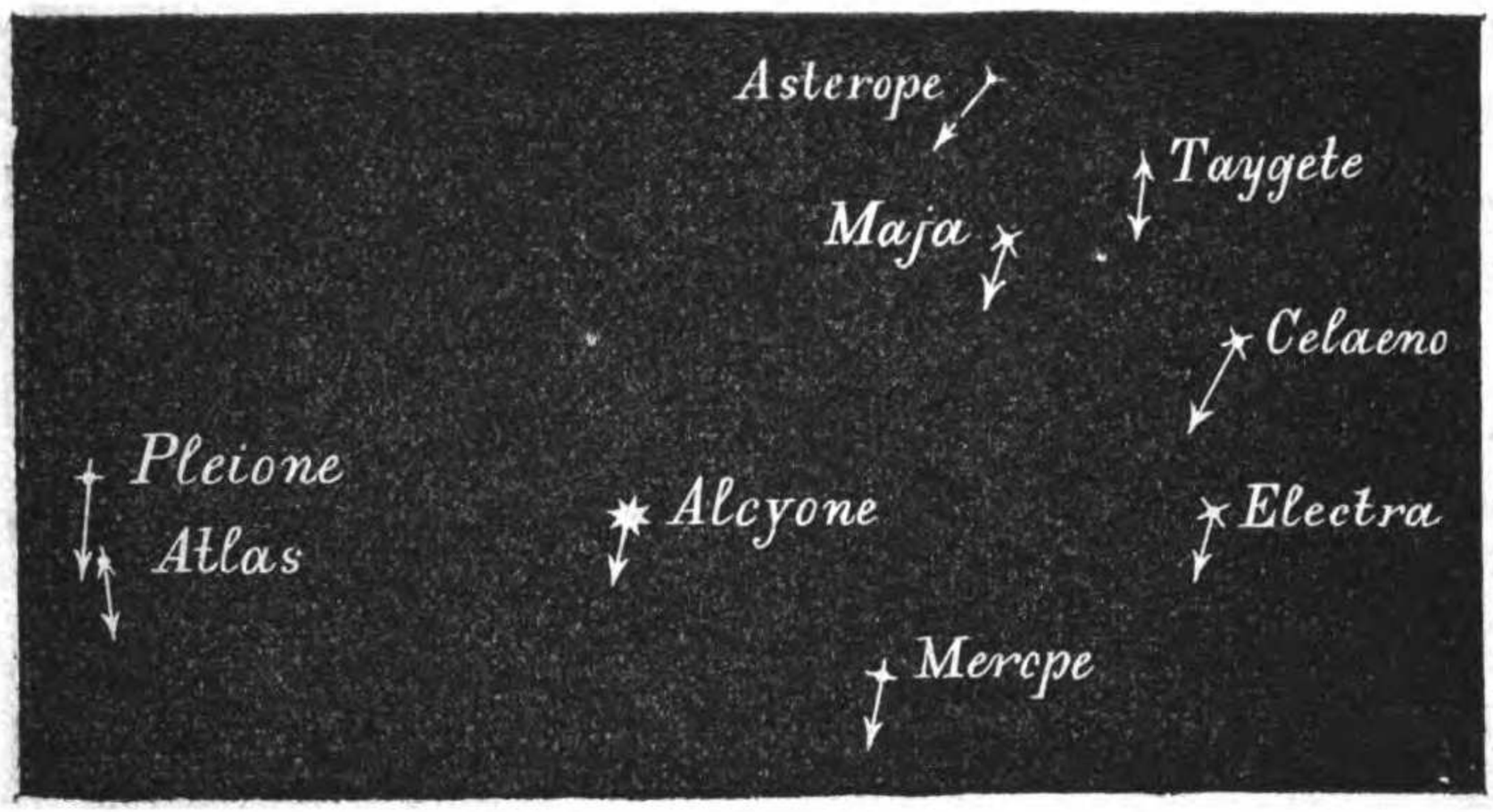
Nu begrijpt gij wel, dat die sterren zoover van elkander zijn, dat de kans dat zij op elkander vallen, al zeer gering is; geheel onmogelijk zou het niet zijn, want hier op de aarde is het honderden malen gebeurd, dat er van uit het hemelruim kleinere of grootere steenen zijn neergevallen. Men noemt die stukken meteoorsteenen en wegens hunne zeldzaamheid worden zij altijd met zorg bewaard. En dat zal op de andere planeten, op de zon, en op de vaste sterren eker ook wel het geval zijn; maar één ding is zeker, dat

de sterrekundigen het nog nooit hebben gezien dat twee sterren op elkander vielen.

Nu komt er nog dit bij, dat meestal de sterren, die tot eene zelfde groep behooren, nagenoeg denzelfden kant uitgaan, dus dan is de kans om elkander te treffen des te geringer.

Nemen wij bijvoorbeeld het Zevengesternte, waarin een scherp oog bij een donkeren avond eigenlijk acht of negen sterren duidelijk zien kan. Deze sterren bewegen zich zooals fig. 342 aantoont; de pijltjes toonen de beweging in 50 000 jaar

Fig. 342.



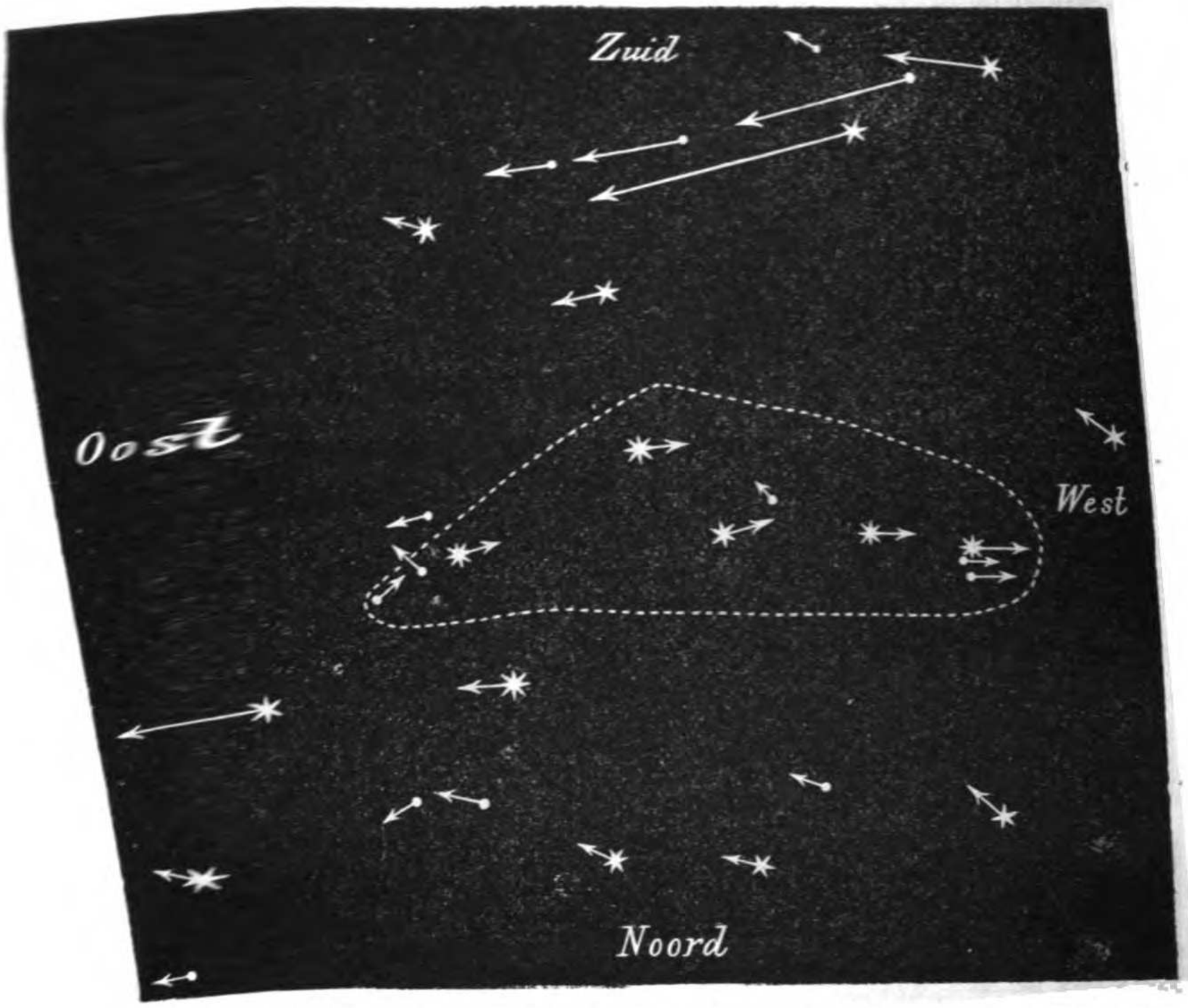
aan, dus gij ziet wel, hoe weinig de gedaante van dit sterrebeeld in een zoo groot tijdvak verandert.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat was toch bij den Grooten Beer niet het geval, want zooals u mij hebt laten zien, verandert die nog al van figuur.

DE HEER. Ja, dat is wel zoo, maar toch zijn er van de zeven groote sterren, die den Grooten Beer vormen vijf, die denzelfden kant uitgaan, en twee, die omtrent juist een tegenovergestelden kant uitgaan, en daarbij voegen zich de meeste andere sterren, die toch ook bij den Grooten Beer behooren. Zie eens deze fig. 343; hier zijn de eerste groep sterren in eene gestippelde lijn ingesloten, de anderen bewegen zich alle in

eene andere richting. De pijltjes duiden aan, *hoever* die

Fig. 343.



sterren zich in het tijdvak van 50000 jaar bewegen. Gij ziet dus, dat allen niet even snel voortgaan; daardoor verandert ook wel langzamerhand de figuur, die zij met elkander maken.

§ 186.

DE BEWEGING VAN DE ZON MET DE PLANETEN NAAR HET STERREBEELD HERCULES.

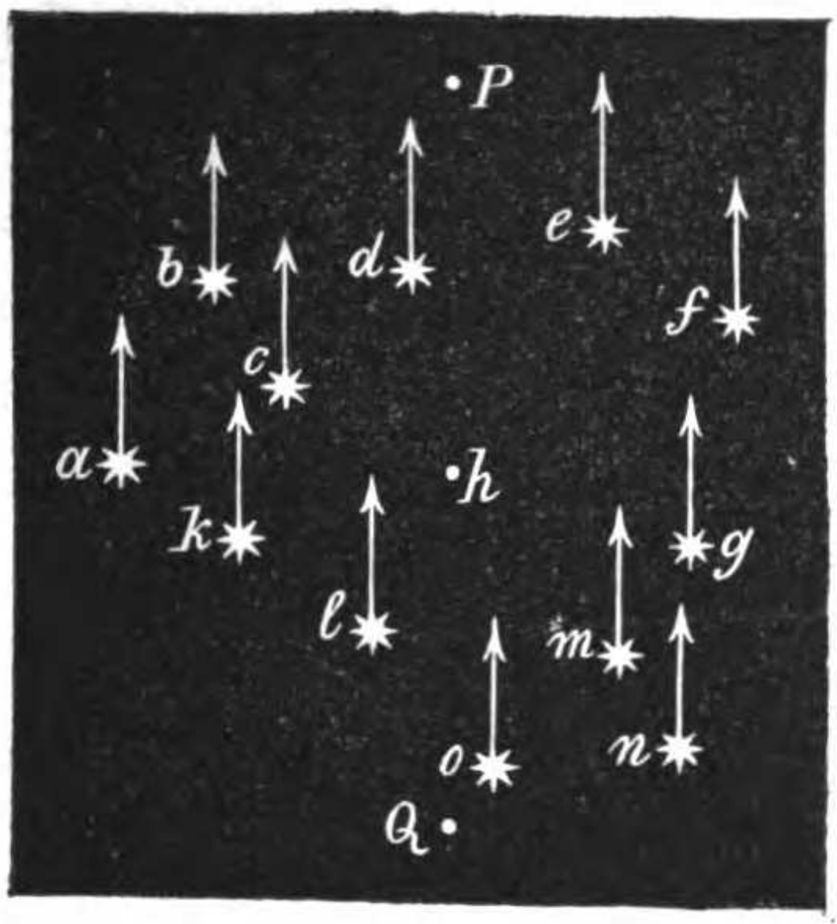
Als men nu niet alleen van den Grooten Beer maar van *al* de sterren aan den hemel nagaat hoe zij zich schijnen te bewegen, dan ziet men dat er een *groot aantal* is, dat van een

bepaalden kant van den hemel naar den tegenovergestelden kant schijnt te gaan. Hierover heeft een groot sterrekundige, genaamd Herschel, nu bijna 100 jaar geleden nagedacht, en hij heeft begrepen dat dit waarschijnlijk daarvan komt, dat de zon zelve, die ook eene ster is als de anderen, met al de planeten, zich naar den eerst bedoelden kant beweegt.

Fig. 344

Want zie eens deze figuur, fig. 344. Stel eens, dat er een aantal sterren a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, m, n, en o zijn, waarvan h onze zon is, die zich in een zekeren tijd, bijv. 10 000 jaar beweegt, zoover als het pijltje aanduidt, dus van h tot i. Nu zal een bewoner van die ster h, niets van die beweging merken, en het zal hem voorkomen alsof die andere sterren zich alle naar den tegenovergestelden kant bewegen, zooals in fig. 345 geteekend is. Immers als gij in eene prauw zit en die prauw wordt in eene rivier voortgetrokken, dan is het even alsof de boomen aan den oever der rivier den tegenovergestelden kant opgaan, en gij zelf stil blijft.

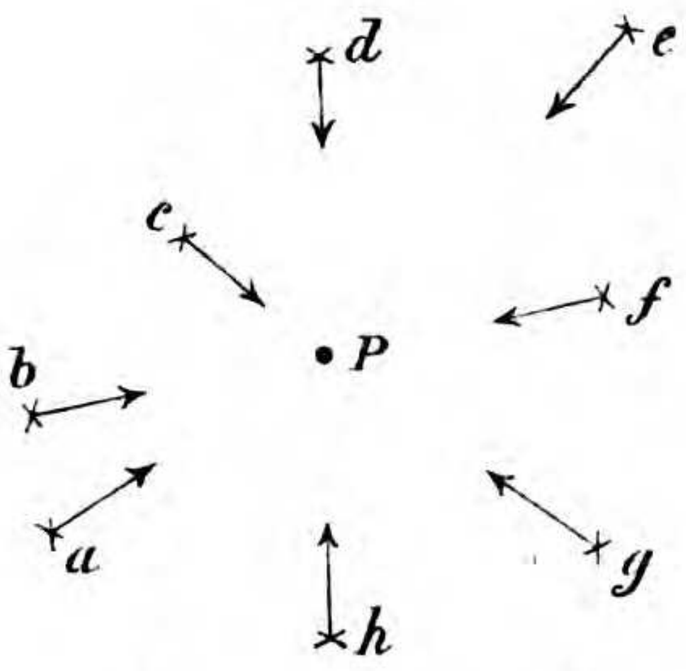
Fig. 345.



Nu moet gij wel eens opletten, wat nu die bewoner van h ziet. Hij ziet, de sterren l, k, a, b en c zich bewegen *van de linker- naar de rechterhand*, de ster d schijnt hem bijna stil te staan, de sterren e, f, g, m en n schijnen hem toe zich *van de rechter- naar de linkerhand* te bewegen. Allen schijnen zij zich dus te bewegen naar het punt P toe.

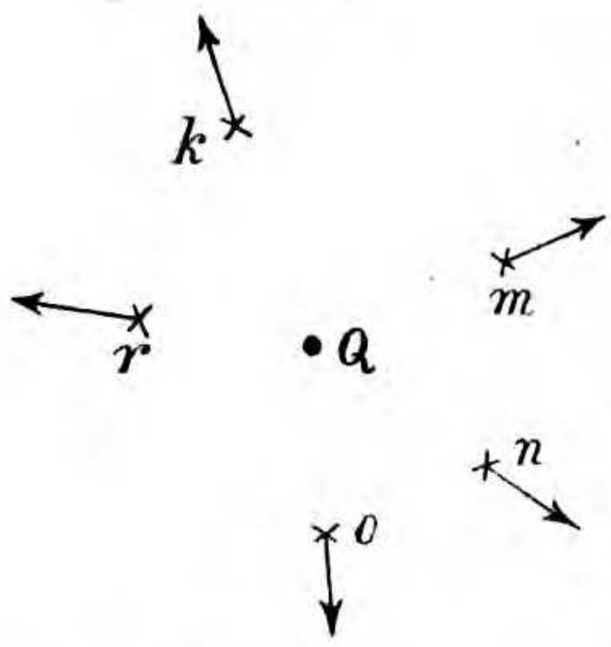
Als gij nu eens een hollen bol hadt, bijv. een groot koepelgewelf, en gij verbeeldet u, dat de ster *h* in het middelpunt van dat gewelf was, waar gij zelf ook met uw hoofd gingt staan, dan zoudt gij aan den binnenkant van dien bol de sterren *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *k*, *l*, *m*, *n* en *o* kunnen afteekenen, en tevens door pijltjes kunnen aangeven, welken kant zij schijnen uit te gaan, fig. 346; maar dan zoudt gij zien dat al die pijltjes naar het eene punt *P* gericht zouden zijn, dat gij ook in fig. 345 ziet, en dat juist tegenovergesteld is aan het punt, waar de ster *h* naar toe gaat.

Fig. 346.



En aan de overzijde van dit punt, daar is het punt *Q*, waar onze zon zich naar toe beweegt. Als gij nu eens goed op fig. 345 let, dan ziet gij, dat het is, alsof de sterren aan die zijde zich van dat punt verwijderen, zooals de pijltjes in fig. 347 aanduiden.

Fig. 347.



Nu heeft die sterrekundige Herschel onderzocht, eerst naar welken kant zich de meeste sterren wel schijnen te bewegen, en daaruit heeft hij getracht te vinden, naar welken kant onze zon met al de planeten zich beweegt. Het was niet gemakkelijk om dit te vinden, omdat er ook vele sterren zijn, die niet met de anderen mede zich bewegen, maar die een anderen kant uitgaan. Toch heeft hij het vrij nauwkeurig gevonden en later hebben een aantal sterrekundigen dat onderzoek op nieuw gedaan, en omtrent dezelfde uitkomst gevonden. In fig. 348 ziet gij aangegeven, naar welk punt de zon zich waarschijnlijk beweegt.

Gij ziet hier een gedeelte des hemels dat in den Oostmoesson altijd 's nachts aan den noorderhemel te zien is. Die drie sterren, welke gij aan de rechterhand der figuur ziet, zijn het

sterrebeeld *de Lier*, kennelijk doordien één van die drie zoo helder van licht is, zij is bijna de helderste ster van den geheelen hemel.

Fig. 348.

Links daarvan ziet gij het sterrebeeld Hercules, kennelijk door vier sterren, die in een vierhoek staan, en in de hoogte ziet gij nog drie sterren van het sterrebeeld de Slangendrager, die met één ster van het sterrebeeld Hercules weder een vierhoek maken.

Nu ziet gij daar bij dien eersten vierhoek in het sterrebeeld Hercules een kringetje, en dat kringetje duidt de plek aan, waar de zon met al de planeten zich heen beweegt.

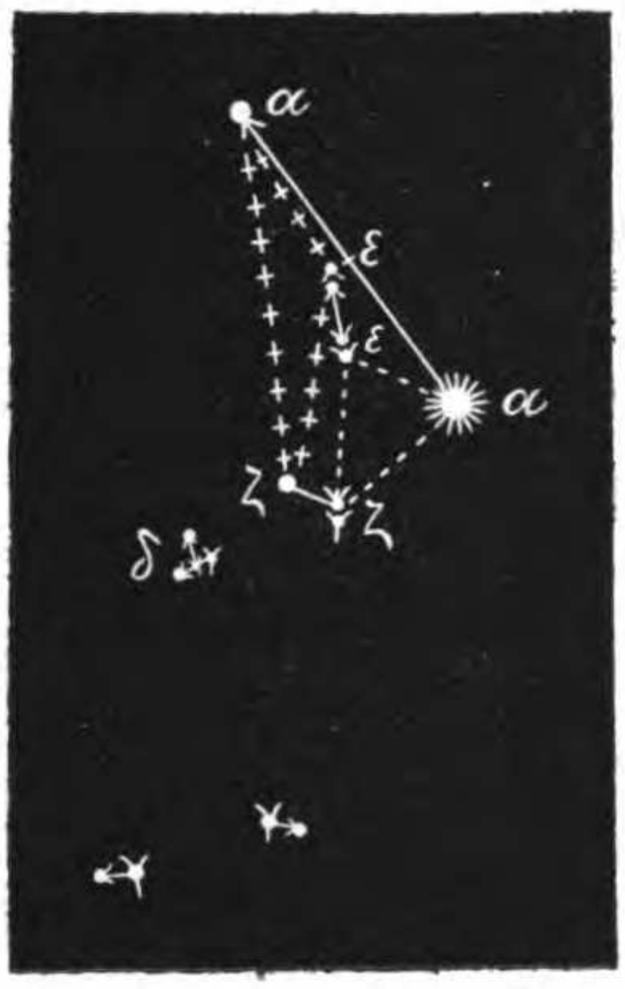
ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe lang moet het dan duren, eer de zon tot die sterren komt, die daar in den omtrek van dat kringetje staan?

DE HEER. O, dat kan millioenen jaren duren. Dat kunnen wij niet eens gissen, maar dat moet u niet verwonderen. Die afstanden van de sterren tot elkander en tot onze zon zijn zoo ontzettend groot, dat wanneer er sprake van is, zulk een afstand af te leggen, een menschenleeftijd zeer kort is. Dan moet men rekenen met honderdduizenden of millioenen jaren.

Het kan nu pas 3000 of 4000 jaar geleden zijn, dat de menschen op den sterrenhemel gelet hebben; van de meeste sterren zijn de bewegingen zelfs in dat tijdperk nog zeer gering, zoodat men gerust kan zeggen, dat de sterrenhemel er vóór drieduizend jaar evenzoo uitzag als nu; maar drieduizend jaar is slechts een klein gedeelte van honderdduizend jaar; en na zoo

een lang tijdperk, ja, dan voorzeker zal de geheele sterrenhemel er anders uitzien dan thans. Een groot aantal sterren zullen zich dan eenvoudig een heel eind bewogen hebben van het punt Q af, dus naar het punt P toe, tengevolge van de beweging van onze zon; maar een ander groot aantal dat eigene beweging heeft, zal zich naar den eenen of anderen kant begeven hebben. Van de sterren, die den Grooten Beer samenstellen, zullen er een der helderste, namelijk die welke het dichtst bij de Poolster staat, en verder een aantal minder heldere, zich van de anderen verwijderd hebben, en het sterrebeeld zal er dan geheel anders uitzien dan nu.

Fig. 349.



In fig. 349 kunt gij zien, wat er dan van het sterrebeeld *de Lier* zal geworden zijn; de witte stippen toonen aan de plaatsen der sterren, zooals zij nu zijn, de kringetjes de plaatsen waar zij over vijftigduizend jaar zullen zijn. Zie eens hoe die driehoek veranderd zal zijn, die thans door de sterren van de Lier gevormd wordt. Thans is die driehoek nagenoeg gelijkzijdig, dan zal het een stomphoekige zijn; in de figuur zijn de zijden ervan met kruisjes aangeduid, die van den tegenwoordigen driehoek met stippellijntjes.

Let gij goed op de plaats in de figuur, waar die heldere ster, Wega genaamd, *nu* staat en *dan* zal staan, dan ziet gij ook wel, dat er tusschen beiden een punt is, dat juist in de richting der sterren ζ en ε ligt. Hier zal Wega omtrent na 30000 jaar zijn. Dan is dus die geheele driehoek in eene rechte lijn veranderd.

Gaan wij eens na, wat er van het sterrebeeld de Lier over honderdduizend jaar geworden is, dan zien wij, dat die helderste ster, Wega, geheel in het tegenwoordige sterrebeeld de Zwaan verdwaald geraakt zal zijn.

§ 187.

DE STERREBEELDEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u hebt nu weder van die sterrebeelden eene teekening gegeven, en u zegt dat sterrebeeld heet Hercules, dat sterrebeeld heet de Lier, een ander heet de Slangendrager; vroeger hebt u mij van de sterrebeelden om de Noord- en Zuidpool en van de sterrebeelden om den Dierenriem ook kaartjes gegeven; die sterrebeelden hadden ook namen; maar waarom heeten die sterrebeelden nu zoo? Niemand kan daar toch een mensch of een ander beeld uit zien.

DE HEER. Neen, daar hebt gij wel gelijk aan; en de sterrebeelden hebben ook niet hunne namen gekregen omdat de groepen van sterren op personen of voorwerpen geleken. Vroeger hebben een aantal geleerden in Europa ernaar gezocht, wanneer en hoe toch de sterrebeelden ontstaan waren, maar zij hebben het maar niet goed kunnen ontdekken.

De heer Schlegel, die te Batavia tolk voor de chineesche taal geweest is, heeft onlangs in een uitgebreid werk aangetoond dat de Chineezen de eersten geweest zijn, die lang vóór de Europeanen aan sterren en sterregroepen namen gegeven hebben. Zij hadden een zeer groot aantal sterrebeelden; soms hadden zij eene enkele ster een naam gegeven, soms twee sterren die dicht bij elkaar staan, soms meerdere. Het waren namen van personen, mannen, vrouwen of kinderen, namen van voorwerpen, ja van de zon en de maan. Verscheidene dier sterrebeelden zijn, al is het dan eenigszins veranderd of verschoven, door andere volken overgenomen.

In Babylon hielden zich van 700 tot 400 jaren vóór Christus, of 1300 tot 1000 jaren vóór de Hedsjra, de Chaldeeuwen, d. i. priesters, met de sterrekunde bezig. Dit geschiedde wel ten deele, om den loop der sterren aandachtig na te gaan, maar ook voornamelijk omdat men in die tijden algemeen geloofde, dat men uit de sterren de toekomst voorspellen kon. Bij die

priesters waren al een aantal sterrebeelden in gebruik, die later door de Grieken vóór Ptolemaeus en door Ptolemaeus zelven ook overgenomen zijn. Ptolemaeus nu leefde omtrent 120 jaar na Christus te Alexandrië. Hij heeft een groot werk nagelaten over sterrekunde en ook afbeeldingen van de sterrebeelden. Na Ptolemaeus zijn er geene sterrekundigen van naam meer in Griekenland of Egypte geweest, maar later zijn er verscheidene arabische sterrekundigen geweest, die wel de sterrebeelden van Ptolemaeus overnamen, maar er toch een aantal nieuwe bijvoegden, of althans aan gedeelten van sterrebeelden afzonderlijke namen gaven. Op deze twee platen (Plaat VI en VII) ziet gij de voornaamste sterren die voor het bloote oog zichtbaar zijn. Plaat VI stelt voor de noordelijke helft van den hemel, Plaat VII de zuidelijke helft. Daar ziet gij nu de volgende sterrebeelden, die tegenwoordig aangenomen zijn.

Sterrebeelden, behoorende tot het Noorderhalfrond.

De Kleine Beer,
de Giraffe,
de Draak,
Cassiopeia,
Cepheus,
Perseus,
de Wagenman,
de Lynx,
de Groote Beer,
de Jachthonden,
Boötes of de Berenhoeder,
de Noorder Kroon,
Hercules,
de Lier,
de Zwaan,

de Hagedis,
Andromeda,
de Visschen,
de Driehoek,
de Ram,
de Stier,
de Tweelingen,
de Kleine Hond,
de Kreeft,
de Leeuw,
de Kleine Leeuw,
het Hoofdhaar van Berenice,
de Vos,
de Pijl,
de Dolfijn,
het Kleine Paard,
het Groote Paard of Pegasus.

Sterrebeelden, waar de evennachtslijn van den hemel middendoor loopt, die dus gedeeltelijk tot het Noorder-, gedeeltelijk tot het Zuider-halfrond behooren.

De Walvisch,
Orion,
de Eenhoorn,
de Waterslang,
het Sextant,
de Maagd,
de Slang,
de Slangendrager,
de Arend.

Sterrebeelden, behoorende tot het Zuiderhalfrond.

De Vloed (Rivier) Eridanus,
de Haas,
de Duif,
de Groote Hond,
het Schip Argo,
de Beker,
de Raaf,
de Weegschaal,
de Schorpioen,
de Schutter,
het Schild van Koning Sobieski,
de Steenbok,
de Waterman,
de Zuidelijke Visch,
de Kraanvogel,
de Phenix,
de Pendule,
het Dradennet, (d. i. het net van spinragdraden, dat de sterrekundigen in hunne kijkers spannen.)
De Schilders-ezel,
de Paradijsvogel,
de Vliegende Visch,
de Kameleon,
de Vlieg,
het Zuider Kruis,
de Centaurus,
de Wolf,
het Paslood,
het Altaar,
de Zuidelijke Kroon,
de Teleskoop,
de Indiaan,

de Toecan,
de Groote Wolk,
de Kleine Waterslang,
de Kleine Wolk,
de Passer,
de Driehoek,
de Pauw,
het Octant.

Nu zijn er onder deze sterrebeelden 12, die gij reeds kent, nl. de Ram, de Stier, de Tweelingen, de Kreeft, de Leeuw, de Maagd, de Weegschaal, de Schorpioen, de Schutter, de Steenbok, de Waterman en de Visschen, die den Dierenriem uitmaken. Midden door deze sterrebeelden loopt de ekliptica of zonsweg. De anderen zijn gedeeltelijk benoorden, gedeeltelijk bezuiden den Dierenriem.

---

§ 188.

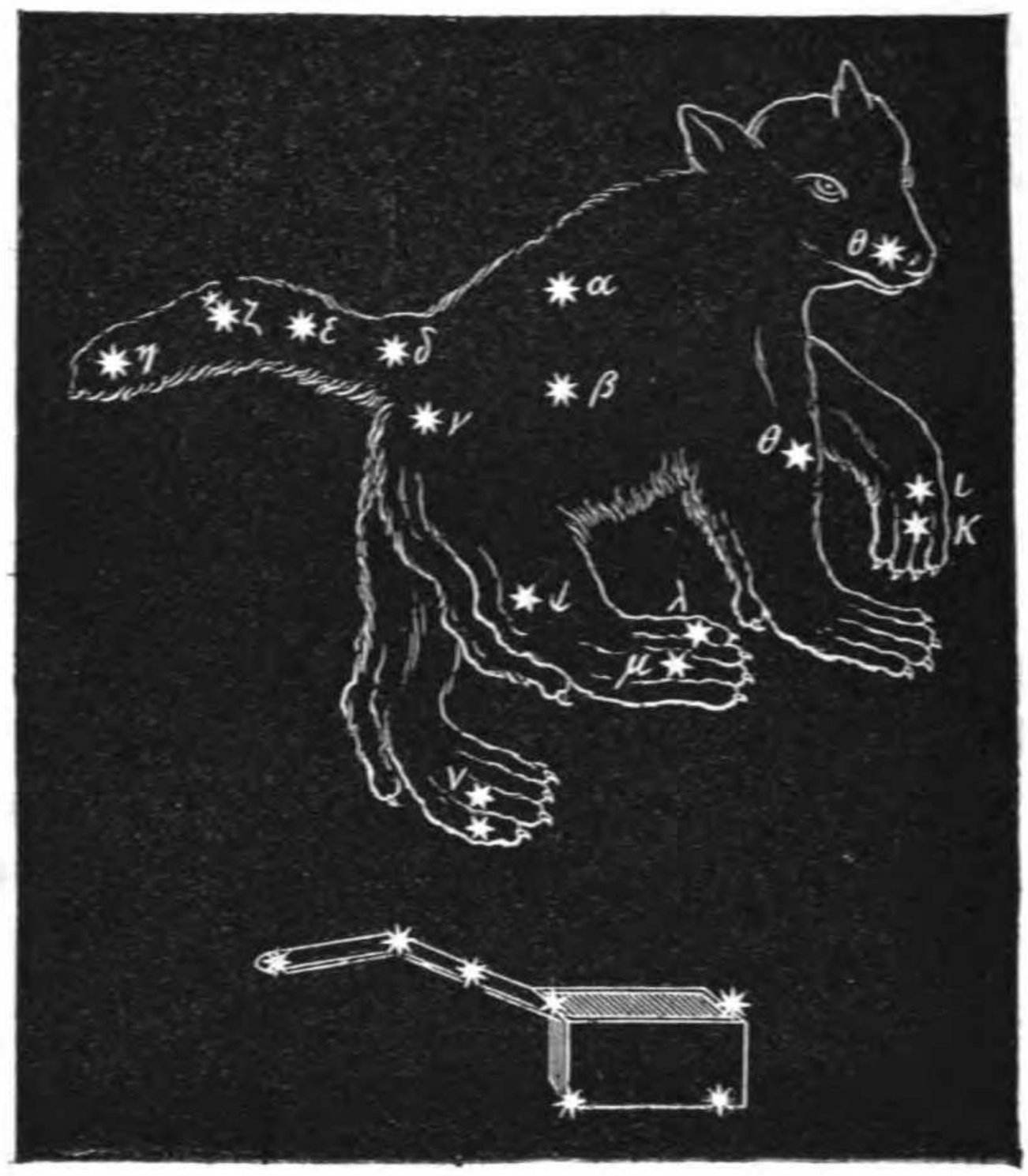
VOORBEELD HOE DEZELFDE STERREN BIJ CHINEEZEN, ARABIEREN EN GRIEKEN ANDERE NAMEN DROEGEN.

Enkele beelden der Chineezen zijn maar tot de Chaldeeuwen overgekomen of door hen aangenomen, meestal verschillen de chineesche sterrebeelden geheel en al van de grieksche en van de arabische.

Ik zal u een voorbeeld laten zien. In fig. 350 ziet gij den Grooten Beer afgebeeld. Bij de meeste sterren in deze figuur ziet gij, evenals op de kaartjes, die ik u vroeger van andere sterrebeelden liet zien, letters staan, die gij wel niet zult

kennen. Dit zijn grieksche letters. Die letters zijn in gebruik

Fig. 350.



om de sterren aan te duiden; zie hier hare namen en hare beteekenis in europeesch schrift:

Grieksche letter.	Naam.	Uitspraak.
α	alpha	a
β	bèta	b
γ	gamma	g
δ	delta	d
ε	epsilon	e
ζ	zèta	z
η	èta	è
θ	thèta	th
ι	iota	i
$\varkappa$	kappa	k
λ	lambda	l

Grieksche letter.	Naam.	Uitspraak.
μ	mu	m
ν	nu	n
ξ	ksi	x
o	omikron	o
π	pi	p
ρ	ro	r
σ	sigma	s
τ	tau	t
υ	upsilon	u
Φ	phi	ph, f
χ	chi	ch
ψ	psi	ps
ω	omega	oo

Dit sterrebeeld de Groote Beer wordt ook wel *de Wagen* genoemd, dan gelden de sterren η, ζ en ε voor den boom, en δ, γ, β, α voor den bak; er wordt dus eerder eene kar mede bedoeld.

Nu noemden de Chineezen dit sterrebeeld *de noordelijke korenmaat*, zijnde evenzoo de bedoeling, dat de sterren η, ζ en ε het *handvat*, en δ, γ, β, α de *maat* zelve voorstelden. (Zie de teekening bij de vorige figuur).

Elke dezer sterren had bij de Chineezen weer haar bijzonderen naam. Zoo heette de ster α, die het dichtst bij de pool was, de *as van den hemel*; β, γ en δ droegen de namen van werktuigen, die de sterrekundigen gebruikten; ε, dien van den *steenen sterrekijker* [1]); ζ, dien van den *openaar der warmte*; η, de *glinsterende.*

De ster ψ heette de *Grooten*, waarmede bedoeld werd de voornaamste bloedverwanten van den Keizer.

---

[1]) Reeds in overoude tijden gebruikten de Chineezen, om de sterren beter te kunnen zien, eene steenen buis, van jaspis gemaakt. De ster ε uit den Grooten Beer kreeg den naam van dit instrument.

De sterren $\iota\,\varkappa$, $\lambda\,\mu$ en $\nu\,\xi$ maken drie paren uit, die bij de Chineezen de drie Groote Heeren genoemd worden, en wel:

$\iota\,\varkappa$, de eerste Groote Heer,
$\lambda\,\mu$, „ tweede „ „ ,
$\nu\,\xi$, „ onderste „ „ .

Bij de Arabieren heette, evenals bij de Grieken, het geheele sterrebeeld *de Groote Beer* Al-dob al-akbar, الدب الاكبر. De zeven sterren α, β, γ, δ, ε, ζ, η, die bij de Chineezen de *noordelijke korenmaat* hectten, werden bij de Arabieren genoemd *Banât na'sj al-kobra*, بنات نعش الكبري, d. i. de groote *Banât na'sj*. Bij den Kleinen Beer heetten de zeven sterren, die eene dergelijke figuur vormen als deze, de kleine *Banât na'sj*.

Nu heetten de vier sterren α, β, γ, δ, die den vierhoek uitmaken, bij de Arabieren *na'sj*, نعش, d. i. de *berin*, de drie ε, ζ, η, die den staart uitmaken, *Banât*, بنات, *dochters*. Maar nu heetten verder:

α, Thahr al-dob al-akbar, ظهر الدب الاكبر, de rug van den Grooten Beer, of Dubbe, de Beer;
β, Merak al-dob al-akbar, مراق الدب الاكبر, de lende van den Grooten Beer;
γ, Fahads al-dob al-akbar, فخذ الدب الاكبر, de schenkel van den Grooten Beer;
δ, Megrez al-dob al-akbar, مغرز الدب الاكبر, de stuit van den Grooten Beer;
ε, Aljat, اليغ;
ζ, de *geit*, *al-anâk*, العناق;
η, de *gouverneur*, *al-kâid*, القايد.

Bij de ster ζ staat een klein sterretje; dit wordt door de Europeanen *het ruitertje* genoemd; het heette bij de Arabieren al-sohâ, السها, *de vergetene*, en later nog Alcor, waarvan de beteekenis onzeker is. Dit sterretje is ten allen tijde be-

kend geweest, want men gebruikte het om te zien, of iemand goede oogen had; kon iemand het namelijk goed onderscheiden, dan hield men het ervoor, dat hij scherpe oogen had; maar een wezenlijk goed oog ziet, als het goed donker is, en dus de maan niet schijnt, eene menigte sterren, die niet zoo helder zijn als dit *ruitertje*.

De sterren ι, $\varkappa$, λ., μ, ν, ξ verder, die bij de Chineezen de drie Groote Heeren genoemd werden, heetten bij de Arabieren de *sprongen der gazellen*, *kafzât al-tsibâ*, قفزات الظبا.

De Grieken, bijv. Ptolemaeus, gebruikten die benamingen van die gedeelten der sterrebeelden niet, maar zij maakten op hunne sterrekaarten eene teekening, die het sterrebeeld moest voorstellen; zoo heetten nu de sterren van den Grooten Beer, die wij beschouwd hebben, bij Ptolemaeus:

Letter op het kaartje.	Naam bij Ptolemaeus.
α	De ster van den vierhoek in den rug,
β	„ „ „ „ „ „ de dij,
δ	„ „ in het begin van den staart,
γ	„ overblijvende in de linker-achter-dij,
ε	„ eerste der drie na het begin van den staart,
ζ	„ middelste van deze sterren,
η	„ laatste, aan het eind van den staart,
ι	„ noordelijkste } aan het uiteinde van
$\varkappa$	„ zuidelijkste } den linker-voorvoet,
λ	„ voorgaande } aan het uiteinde van den
μ	„ volgende } rechter-voorvoet,
ν	„ noordelijkste } aan het uiteinde van
ξ	„ zuidelijkste } den linker-achtervoet.

Tegenwoordig hebben de Europeanen bijna al deze benamingen afgeschaft; alleen die van de groote sterrebeelden en enkele, meest arabische namen van sterren, zijn gemakshalve behouden gebleven; en nu ongeveer 200 jaar geleden heeft een duitsch sterrekundige, met name Bayer, het denkbeeld gehad,

om de sterren zelve met letters aan te duiden. Hij gebruikte daarvoor de grieksche letters α, β, γ, δ, enz., die ook in het kaartje geteekend zijn; daarbij ging hij aldus te werk. De sterren, voor zoover die voor het bloote oog zichtbaar zijn, worden naar hunne helderheid onderscheiden in sterren van de eerste, tweede, derde, vierde, vijfde en zesde grootte. Nu teekende Bayer een sterrebeeld, zooals het in de sterrekundige atlassen van dien tijd voorkwam, en nu noemde hij de sterren van de eerste grootte α, β, γ, enz.; hij begon hiermede, als het een mensch of dier was, bij het hoofd. Daarna vervolgde hij het grieksche alfabet met de sterren van de tweede grootte; waren die alle benoemd, dan nam hij die van de derde grootte, enz.

Zoo is het nu met den Grooten Beer ook geweest. Sterren van de eerste grootte bevat dit sterrebeeld niet. In Bayer's tijd bestond er eene sterrekaart, waarop het sterrebeeld de Groote Beer geteekend was met zeven sterren van de tweede grootte; die noemde hij nu α, β, γ, δ, ε, ζ, η. Dan kwamen er een aantal sterren van de derde grootte, die noemde hij nu verder θ, ι, $\varkappa$, λ, μ, ν, ξ, o, π, ρ, σ, enz.

Als Bayer nu zelf naar den hemel gekeken had, in plaats van naar eene sterrekaart, dan had hij gezien, dat de ster δ lang niet zoo helder was als α, β, γ, ε, ζ en η; daarom wordt zij ook nu niet tot de tweede, maar tot de derde grootte gerekend te behooren. Zoo is het meer gebeurd, dat Bayer zwakkere sterren eene vroegere letter van het alfabet gaf dan heldere sterren.

Die letters, zooals Bayer ze ingevoerd heeft, worden nu nog altijd gebruikt, om die sterren aan te duiden. Men zegt dus tegenwoordig de ster α (alpha) uit den Grooten Beer, de ster β (bèta) uit den Grooten Beer, enz.

§ 189.

ENKELE NOG IN GEBRUIK ZIJNDE NAMEN VAN VASTE STERREN.

Slechts enkele sterren zijn nog bij hare arabische, grieksche of latijnsche namen bekend, en omdat het wel eens voorkomt, dat die sterren zoo benoemd worden, zal ik u van de meest gebruikelijke een lijstje geven. Een paar sterren zijn er bijgevoegd, die namen dragen, welke er later aan gegeven zijn.

Sterrebeeld.	Letter.	Naam.
De Kleine Beer.	α	De Poolster.
Perseus.	β	Algol.
Wagenman.	α	Capella (het Geitje).
De Groote Beer.	α	Dubbe.
„	β	Mirak.
„	γ	Fahad.
„	δ	Megrez.
„	ε	Aljat.
„	ζ	Mizar.
„ Sterretje bij	ζ	Alcor.
„	η	Banatnasj.
Jachthonden. De helderste.		Het hart van Karel den Groote.
Boötes.	α	Arcturus.
Noorderkroon.	α	Gemma, d. i. de Edelsteen.
Hercules.	α	Ras algethi.
Lier.	α	Wega.
Zwaan.	α	Deneb.
Ram.	α	Hamel.
Stier.	α	Aldebaran.
„	η	Alcyone.
Het Zevengesternte of de	η	„
Pleiaden (zie fig. 342).	k	Asterope nº. 1.
„	l	„ nº. 2.

Sterrebeeld.	Letter.	Naam.
Het Zevengesternte of de Pleiaden (zie fig. 342).	*f*	Atlas.
	g	Celeno.
„	*b*	Electra.
„	*c*	Maja.
„	*d*	Merope.
„	*h*	Pleione.
„	*e*	Taygeta.
De Tweelingen.	*α*	Castor.
„	*β*	Pollux.
De Kleine Hond.	*α*	Procyon.
De Kreeft.	*γ*	Noorder-ezeltje.
„	*δ*	Zuider-ezeltje.
„	De nevelachtige sterrehoop ongeveer tusschen *γ* en *δ*.	De Krib.
De Leeuw.	*α*	Regulus.
„	*β*	Denebola.
Het Groote Paard of Pegasus.	*α*	Markab.
„ „ „	*β*	Scheat.
„ „ „	*γ*	Algenib.
De Walvisch.	*α*	Menkar.
„	*β*	Deneb kaitos.
„	*o*	Mira.
Orion.	*α*	Betelgeuze.
„	*β*	Rigel.
„	*γ*	Bellatrix.
De (Groote) Waterslang.	*α*	Alfard.
De Maagd.	*α*	Spica.
„	*ε*	Vindemiatrix.
De Slangendrager (Ophiuchus).	*α*	Ras-alhague.
De Arend.	*α*	Altaïr.
De Vloed Eridanus.	*α*	Achernar.
De Groote Hond.	*α*	Sirius.
De Schorpioen.	*α*	Antares.
De Zuidelijke Visch.	*α*	Fomalhout.

De ster Alcyone komt hierin tweemaal voor, omdat het Zevengesternte een gedeelte van den Stier is.

---

§ 190.

WAT IN DE GRIEKSCHE FABELLEER OMTRENT SOMMIGE PERSONEN VERTELD WORDT, NAAR WIE STERREBEELDEN GENOEMD ZIJN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, die Cassiopeia, Cepheus, Perseus, Hercules, Andromeda, Berenice, Orion, wat waren dat nu voor menschen?

DE HEER. Wel dat waren personen, die in de vroegere geschiedenis beroemd geworden zijn, of waaromtrent fabelachtige verhalen in omloop waren.

Cepheus was koning van Ethiopië, in Afrika, zijne echtgenoote *Cassiopeia* was buitengemeen schoon. In de fabelleer der Grieken werd verhaald, dat Cassiopeia zich verbeeldde nog schooner te zijn dan de Nereïden, d. i. de Zeenymphen. Neptunus, de god der zee, was daarover zeer verstoord, teisterde het gebied van Cepheus met eene overstrooming, en zond een zeemonster af, dat het geheele land met verdelging dreigde. De koning zond een bode naar den tempel van Jupiter, Zeus Ammon geheeten, en liet dien god vragen, wat hij doen moest om de woede van het monster te bevredigen. Het antwoord was: hij moest zijne dochter *Andromeda* aan het monster ten buit geven. Het volk drong er op aan, dat hieraan gevolg gegeven werd, en nu werd de schoone Andromeda naakt aan eene rots geketend om door het monster verslonden te worden.

Juist kwam Perseus in het land, een der eerste helden van Griekenland. De koning beloofde hem de hand van Andromeda, indien hij het zeemonster verdelgde, dat haar bedreigde. Perseus had vroeger een ander monster verslagen, dat Medusa heette; het was eene vrouw die op haar hoofd slangen in plaats van haren had, en wier aanblik ieder, die haar aanzag, in

steen deed veranderen. Hij had, zonder haar aan te zien, haar hoofd afgehouwen, en dat hoofd later op zijn schild bevestigd, zoodat ieder, dien hij het schild liet aanzien, onmiddellijk in steen veranderde. Toen het hoofd van Medusa afgehouwen was, kwam uit haar romp een gevleugeld paard te voorschijn, dat dadelijk naar den Olympus opsteeg, waar de goden woonden, en dat toen in het Paleis van Jupiter dienst deed. Met het schild in de hand, waarop de Medusakop was, bestreed Perseus het zeemonster; het veranderde in steen en Perseus verloste Andromeda, die hij nu tot echtgenoote kreeg.

Die vier personen, *Cepheus*, *Cassiopeia*, *Perseus* en *Andromeda* zijn, evenals het gevleugelde paard *Pegasus*, door de Grieken aan den hemel gebracht, door er groepen van sterren naar te benoemen.

Dergelijke dichterlijke verhalen waren ook in omloop betreffende verscheidene der andere sterrebeelden. Maar ik kan u die nu niet alle mededeelen, dat zou ons te lang ophouden en zij zijn natuurlijk voor de kennis van den hemel niet belangrijk.

De verhalen, die omtrent een aantal andere sterrebeelden in omloop waren, zijn niet meer bekend, en verschillende geleerden hebben dus aangaande de beteekenis der sterrebeelden allerlei gissingen geopperd; maar daarmede zullen wij ons nu niet bezig houden; die verhalen behooren meer bij de fabelleer dan bij de sterrekunde te huis.

---

§ 191.

GEBRUIK DER HALFRONDEN OM DE STERREBEELDEN TE LEEREN KENNEN.

DE HEER. Wel Abdullah, hebt gij nog wel eens nagegaan, wat ik u de vorige keer heb medegedeeld?

ABDULLAH. Ja mijnheer, ik heb met die sterrekaarten, die

u mij gegeven hebt, getracht de sterrebeelden aan den hemel te vinden, maar dat is mij niet goed gelukt. Als ik eene groep sterren op de kaart zag, vond ik haar niet aan den hemel, en als ik eene groep sterren aan den hemel zag, vond ik haar niet op de kaart.

DE HEER. Ik begrijp wel, hoe dat komt. Wilt gij die kaarten gebruiken, dan moet gij goed nagaan, welk gedeelte van den hemel gij zien kunt. De eene helft van den hemel is boven den horizon, de andere helft is eronder. Als gij nu op een zekeren avond van het jaar uwe kaart met den hemel wilt vergelijken, dan moet gij aldus redeneeren.

Van de beide halfronden die ik u vroeger gegeven heb, stelt het eene, Plaat I, het Noorderhalfrond, het andere, Plaat II, het Zuiderhalfrond voor. In het middelpunt van het eene is de Noordpool van den hemel, in het middelpunt van het andere de Zuidpool van den hemel.

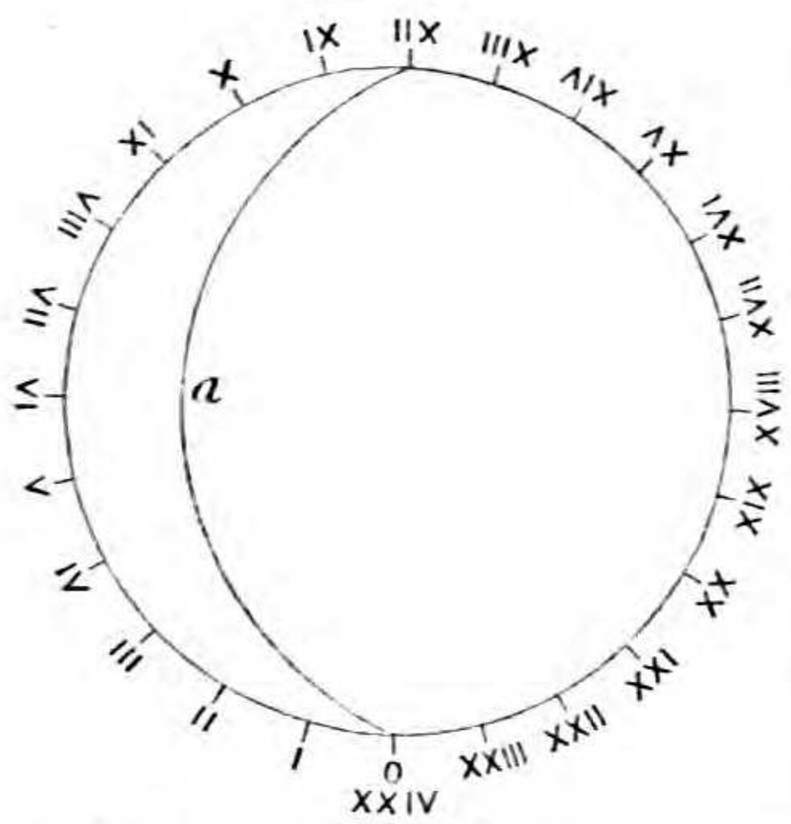
Van beide halfronden stelt de rand de evennachtslijn van den hemel voor. Die is op beide platen in 24 deelen verdeeld, die met de romeinsche cijfers I, II, enz. zijn aangeduid. Dit zijn uren rechte opklimming, zijnde elk uur = 15 graden. Op beide platen loopt een halve cirkel dwars over het halfrond heen, dat is de zonsweg of ekliptika.

Gij ziet wel, dat die zonsweg de evennachtslijn van den hemel snijdt in de punten, die met 0 of XXIV en XII overeenstemmen. Deze twee punten noemt men de *nachtevenings-punten*, en wel, het snijpunt 0 of XXIV, dat 0 uren rechte opklimming heeft, heet het *voorjaars-* of *lente- nachtevenings-punt*, omdat de zon dat punt op den 20 Maart doorgaat, als voor de noordelijke landen, zooals Europa, het *voorjaar* of de *lente* begint; het snijpunt XII, dat 12 uur of 180 graden rechte opklimming heeft, heet het *najaars-* of *herfst- nachtevenings-punt*, omdat de zon dat punt op den 23 September doorgaat, als voor dezelfde landen het *najaar* of de *herfst* begint.

Die verdeeling van de evennachtslijn in 24 uren komt hier-

vandaan: In één sterredag schijnt de geheele hemel ééns om te draaien; nu verdeelt men één sterredag in 24 *sterre-uren*; in die 24 sterre-uren gaan al de punten van de evennachtslijn van den hemel door een meridiaan van den hemel; de evennachtslijn telt 360 graden, dus in één sterre-uur gaan $\frac{360}{24} = 15$ graden door dien meridiaan. Elk uur, dat door een romeinsch cijfer is aangeduid, staat dus ook 15 graden verder dan het voorgaande.

Fig. 351.

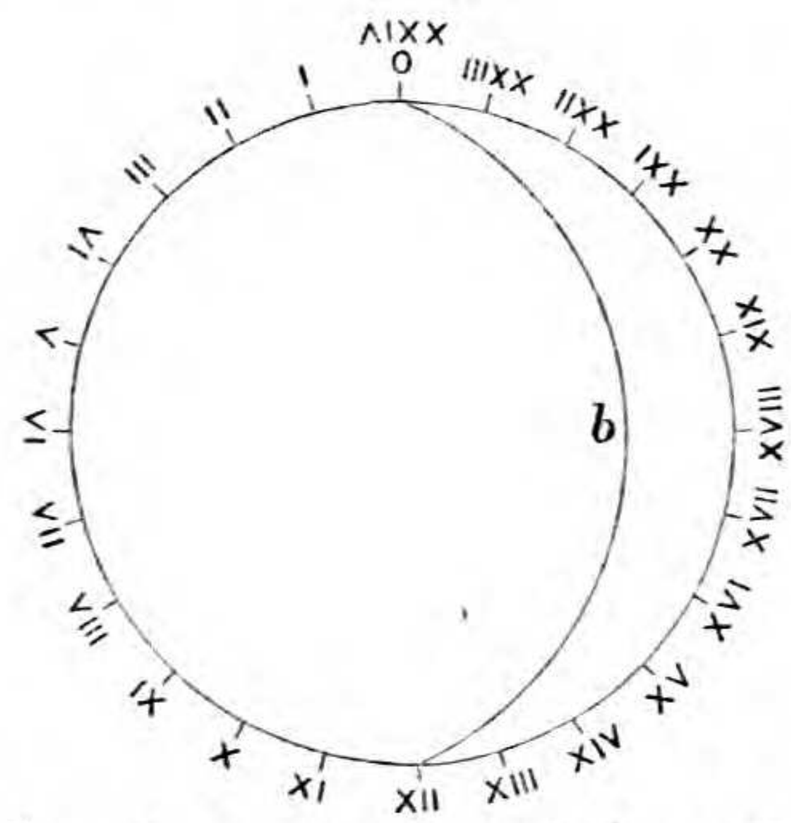


Nu is de zon

den 20 Maart in het punt 0°, het voorjaars-nachteveningspunt,

den 21 Juni in het noordelijkste punt van hare baan, dus in het punt a, in het noorderhalfrond, fig. 351, dat tusschen de noordpool en het punt VI ligt,

Fig. 352.



den 23 September in het punt 180° of XII, het najaars-nachteveningspunt,

den 22 December in het zuidelijkste punt van hare baan, dus in het punt b, in het zuiderhalfrond, fig. 352, dat tusschen de zuidpool en het punt XVIII ligt.

Als gij nu de berekening niet al te nauwkeurig opneemt, en dus in plaats van den 20^{en}, 21^{en}, 22^{en} en 23^{en} maar door elkander voor den dag der maand den 21^{en} neemt, dan hebt gij dat de zon

den	21	Maart	staat bij	0^{u}	,
„	21	Juni	„ tegenover	VI	,
„	21	September	„ bij	XII	,
„	21	December	„ tegenover	XVIII,	

dat is dus telkens in drie maanden 6 uur verder, dus gemiddeld in ééne maand 2 uur verder.

Dit is nu natuurlijk niet geheel precies; bovendien loopt de zon den zonsweg niet regelmatig door, maar, om die onregelmatigheid op te heffen, daarvoor is juist de middelbare tijd ingevoerd, waarover ik u vroeger gesproken heb (2e deeltje § 76).

Werkelijk is nu de middelbare zon, waarvan ik u toen verteld heb, en die men zich verbeeldt dat langs de evennachtslijn van den hemel loopt,

den	21 Maart	in	0 ,
„	21 Juni	„	VI ,
„	21 September	„	XII ,
„	21 December	„	XVIII;

dus, zooals ik zeide, in elke drie maanden zes uur verder, d. i. in elke maand twee uur.

Nu is die middelbare zon juist in den meridiaan, als het 's middags 12 uur slaat, dus nu kunt gij zeer licht nagaan, welk gedeelte van de evennachtslijn op elk uur van den dag of nacht in den meridiaan is. Hier in Indië loopt de evennachtslijn van den hemel van het Oosten nagenoeg over ons hoofd heen naar het Westen. Java heeft zuiderbreedte, dus de evennachtslijn van den hemel loopt een weinig benoorden het zenith der bewoners van Java voorbij. Menado heeft noorderbreedte, dus loopt aldaar de evennachtslijn van den hemel een weinig bezuiden het zenith voorbij.

In alle geval is dus het punt van de evennachtslijn van den hemel, dat juist in den meridiaan is, niet ver van ons toppunt of zenith af.

Laat ons nu eens een voorbeeld nemen. Het is heden, veronderstel ik, den 29 October; nu wil ik van avond te 8 uur de sterrekaarten met den hemel vergelijken, nu bereken ik eerst, welk punt van de evennachtslijn van den hemel dan in den meridiaan, d. i. boven mijn hoofd is, dan weet ik ook welke helft van die evennachtslijn boven den horizon er dus

zichtbaar is. Want van den meridiaan tot het Oosten is 90° of 6 uur; en van den meridiaan tot het Westen is ook 90° of 6 uur.

Ik redeneer nu aldus:

Den 21 September is des middags 12 uur, XII, in den meridiaan.

Elke maand vordert de zon twee uur, dus den 21 October XIV uur.

In 8 dagen: 8 × 4 d. i. 32 minuten.

Dus den 29 October is des middags in den meridiaan het punt van de evennachtslijn des hemels, dat op de halfronden overeenkomt met XIV uur 32 minuten.

Maar wij willen den hemel bezien des avonds te 8 uur, hier dus zooveel bijgeteld, verkrijgen wij: XXII uur 32 minuten.

Hier 6 uur af en bij, verkrijgen wij dat van de evennachtslijn aan den hemel zichtbaar is van XVI uur 32 minuten tot XXVIII uur, d. i. IV uur 32 minuten of in een rond getal van XVI$\frac{1}{2}$ uur tot IV$\frac{1}{2}$ uur.

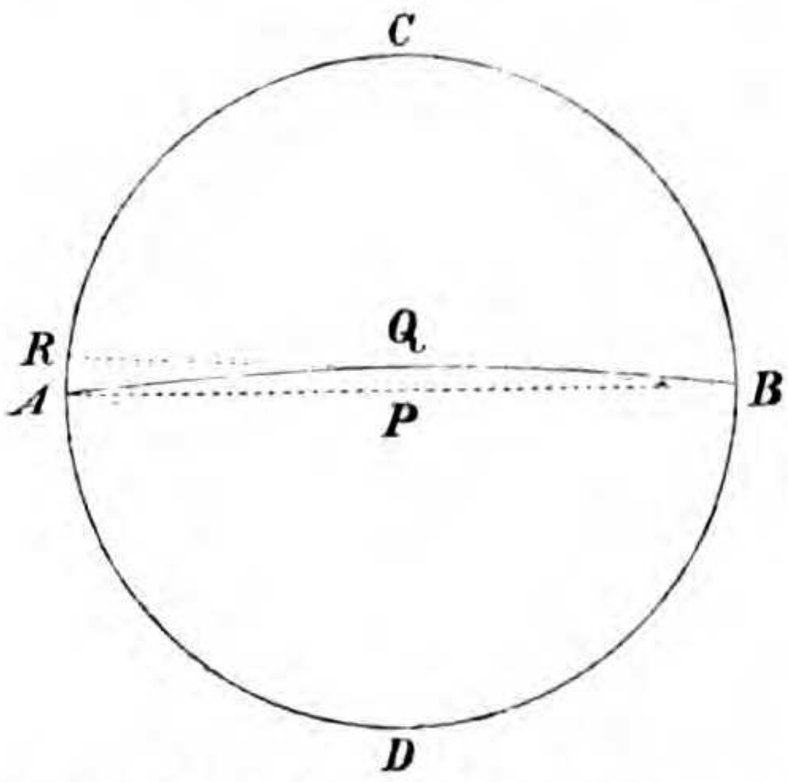
Wanneer gij nu in beide halfronden van XVI$\frac{1}{2}$ over de pool heen naar IV$\frac{1}{2}$ eene middellijn trekt, dan verdeelt gij elk dier halfronden in twee helften; en het zal vrij nabij uitkomen, dat de ééne helft (nl. die aan rand XVII, XVIII, XIX, enz. tot IV heeft) zichtbaar, en de andere helft onzichtbaar is.

Maar geheel juist is dit niet, want heeft de plaats, waar gij u bevindt, evenals Batavia 6° zuiderbreedte, dan blijft de noordpool ook altijd 6° onder den horizon, en de zuidpool 6° boven den horizon; terwijl die beide polen juist in den horizon zouden zijn, als die middellijnen, waarvan ik u gesproken heb, de grens tusschen het zichtbare en onzichtbare gedeelte van den hemel, dus den horizon aanduidden.

Hierop kan men eenvoudig aldus letten, zie fig. 353. In plaats van de middellijn $A\,P\,B$ moet men als grens aannemen $A\,Q\,B$, die wel door de punten A en B gaat, maar zooveel graden voorbij de pool P loopt, als de poolshoogte bedraagt.

Nu zijn er in elk dier beide halfronden vijf cirkels getrokken, die de polen zelve tot middelpunt hebben; daardoor is de geheele ruimte van de pool tot de evennachtslijn in zes gelijke deelen verdeeld. Van de evennachtslijn af gerekend, geeft de eerste dier cirkels 15°, de tweede 30°, de derde 45°, de vierde 60°, de vijfde 75° declinatie.

Fig. 353.



Als gij goed oplet, zult gij zien, dat de afstanden van die cirkels toch niet gelijk zijn, de afstand van den rand tot den eersten cirkel is veel grooter dan de andere afstanden, de afstand van twee op elkander volgende cirkels vermindert naarmate men het middelpunt nadert.

Maar dit zal u niet bevreemden, indien gij u maar herinnert wat ik u vroeger (II^{e} deeltje § 79) omtrent wereldkaarten gezegd heb, namelijk dat er twee soorten van bestaan. De halfronden die ik u nu gegeven heb, zijn van de eerste soort, die ik u toen beschreven heb, dat wil zeggen, zij stellen den noordelijken hemel voor, zooals hij zich zou voordoen, als men zich met zijn oog in de zuidpool bevond, en den zuidelijken hemel, zooals die zich zou voordoen, als men zich met zijn oog in de noordpool bevond. En bij die soort van wereldkaarten of halfronden zijn de graden in het midden en aan den omtrek ongelijk van grootte, maar de vorm der sterrebeelden wordt overal vrij nauwkeurig voorgesteld.

Maar laat ons nu weder tot onzen horizon terugkeeren. De afstand van elk der polen tot den naasten cirkel is dus 15 graden. Nu moet ik $P\ Q$ gelijk maken aan de poolshoogte der plaats waar ik woon. Stel dat ik op 6° zuiderbreedte woon; dan moet ik eigenlijk om het punt Q te vinden aldus handelen. Ik neem op den omtrek $A\ R = 6°$, (fig. 353) en nu trek ik $B\ R$, dan snijdt deze lijn den straal $P\ C$ in het punt Q.

Als gij u nu nog herinnert wat ik u toen over die halfronden

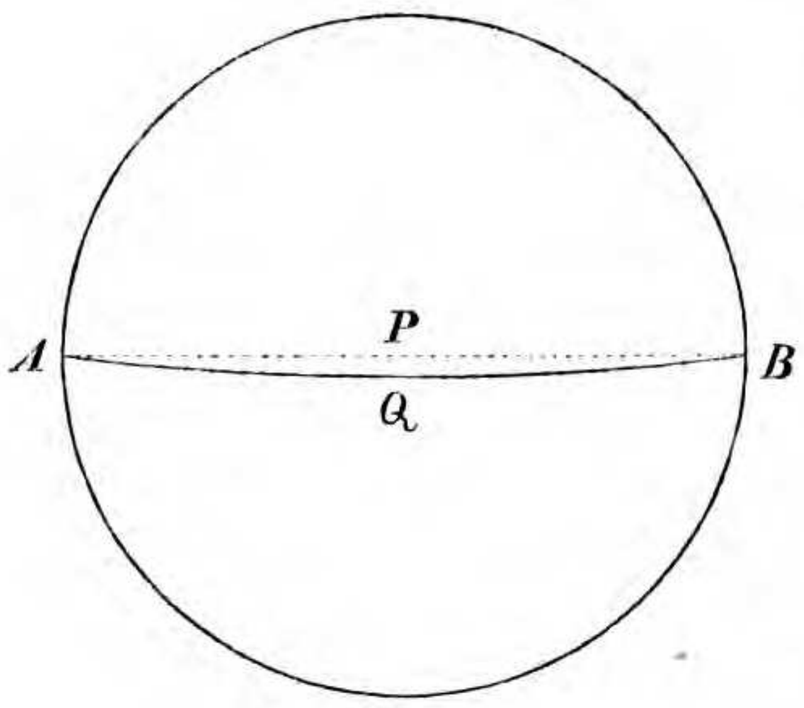
der eerste soort heb gezegd, dan zult gij dit zelf wel begrijpen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als nu de afstand van de pool tot den eersten cirkel 15 graden is, en $P\ Q$ is 6 graden, dan kan ik toch zeker Q ook wel vinden door den straal van dien cirkel in vijf deelen te deelen, en twee van die deelen te nemen?

DE HEER. Ja, geheel nauwkeurig is dit niet, maar veel wijkt het natuurlijk niet van de waarheid af. Als wij nu den cirkelboog $A\ Q\ B$ getrokken hebben, dan hebben wij juist de grens van hetgeen zichtbaar en hetgeen niet zichtbaar is, dus met andere woorden: den horizon van onze plaats.

Als wij nu op beide de halfronden zulk een cirkelboog trekken, maar op het noordelijk halfrond (fig. 353) zoo, dat de pool buiten dien cirkelboog valt, op het zuiderhalfrond daarentegen, zoo (fig. 354) dat de zuidpool erbinnen valt, dan worden door beide halfronden precies die gedeelten van den hemel aangegeven, die op den 29 October, des avonds te 8 uur, boven mijn horizon zichtbaar zijn. Nu is het wel lastig dat men van de randen van het eene halfrond tot die van het andere moet overgaan, maar die randen stellen de evennachtslijn van den hemel voor, en ik heb u vroeger al eens eene kaart gegeven, (derde deeltje, plaat I), waarop de sterrebeelden aan weerszijden van de evennachtslijn zijn afgebeeld.

Fig. 354.



§ 192.

HOE MEN EENS VOOR AL EENE INRICHTING MAKEN KAN, OM OP EENE STERREKAART ALTIJD DADELIJK TE ZIEN, WELK GEDEELTE VAN DEN HEMEL BOVEN DEN HORIZON IS.

DE HEER. Wel Abdullah, hebt gij nog goed onthouden, wat ik u de vorige keer heb verteld?

ABDULLAH. O ja mijnheer, ik heb het ook eens beproefd, om nu de sterrebeelden met behulp der halfronden op te zoeken, en het is wel gegaan, maar ik heb ook goed opgelet, hoe ik die eene helft, waar het zichtbare gedeelte op was, houden moest.

DE HEER. Het spreekt van zelf, dat gij dit doen moet. Op het noordelijk halfrond zult gij de noordelijke helft van den hemel gevonden hebben, op het zuiderhalfrond de zuidelijke helft, en als gij dan oplet, dat die cirkelboog die ik u de vorige keer heb leeren teekenen, den horizon voorstelt, en dat de noordpool juist onder het noordpunt is, dan kan het niet missen, of gij moet dadelijk de sterren herkend hebben.

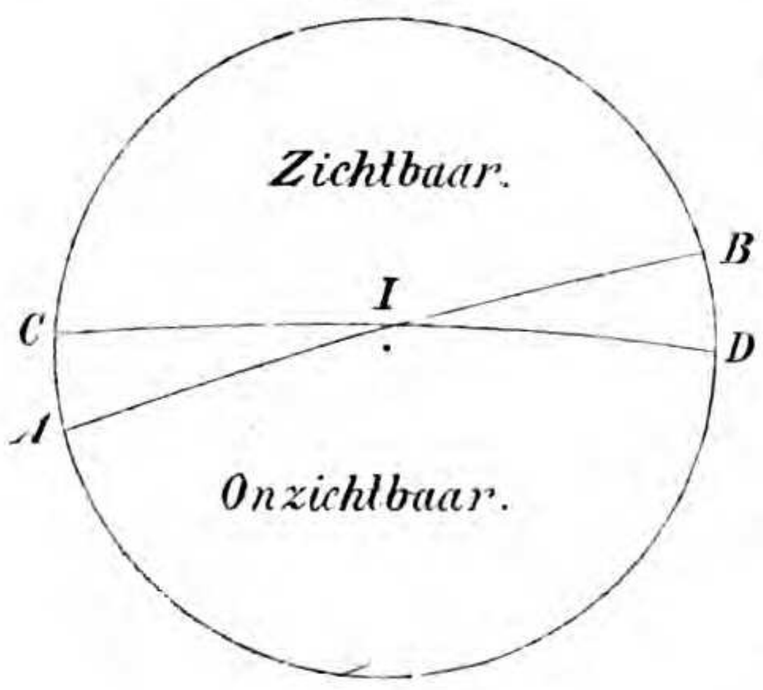
ABDULLAH. O ja, mijnheer, zoo begon ik ook, en toen zag ik in het noorden, een weinig ten westen, vier sterren in een vierhoek, waarvan de hoogste het helderste was; en toen keek ik op de sterrekaart, en vond dadelijk dat het *de Draak* moest zijn. Een weinig hooger stonden drie sterren in een driehoek, een zeer heldere, en twee zwakkere. Ik zag dadelijk op de kaart dat dit *de Lier* moest zijn; en zoo heb ik een aantal sterrebeelden kunnen vinden.

DE HEER. Juist zoo, dan hebt gij het goed begrepen. Maar nu wil ik u nog iets leeren, dat heel merkwaardig is. Gij zult begrijpen dat als ik nu voor een ander uur, op denzelfden dag, of ook op een anderen dag evenzoo wil zoeken, wat van den hemel zichtbaar is, ik juist hetzelfde moet doen wat wij nu gedaan hebben. De cirkelboog, die onzen horizon zal

moeten aangeven, zal evenzoo loopen als die, welken wij geteekend hebben, maar hij zal aan den omtrek van het halfrond in andere punten uitkomen. Voor 8 uur op den 29 October werden deze punten aangeduid door XVI½ uur en IV½ uur, maar het zou een uur later zijn: XVII½ uur en V½ uur, enzoovoorts; als ik dus nu op een stuk papier een cirkel teeken *A C B D*, (fig. 353) die even groot is als het halfrond, en als ik dan daarop dien boog *A Q B* teeken, en het stuk *A C Q B* uitsnijd, dan zal ik dien cirkel langs het noorderhalfrond kunnen laten schuiven, en ik zal altijd juist zoo een gedeelte van den sterrenhemel door het uitgesnedene gedeelte zichtbaar houden als voor een zuiderbreedte van 6° zichtbaar is. Met het zuiderhalfrond kan ik evenzoo handelen, maar dan moet ik een ander papier nemen fig. 354 en wat nu hier uitgesneden is, moet daar blijven, en het gedeelte *A Q B D*, [1]) dat hier gebleven is, moet daar uitgesneden worden. De zuidpool wordt daar dus zichtbaar, (zooals het behoort) terwijl de noordpool onzichtbaar is.

Nu kan ik op eene eenvoudige manier zorgen, dat ik altijd die papieren zoo op de halfronden leggen kan, dat dadelijk het zichtbare gedeelte van den hemel door de opening voor den dag komt, en dus het onzichtbare gedeelte door het papier bedekt wordt. Het komt er maar op aan te weten hoe de rand van die opening langs den rand van het halfrond moet komen te liggen. En dat is heel eenvoudig. Want als voor een zeker oogenblik bijv. 29 October te 8 uur de opening zoo op het noorderhalfrond moet liggen, dat de cirkelboog, die den horizon voorstelt langs *A B* komt, (fig.

Fig. 355.



---

[1]) In de figuur ontbreekt de letter *D*, die op dezelfde plaats als in fig. 353 staan moet.

355) dan moet die opening een uur later 15 graden verschoven zijn, zoodat de cirkelboog langs $C\,D$ komt. Het stuk $A\,C\,I$ is nu bedekt geworden, dat stelt dat gedeelte van den hemel voor, dat in dat uur in het noordwesten is ondergegaan; maar daarentegen is het stuk $D\ I\ B$ zichtbaar geworden, dat is het gedeelte van den hemel, dat in dat uur in het noordoosten is opgekomen.

Maar nu is zoo een uur niet een gewoon of zonne-uur, maar het is een zoogenaamd sterre-uur, dat is een 24^e gedeelte van een sterre-dag. 24 van die sterre-uren maken dus één sterre-dag, maar die is korter dan een middelbare dag; als ik dus die opening 24 maal achtereen 15 graden verschoven heb, dan komt zij wel weer op hare vorige plaats terug, maar dan is het den volgenden dag op de gewone klokken nog niet zoo laat als vroeger, zoodat om den stand te krijgen die goed is voor hetzelfde uur als vandaag, de opening nog een weinig verder moet gedraaid worden.

Als ik nu die opening maak in eene schijf papier, die ik aan den rand verdeel in 24 uren, en die uren in minuten, en als ik aan de halfronden evenzoo een cirkelvormigen rand geef, dan komt de 0 van de verdeeling der schijf den volgenden dag een weinig verder op den rand dan den vorigen dag. Eeń volgenden dag op hetzelfde uur komt onze schijf weer wat verder; telkens evenveel totdat zij na een vol jaar, of 365 dagen, weer tot het vorige punt teruggekeerd is.

Daarop berust nu eene eenvoudige manier om altijd te kunnen vinden welk gedeelte van den hemel boven, en welk gedeelte onder den horizon is.

In plaat III en IV ziet gij die schijven afgebeeld, die hiervoor moeten dienen.

Aan den rand zijn deze verdeeld in 24 uren, daarentegen zijn buiten onze halfronden verdeelingen aangebracht in 365 dagen. De dagen van het jaar zijn erbij gezet. Indien wij nu die schijven op de halfronden leggen, en de opening tusschen den binnensten cirkelrand en den cirkelboog naar behooren uit-

knippen, dan hebben wij het uur op den binnensten cirkel maar te leggen op den dag van den buitensten cirkel, en dan zullen wij door de opening juist de sterren zien, die zichtbaar zijn.

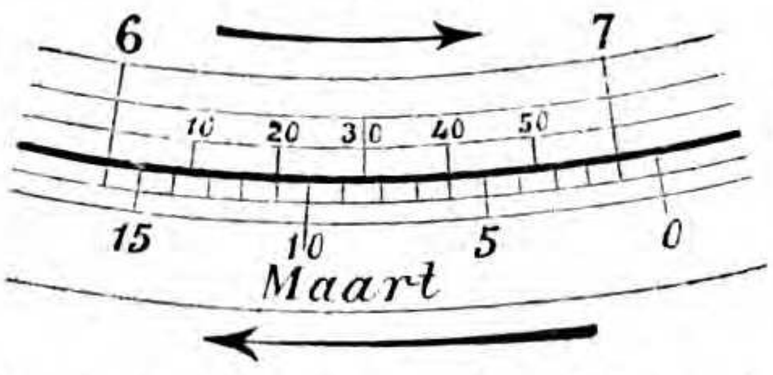
ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe komt dat? de verdeelingen loopen op die beide schijven niet in dezelfde richting, en op die beide halfronden ook niet.

DE HEER. Wel, dat spreekt vanzelf. Verbeeld u eens, dat gij u in het midden van den hemelbol bevindt maar met het hoofd naar de noordpool gekeerd, bijv. gij zoudt hier op Java op den grond kunnen gaan liggen, met het hoofd naar het noorden gekeerd, dan zult gij rondom u heen de evennachtslijn van den hemel zien, en daar zal de verdeeling der rechte opklimming van de rechter- naar de linkerhand voortloopen. Als gij nu het noorderhalfrond (plaat I), boven uw hoofd voorstelt, dan zult gij zien, dat de verdeeling van den rand ook van de rechter- naar de linkerhand voortloopt. Legt gij het noorder-halfrond op de tafel, dan is dat anders; als gij u dan verbeeldt dat gij in het middelpunt staat, dan loopt de verdeeling van den rand van de linker- naar de rechterhand, dus juist andersom, maar dan hebt gij ook de noordpool niet boven uw hoofd, maar onder uwe voeten.

Om nu de schijf met de opening te gebruiken, zooals ik u heb uitgelegd, moet de verdeeling daarop juist andersom loopen als op het halfrond.

Als de sterredag *langer* was dan de middelbare zonnedag, dan zou de verdeeling op de schijf in denzelfden zin moeten loopen, als op het halfrond, maar nu de sterredag *korter* is dan de middelbare zonnedag, nu moet die verdeeling in een tegengestelden zin loopen. Dit zult gij zelf wel begrijpen, als gij er maar op let, dat bijv. de hemel den 1en Maart te 7 uur er evenzoo uitziet als den 16en Maart te 6 uur; zie fig. 356, de pijltjes duiden hier de richting der verdeelingen aan, en gij ziet, die zijn tegengesteld.

Fig. 356.



Maar hoe is het nu in het zuiderhalfrond? De verdeeling in dagen op het halfrond, en de verdeeling in uren op de schijf moeten natuurlijk evengoed elkander te gemoet gaan, als bij het noorderhalfrond; maar de beide richtingen zijn anders dan bij het noorderhalfrond.

En dit zal u wel duidelijk zijn als gij u weder voorstelt dat gij u in het midden van den hemel bevindt met het hoofd naar de zuidpool; bijv. als gij op den grond ligt met het hoofd naar het zuiden gekeerd: dan ziet gij weder de evennachtslijn van den hemel om u heen, maar dan loopt, op die evennachtslijn, de verdeeling van de linker- naar de rechterhand, dus juist andersom als vroeger.

---

§ 193.

HOE DE BESCHREVENE INRICHTING VOOR ALLE PLAATSEN IN DEN INDISCHEN ARCHIPEL GESCHIKT KAN GEMAAKT WORDEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, waarvoor dienen nu in die plaat III en IV al die verschillende cirkelbogen, die ik in die figuren zie? Welke moet ik nu nemen om langs uit te snijden?

DE HEER. Wel, die zijn alleen daarom erbij geteekend, om iedereen hier in den Indischen Archipel gelegenheid te geven, die opening in de schijven naar behooren uit te knippen. En omdat nu die Archipel zich uitstrekt ongeveer van 6 graden noorder- tot 10 graden zuiderbreedte, daarom zijn er die cirkelbogen aangegeven, waarlangs men voor de verschillende breedten de opening moet uitknippen. Gij ziet wel, dat het nog veel scheelt, want Kota-Radja heeft $5\frac{1}{2}$ graad noorderbreedte en Timor-Koepang heeft iets meer dan 10 graden zuiderbreedte. Te Kota-Radja komt dus de noordpool $5\frac{1}{2}$ graad boven den horizon; de Poolster, die nog geen $1\frac{1}{2}$ graad van de noordpool af is, is altijd zichtbaar; daarentegen is de zuidpool er steeds onder den horizon, en van het sterrebeeld het

Octant is er niet veel te zien. Te Timor Koepang daarentegen is de Poolster nooit te zien, daarentegen is de zuidpool er tien graden boven den horizon, en het sterrebeeld het Octant dus ten allen tijde, althans voor het grootste gedeelte, zeer goed zichtbaar.

---

§ 194.

VERDER GEBRUIK VAN DEZE INRICHTING OM TE VINDEN WANNEER EENE BEPAALDE STER OP EEN BEPAALDEN DAG OPKOMT OF ONDERGAAT.

Die schijven met openingen kunnen nog dienen om zeer belangrijke vragen te beantwoorden, en wel te hoe laat de eene of andere ster op een bepaalden dag voor eene bepaalde plaats opkomt of ondergaat.

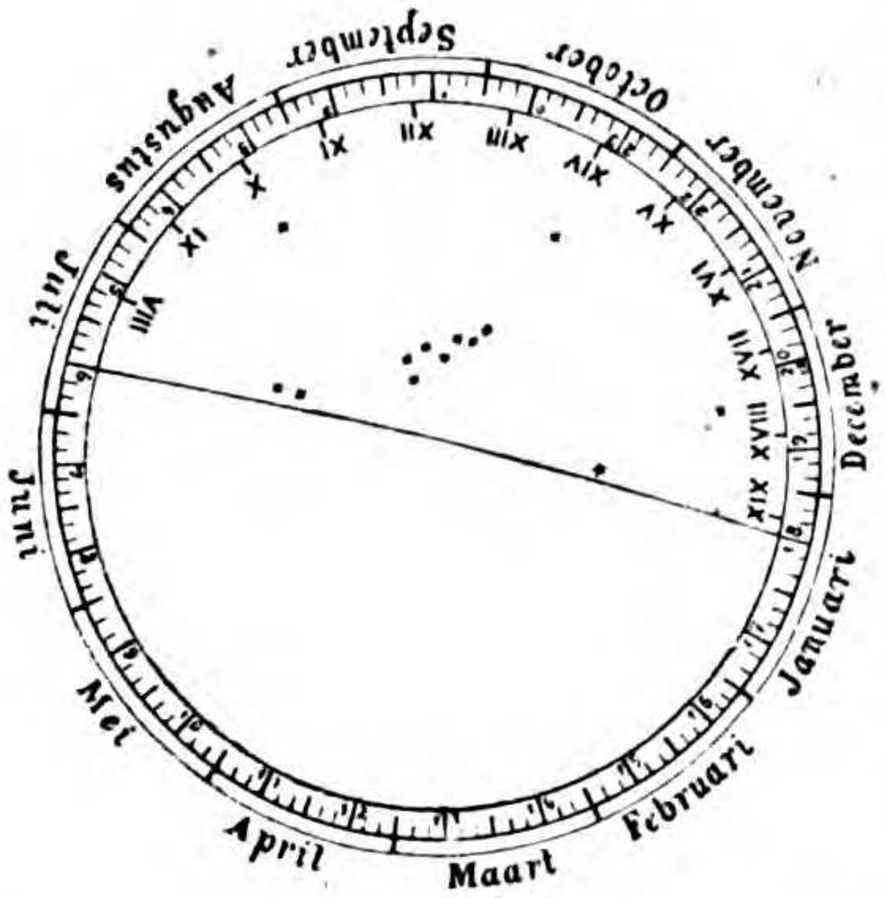
Daarvoor draait gij op het halfrond waarop de ster voorkomt, de schijf met opening, die erbij behoort, maar zoo lang, tot die ster op den cirkelboog komt, die den horizon voorstelt; nu kan men dat op twee manieren doen, elke ster kan op den oostkant of op den westkant van dien horizon gebracht worden, in het eene geval stelt dat samenvallen het opkomen, in het andere geval het ondergaan voor. De oosterhelft is die helft die van het midden loopt naar het cijfer 18 uur, en de westerhelft, die welke van het midden tot het cijfer 6 uur loopt.

Laat ons nu eens een voorbeeld nemen. Ik wil weten te hoe laat Wega den 11 April te Batavia opkomt.

Gij herinnert u dat de ster Wega is de helderste ster uit de Lier; zij is op het noorderhalfrond te vinden tusschen de lijnen die van het middelpunt naar den rand loopen naar de punten XVIII en XIX. Zij is daar met de letter α geteekend.

Snijd ik nu de opening in de papieren schijven zoo uit, dat zij voor de breedte van Batavia, dus omtrent 6° Zuid, geldt, en breng ik dan, fig. 357, die ster Wega op de oostelijke helft van den horizon, dan zie ik, dat 11 April samenvalt met 11u 30m.

Fig. 357.



Wega komt dus te Batavia den 11 April des avonds te half twaalf op.

Werd gevraagd, wanneer Wega bijv. den 30 Augustus ondergaat? welnu gij draait de papieren schijf totdat Wega op de westerhelft van den horizon komt; nu ziet gij met welk cijfer op de schijf de dag van 30 Augustus overeenkomt; gij vindt 13u 35m, derhalve gaat Wega op dien dag des nachts even na half twee onder.

In werkelijkheid zal het schijnen dat de opkomst twee of meer minuten vroeger, de ondergang twee of meer minuten later plaats heeft, dan wij op die wijze gevonden hebben, want door de straalbreking (3e deeltje § 163) zien wij de sterren al, als zij nog omtrent een halven graad onder den horizon zijn.

Om eens een voorbeeld te nemen uit het zuiderhalfrond, stel ik eens dat men vraagt, wanneer komt Antares, de helderste ster (α) uit den Schorpioen, den 21 April op. Beproeft gij dat met behulp van de papieren schijf, dan vindt gij: te acht uur precies.

§ 195.

INSGELIJKS OM TE VINDEN OP WELKEN DAG EENE BEPAALDE STER OP EEN BEPAALD UUR OPKOMT OF ONDERGAAT.

Gij ziet nu hoe gemakkelijk dit is; maar gij kunt er het omgekeerde vraagstuk ook mede oplossen. Als wij namelijk eens weten wilden, op welken dag van het jaar deze of gene ster te zoo of zoo laat opkwam of onderging, dan zouden wij juist hetzelfde te doen hebben wat wij nu gedaan hebben; maar terwijl wij vroeger op den binnensten rand zagen welk uur overeenkwam met een zekeren dag op den buitensten rand, moeten wij nu op den buitensten rand zien, welke dag overeenkomt met een zeker uur.

Laat ons bijv. eens zoeken op welken dag van het jaar de heldere ster Sirius te Batavia te zeven uur des avonds ondergaat.

Sirius is eene ster van het zuiderhalfrond. Wij nemen dus dit ter hand, en leggen er de schijf van plaat IV met de opening op, en draaien die weer zoodanig, dat de ster op de westerhelft van den cirkelboog komt. Wij zoeken nu met welken dag op den buitenrand 7 uur 's avonds op den binnenrand overeenkomt, en wij vinden: den 15 Juni.

Zoeken wij op dezelfde wijze op welken dag van het jaar het Zevengesternte te 6 uur des avonds opkomt, dan vinden wij 18 November.

§ 196.

OVER DEN LAATST ZICHTBAREN ONDERGANG EN DE EERST ZICHTBARE OPKOMST DER STERREN. GEBRUIK, OP JAVA, VAN HET ZEVENGESTERNTE EN ORION, TEN BEHOEVE VAN DEN LANDBOUW.

ABDULLAH. Maar mijnheer, ik heb zoo dikwijls gehoord dat de landbouwers het zaaien van padi en tweede gewassen naar de opkomst of den ondergang van sterren regelen, wij kunnen dus op die wijze, zooals u mij nu uitlegt, wel vinden met welke dagen van het europeesche jaar dit overeenkomt.

DE HEER. Wel zeker. Bij alle volken, waar de beschaving nog niet zoo ver gekomen was, dat zij almanakken of kalenders hadden, is het het gebruik geweest den landbouw naar de opkomst en den ondergang der sterren te regelen. En gij zult zelf wel inzien dat dit voor menschen, die ook zelfs geene uurwerken bezitten, de gemakkelijkste manier is om den tijd van het jaar te weten.

Want stel eens, dat eene of andere ster van daag ondergaat, bijv. te 8 uur, dan zal als de zon te 6 uur, of eenige minuten vroeger of later ondergegaan is, die ster in het Westen in de schemering te zien zijn, en wel op iets minder dan 30 graden, bijvoorbeeld te $6^u\ 30^m$ op $22\frac{1}{2}$ graden hoogte.

Den volgenden dag staat die ster ongeveer 4 minuten vroeger op dezelfde hoogte. Maar als zij dan ook te $6^u\ 30^m$ zichtbaar wordt, dan staat zij op hetzelfde uur ($6^u\ 30^m$) ongeveer een graad lager dan den dag te voren.

Den volgenden dag weer, den volgenden dag weer, enz. totdat na 15 dagen of iets meer die ster te $6^u\ 30^m$, als zij zichtbaar wordt, nog slechts 7 of 8 graden hoog boven den horizon staat.

Den volgenden dag zou zij wel op een graad minder hoogte boven den horizon zichtbaar zijn, maar zoo laag zijn de sterren

zelden te zien wegens de dampen aan den horizon; dus kunnen wij wel rekenen, dat op dien vorigen dag, toen de ster na zonsondergang nog even op ongeveer 7 graden hoogte zichtbaar was, zij *voor het laatst* gezien is.

Dit gebeurt nu in de volgende jaren op denzelfden dag des jaars, dat wil zeggen, als de zon weder even dicht bij de ster gekomen is als zij nu was, toen wij de ster voor het laatst zagen.

De zon heeft 365 dagen 6 uren en 9 minuten noodig om tot dezelfde ster terug te keeren; als men dus naar de europeesche wijze met een jaar van 365 of 366 dagen rekent, dan komt die dag, dat men eene ster des avonds voor het laatst ziet, ongeveer op denzelfden dag des jaars. Maar als men een arabisch of mohammedaansch jaar van 354 of 355 dagen gebruikt, dan heeft het natuurlijk 10 of 11 dagen later in het jaar plaats.

Alle volken nu, die geen jaar van 365 dagen hadden, of die geen almanak hadden, hebben er dus op gelet, welke sterren op dit of dat gedeelte van het zonnejaar voor het laatst zichtbaar waren en hebben daarnaar hunnen landbouw geregeld.

Zoo is het hier op Java ook geweest. Op verschillende gedeelten van het eiland, hebben de volkeren niet dezelfde sterren gebruikt, dat spreekt van zelf, want de middelen, om elkander mededeelingen te doen, waren zoo gemakkelijk niet.

Maar vrij algemeen worden hier op Java daarvoor twee sterregroepen gebruikt, waarover wij al dikwijls gesproken hebben, namelijk het Zevengesternte [1]), (javaansch: *lintang woeloeh*), en de gordel en het zwaard van Orion, (javaansch:

---

[1]) Merkwaardiger wijze gebruikten de Grieken 800 jaren vóór het begin der christelijke jaartelling, dus 1400 vóór het begin der Hedsjra, hetzelfde Zevengesternte. Als het in de morgenschemering het eerst gezien werd, dan was het de oogsttijd (11 Mei); werd hetzelfde Zevengesternte des morgens vóór zonsopkomst het laatst gezien, dan was het de tijd van ploegen en zaaien (26 October.)

lintang loekoe, dat wil zeggen het sterrebeeld *de ploeg*). Werkelijk heeft die sterregroep wel iets van eene ploeg, als men de drie zwakkere sterren c, θ en ι (fig. 314), die noord-zuid gericht zijn, als den boom van den ploeg, en de drie heldere sterren δ, ε en ζ, die van het Noordwesten naar het Zuidoosten gericht zijn, als den ploeg zelven aanziet. Bij de Europeanen worden deze sterren vaak de *drie Koningen* genoemd.

Nu kunt gij met behulp van de halfronden van den hemel, die ik u gegeven heb, en van de bijbehoorende schijf met opening dadelijk vinden op welken dag van het europeesche jaar dat verdwijnen van eene ster of een sterregroep plaats heeft. En als gij nu de dagen van begin en einde der javaansche mongso's raadpleegt, 2de stukje, § 69, dan kunt gij ook zien op welk gedeelte van welke mongso het is. Bijvoorbeeld, laat ons eens nemen het Zevengesternte en laat ons nu eens zien op welken dag van het jaar dit sterregroepje nog het laatst even na zonsondergang op Java zichtbaar is.

Wij nemen gemiddeld voor Java 7° zuiderbreedte aan, en moeten dus op plaat III daarop letten bij het uitknippen van het papier.

Laat ons nu maar eens eerst onderstellen, dat de zon precies te zes uur ondergaat, en dat een half uur later, dus te half zeven, het Zevengesternte nog voor het laatst zichtbaar is op 7½ graden hoogte, dan moeten wij in aanmerking nemen, dat zoo eene ster omtrent 4 minuten noodig heeft, om één graad te dalen, zoodat zij dan ongeveer te 7 uur ondergaat.

En als ik nu, zooals ik u uitgelegd heb, fig. 357, het Zevengesternte op den westelijken kant van den boog breng, en ik zie langs den rand met welken dag 7 uur overeenstemt, dan vind ik 26 April. Wij moeten nu nagaan of de zon den 26 April wel te 6 uur ondergaat. In den Regeeringsalmanak staat het volgende tafeltje, waarin gij den tijd van opkomst en ondergang der zon voor Batavia vinden kunt; die tafel kunnen wij voor midden-Java ook wel gebruiken, maar voor Menado bijv. zouden wij eene andere tafel noodig hebben.

		Opkomst.	Ondergang.
1	Januari	$5^u\ 51^m$	$6^u\ 16^m$
16	„	5 57	6 21
1	Februari	6 4	6 24
16	„	6 6	6 22
1	Maart	6 7	6 18
16	„	6 5	6 11
1	April	6 4	6 5
16	„	6 2	5 58
1	Mei	6 1	5 53
16	„	6 2	5 50
1	Juni	6 5	5 50
16	„	6 8	5 52
1	Juli	6 11	5 55
16	„	6 13	5 58
1	Augustus	6 12	6 0
16	„	6 8	6 0
1	September	6 2	5 59
16	„	5 54	5 56
1	October	5 46	5 53
16	„	5 40	5 52
1	November	5 35	5 53
16	„	5 34	5 55
1	December	5 37	6 1
16	„	5 42	6 8
31	„	5 51	6 15

Daaruit zien wij dus, dat de zon ondergaat

den 16 April te $5^u\ 58^m$
den 1 Mei te $5^u\ 53^m$

Verschil in 15 dagen 5^m.
Trekken wij nu van 26 April
af . . . . . 16 „

dan verkrijgen wij 10 dagen.

Indien de tijd van ondergang der zon in 15 dagen 5 minuten vervroegt, dan is dit in 10 dagen ongeveer 3 minuten, dus, deze afgetrokken van $5^u\,58^m$, geeft voor den tijd van zonsondergang den 26 April: $5^u\,55^m$. Die ondergang is dus 5 minuten vroeger dan 6 uur. In plaats van 7 uur moet men dus op den rand der schijf nemen: $6^u\,55^m$, en dan vindt men in plaats van 26 April, een dag vroeger of 25 April.

Het verdwijnen van het Zevengesternte na zonsondergang treft dus samen met het midden van den elfden mongso, mångsâ destha; het is dan de tijd, dat de padi-oogst algemeen aan den gang is.

Wilt gij weten, wanneer dat zelfde Zevengesternte weder des morgens het eerst aan den oosterhemel zichtbaar is, dan redeneert gij slechts aldus: na half zes verdwijnen zelfs de heldere sterren. Indien dus het Zevengesternte dan zichtbaar is, dan moet het niet veel minder dan 7½ graad hoog staan en dus te 5 uur zijn opgekomen.

Leggen wij nu onze schijf zoo op het noorder-halfrond, dat het Zevengesternte op het oostelijk gedeelte van den boog komt, die door het midden van de schijf loopt, dan moeten wij langs den rand zien met welken dag van het jaar 17 uur overeenkomt, dat is namelijk hetzelfde als 5 uur 's morgens.

Wij vinden dan eerst 2 Juni, maar omdat de zon den 2den Juni 5 minuten na zessen opkomt, zoek ik nog eens met welken dag $17^u\,5^m$ overeenkomt, en dan vind ik 1 Juni, ongeveer het midden van den mongso sôdô; dan is de padi-oogst aan het afloopen; het is de tijd om den grond gereed te maken om djagong te planten, de kedelé wordt gezaaid, en de langdurige tweede gewassen, zooals indigo, katoen en djarak, worden geplant.

ABDULLAH. Maar mijnheer, het is toch niet noodig, om alleen des avonds op het verdwijnen en des morgens op het weerom-komen der sterren te letten. Want ik herinner mij wel gehoord te hebben, dat er ook op gelet wordt, als de lintang loekoe des avonds na zonsondergang in het Oosten zichtbaar wordt.

DE HEER. Het spreekt van zelf, dat men dat ook doen kan, en het wordt dan ook gedaan. Het Zevengesternte wordt bijvoorbeeld den 15 of 16 November, dus in het begin van den 6den mongso, kanĕm, dädelijk na zonsondergang in het Oosten zichtbaar.

Als men nu wederom rekent, dat de sterren pas te half zeven zichtbaar worden, en dat die sterregroep dan 7½ graad boven den horizon in het Oosten is, dan is zij natuurlijk te 6 uur opgegaan.

Met behulp van de schijf met opening en het noorder-halfrond zult gij dadelijk vinden, dat de opkomst den 16 November te 6 uur plaats heeft.

Let men er op, dat de zon dan te 5u 55m ondergaat, dan geeft dat maar één dag verschil en 16 November wordt 17 November.

Het spreekt ook van zelf, dat men even goed kan opletten op een sterrebeeld, dat, vóór de zonsopkomst in het Westen het laatst zichtbaar is.

Want als eene sterregroep te half zes in het Westen nog even zichtbaar is, dan kan men schatten, dat ze dan 7½ graad hoog is, en dus een half uur later, te 6 uur, ondergaat; op den rand van onze schijf moet gij echter niet op het cijfer van 6, maar op dat van 18 uur letten, en dan zult gij zien, dat dit voor het Zevengesternte den 10 November, dus bij het begin van den zesden mongso, kanĕm, plaats grijpt.

Dit verschilt nu maar 6 dagen met het verschijnen bij zonsondergang; gij kunt ook wel begrijpen, dat die twee tijdstippen niet veel van elkander kunnen verschillen; want als een hemellicht te zes uur ondergaat, dan komt het ook nagenoeg te zes uur des morgens (18 uur op den rand der schijf) op.

Die twee andere tijdvakken, het verdwijnen eener ster of sterregroep na zonsondergang, en het wederverschijnen er van vóór zonsopgang, zijn dan ook altijd meer gebruikt geworden.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat opletten op den juisten tijd

van zonsondergang of zonsopkomst geeft toch niet veel; het scheelde telkens maar één dag.

DE HEER. Ja, maar op andere tijden van het jaar kan het meer schelen. Bijvoorbeeld den 16 November komt de zon, zooals gij in de tafel zien kunt, te 5^u 34^m op, dat is dus 26 minuten voor zessen; als gij nu daar niet op let, dan maakt gij eene fout van 6½ dag; het ware tijdvak van het verschijnen of verdwijnen eener ster vóór zonsopgang valt ook 6 a 7 dagen later, dan wanneer men er niet op let.

Evenzoo kunt gij een dergelijk verschil krijgen als gij den dag zoekt van het verdwijnen of verschijnen eener ster, na zonsondergang, en als die dag juist in het begin der maand Februari valt, want den 1 Februari gaat de zon te 6^u 24^m onder; het scheelt dus bijna een half uur.

---

§ 197.

VERDER GEBRUIK VAN STERREN TEN BEHOEVE VAN DEN LANDBOUW.

ABDULLAH. Maar mijnheer, mag ik u nog iets vragen? Als men nu voor den landbouw op de sterren wil letten, dan heeft men toch niet genoeg aan het ondergaan of opkomen van de lintang woeloeh en de lintang loekoe.

DE HEER. Neen, dat is ook zoo. Andere volkeren, zooals de Egyptenaren en de Grieken, namen meerdere sterrebeelden aan, waarnaar zij zich richtten.

In de eene maand diende het ééne sterrebeeld, in de andere maand het andere.

Maar de hoofdzaak is toch altijd maar, den tijd van het planten of zaaien te weten, de oogst geschiedt natuurlijk als de veldvruchten rijp zijn, en om dat te zien heeft men de sterren niet noodig.

En hoe doet nu de javaansche landbouwer? Er is slechts een

klein gedeelte van het jaar, dat de lintang woeloeh en de lintang loekoe niet zichtbaar zijn, doordien de zon er dicht bij is; dit tijdvak is gelegen tusschen den dag van het verdwijnen in het Westen na zonsondergang en het weder te voorschijn komen in het Oosten vóór zonsopkomst. Dit is

voor het Zevengesternte (lintang woeloeh) 25 April en 1 Juni,
voor de drie Koningen (lintang loekoe) 28 Mei en 27 Juni.

De andere tijden des jaars is een van beide of zijn alle beide deze sterregroepen wel zichtbaar, hetzij des avonds na zonsondergang, hetzij des morgens voor zonsopkomst.

En dan let de Javaan er op, hoe hoog die sterregroepen dan staan, hetzij tusschen den meridiaan en den oostelijken horizon, hetzij tusschen den meridiaan en den westelijken horizon. Ook let hij er op wanneer, hetzij de lintang woeloeh, hetzij de lintang loekoe des morgens te half zes of des avonds te half zeven, juist in den meridiaan dus zoo dicht mogelijk nabij zijn zenith staat.

Zoo weet hij dat het eind van de tweede mongso, karó, en dus het begin van de derde, katigå, aangewezen wordt, doordien des morgens te half zes de lintang woeloeh, het Zevengesternte, zoo dicht mogelijk bij het zenith staat, (24 Augustus.)

Evenzoo wordt het begin van de vierde mongso, kapat, aangewezen, doordien des morgens te half zes, de lintang loekoe, zoo dicht mogelijk bij het zenith, of zooals men het noemt in top staat, (21 September.)

Later in het jaar heeft dat natuurlijk vroeger op den dag plaats, dat wil zeggen, achtereenvolgens te 5 uur 's nachts, te 4 uur, te 3 uur, enz.; elke maand verspringt het twee uur: en zoo gebeurt het dan dat den 7 Februari, dus juist in het begin van den achtsten mongso, kewåloe, de lintang woeloeh, en den 9 Maart, kort na het begin van den negenden mongso, kesångå, de lintang loekoe, na zonsondergang in den meridiaan staat. Dit is nu weder voor den Dajakker de tijd om padi te planten. Borneo wordt door de evennachtslijn doorsneden, en voor de binnenlanden staat dan die lintang loekoe, of, zooals

de Dajakkers het noemen, bintang salampatar of bintang patendo, bijna in het zenith.

ABDULLAH. Maar mijnheer: ik geloof toch niet dat het zoo gemakkelijk is, om juist te zien of na zonsondergang de lintang loekoe of de lintang woeloeh in top of in den meridiaan staat, ik geloof toch wel dat men zich gemakkelijk daarmede een week kan vergissen.

DE HEER. Wel zeker, en dat is bij het verdwijnen bij zonsondergang en verschijnen vóór zonsopkomst ook zoo; dan komt er in de westmoesson bij, dat het soms dagen achtereen juist met zonsopkomst betrokken is, of dat het regent; dan kan men op al die dagen ook al niet op de sterren letten; maar juist omdat die geheele methode lastig en onzeker is, daarom hebben de Europeanen en alle volken, die in beschaving vooruitgingen, die methode langzamerhand verlaten, en zij gebruiken veel liever eenen almanak.

---

§ 198.

OORZAAK, WAAROM NA LENGTE VAN TIJD HET VERDWIJNEN OF VERSCHIJNEN VAN HETZELFDE STERREBEELD NIET MEER OP DENZELFDEN DAG VAN HET EUROPEESCHE JAAR OF VAN DENZELFDEN MONGSO, MAAR LATER INVALT.

Maar om te maken, dat die almanak goed blijft wijzen, moet ook het jaar, dat bij de tijdrekening wordt aangenomen, zoo groot wezen als de tijdruimte bedraagt tusschen het oogenblik, dat de zon bijv. haar noordelijkste punt bereikt en het oogenblik dat dit later weer gebeurt. En gij zult u wel herinneren, wat ik u vroeger daaromtrent gezegd heb (1e stukje, § 25,) namelijk dat zulk een jaar lang is:

365 dagen 5 uren 48 minuten 45 sekonden, en dat het jaar van den tegenwoordigen Nieuwen Stijl, gemiddeld genomen, zeer nabij even lang is.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u hebt mij zoo aanstonds nog, evenals vroeger, gezegd, dat de zon 365 dagen, 6 uren 9 minuten noodig had, om tot dezelfde ster terug te keeren; dan moet dunkt mij die vergelijking met sterren niet geheel en al goed gaan.

DE HEER. Neen, natuurlijk niet. Op den langen duur moet er verschil in komen. Dit hebben dan ook die volken, die die sterren gebruikt hebben, zelf wel ondervonden. Bijvoorbeeld in overoude tijden, ongeveer 1700 jaren voor het begin der christelijke jaartelling, dus nu 3600 jaren geleden, was bij de Egyptenaren het begin van het jaar aangeduid door het eerste verschijnen, vóór de opkomst der zon, van Sirius, de helderste ster van den hemel. Dan rekenden zij erop, dat dien dag of den volgenden de Nijl begon te zwellen.

Nu hing de geheele vruchtbaarheid van Neder-Egypte af van het zwellen en de overstroomingen van den Nijl. Die rivier stroomde alle jaar, ver buiten hare bedding over het aangrenzende land, over, en de slib die zij achterliet, als zij weer daalde, maakte die geheele streek buitenmate vruchtbaar. Het is niet te verwonderen, dat de bewoners den dag, dat het wassen van den Nijl begon, als den aanvang van hun jaar aanzagen. Het is ook te begrijpen dat zij vele jaren achtereen geteld hebben, hoevele dagen er tusschen twee op elkander volgende bandjirs van den Nijl verloopen, en dat zij toen gevonden hebben, eerst in het ruwe 365 dagen, en later nauwkeuriger nagenoeg 365 dagen en 6 uren. Het is werkelijk uit de opschriften op de oude egyptische graftombes en andere monumenten gebleken, dat de Egyptenaren eerst een jaar van 365 dagen, en later tevens een jaar van $365\frac{1}{4}$ dagen gebruikt hebben.

Maar thans, 3600 jaar later, kan Sirius niet meer dienen om dat zwellen van den Nijl aan te geven. Dat zwellen begint namelijk den 18 Juni en 3600 jaar geleden was dat ook de dag dat Sirius een uur vóór de zon opkwam: dit kan men veilig beschouwen als de dag dat die ster het eerst

weder in de morgenschemering zichtbaar wordt; nu echter gebeurt dat pas den 9 Augustus. En kunnen wij dat verschil ook verklaren? O ja, want

het sterrejaar is:	$365^d\ 6^u\ 9^m\ 9^s 5$
het burgerlijke jaar is:	$365^d\ 5^u\ 48^m\ 45^s$
verschil	$20^m\ 24^s 5$

zooveel is dus het burgerlijke jaar korter dan het sterrejaar. Dit maakt in 3 jaar iets meer dan een uur, en in 70½ jaar één dag uit. Het verschil tusschen 18 Juni en 9 Augustus is 52 dagen, en $52 \times 70\frac{1}{2}$ jaar is 3666 jaar.

Gij ziet dus, dat de sterren op den duur niet geschikt zijn om de jaargetijden aan te geven.

En daar het nu werkelijk moeilijk is om door middel der sterren de dagen aan te geven, daarom is niets beter dan eenvoudig eene goede tijdrekening te volgen, zooals de europeesche van den Nieuwen Stijl thans is. Men kan dan, als men wil, in plaats van de europeesche maanden van 30 of 31 dagen, javaansche Mongso's invoeren, die nog veel meer ongelijk zijn, als men maar zorgt dat de 12 Mongso's te zamen door elkander genomen 365 dagen 5 uren, 48 minuten en 45 sekonden uitmaken. Maar hiertoe moeten dan natuurlijk schrikkeljaren ingeschoven worden, zooals ik u vroeger wel uitgelegd heb, en zooals ook gebeurt, zoowel bij de europeesche als bij de Mongso-tijdrekening.

---

§ 199.

DE MELKWEG.

ABDULLAH. Maar mijnheer, wat beteekent die breede band van fijne stippen, die over de halfronden heenloopt?

DE HEER. Wanneer gij de halfronden bij den hemel vergelijkt,

dan zult gij zien, dat die geheele band aan den hemel zichtbaar is als eene zwak lichtende strook; men noemt die den *melkweg.*

Wanneer gij hem goed beschouwt, en niet alleen op éénen avond, maar op verschillende avonden, het geheele jaar door, dan zult gij opmerken dat het een onregelmatige band is die den geheelen hemel rondloopt.

Wat die melkweg was, daarover hebben alle volken der oudheid nagedacht, en de Grieken, die altijd gereed waren eene fabel te verzinnen, vertelden daaromtrent de volgende:

Jupiter, de opperste god, was zijne gemalin Juno ontrouw geweest, en had bij Alkmene een zoon verwekt, namelijk Hercules, die om zijn moed en sterkte beroemd is geworden. Juno was daarom tegen Hercules met haat vervuld, en zond reeds, toen hij nog zeer jong was, twee slangen af om hem te dooden. Hoe jong Hercules was, hij wurgde de twee slangen. De moeder, verschrikt door de vervolging van Juno, legde Hercules te vondeling. Minerva, de godin der wijsheid, wilde hem beschermen, en geleidde, als bij toevai, Juno naar de plaats waar Hercules lag. Juno gaf het kind de borst, niet wetende dat het de zoon van Jupiter en Alkmene was. Maar Hercules zoog zoo sterk, dat Juno de pijn niet verdragen kon, en zij rukte dus het kind dadelijk weer van de borst. Uit die borst vloeide nu een stroom van melk, over den geheelen hemel heen, en vormde den melkweg.

Die ééne teug van de melk van Juno was echter toereikende om Hercules de kracht van een god en de onsterfelijkheid te bezorgen.

Gij ziet nu, welke verhalen die Grieken wisten te doen, betreffende hunne goden en godinnen.

Ook weet gij nu den oorsprong van den naam van *melkweg.* Maar gij zult nu wel vragen, wat die melkweg dan toch is? Dit hadden wel enkele wijsgeeren der oudheid begrepen, doch de meesten hadden er allerhande denkbeelden over, die iedereen dadelijk kan hooren dat onzin zijn.

Die enkele wijsgeeren heetten Democritus en Manilius; zij geloofden, dat die melkweg niet anders was, dan eene ontelbare verzameling van uiterst kleine sterren, die ieder op zich zelf te zwak zijn, om door ons oog gezien te worden. Om nu den geheelen melkweg te vormen, zouden er natuurlijk millioenen van die kleine sterretjes moeten zijn.

Of dit zoo was, is alleen na de uitvinding der verrekijkers kunnen uitgemaakt worden. In het jaar 1608 vond een hollandsche brillemaker, met name Lippershey, te Middelburg, de hoofdstad van Zeeland, de verrekijkers uit. Gij herinnert u, dat er toen in Italië een beroemd geleerde, met name Galileï, leefde; (dezelfde die de thermometers uitvond, 3e stukje § 146); welnu, deze hoorde van die hollandsche uitvinding spreken. Het gelukte hem spoedig, ook zoo een kijker samen te stellen; en hij beproefde dadelijk om de maan, de planeten en de sterren met zulk een kijker te beschouwen. Hij ontdekte al dadelijk dat Venus en Mercurius dezelfde gedaanten kunnen hebben, als de maan voor het bloote oog, zooals ik u dat vroeger heb medegedeeld, (derde stukje, § 95, fig. 191.) Hij ontdekte daarentegen dat de vaste sterren zich ook in een kijker vertoonen als kleine heldere stippen, evenals voor het bloote oog, (§ 184) en toen hij zijn kijker naar den melkweg richtte, zag hij werkelijk, dat die uit een ontelbaar aantal kleine sterretjes bestond.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe is dat mogelijk?

DE HEER. Wel dat zal u wel duidelijk zijn, als gij het maar eens zelf wilt beproeven. Neem eens een boek en zet het eens op 15 of 20 meters van u af recht overeind, en zie eens wat gij dan van de letters of regels ziet.

ABDULLAH. Wel mijnheer, ik zie niet eens de regels meer; de geheele bladzijde, voor zoover er drukletters staan, ziet eruit als een grijze vlek.

DE HEER. Welnu, toch zijn er zwarte letters op wit papier; waren er nu witte letters of witte stippen op een zwarten grond, dan zoudt gij hetzelfde verschijnsel zien. Op een zekeren afstand

ziet gij de witte stippen niet meer ieder afzonderlijk, maar met elkander maken zij eene witte schemering. Dit is nu met den melkweg ook het geval.

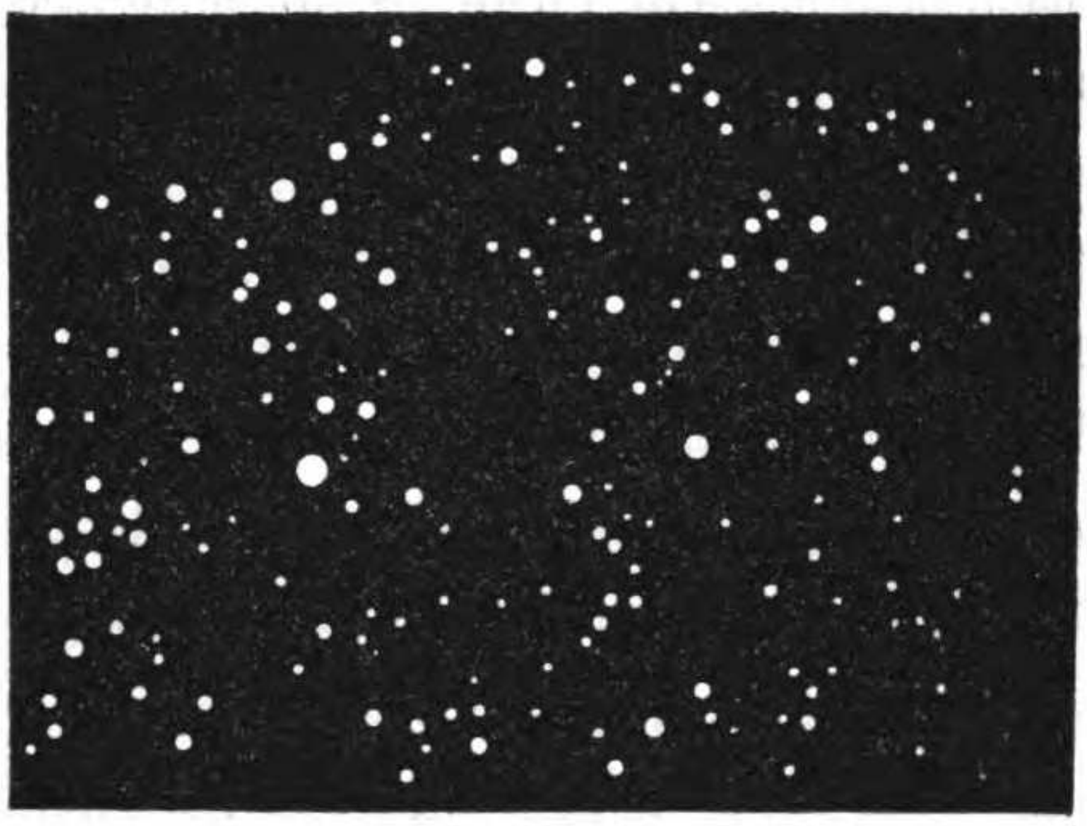
Het aantal sterren, waaruit de melkweg bestaat, is met geene millioenen te tellen. Gebruikt men eerst een gewonen kijker, daarna een sterkeren, daarna een nog sterkeren, dan ziet men telkens meer sterren in den melkweg.

Fig. 358.

Zie bijv. eens hier; in fig. 358 ziet gij een klein gedeelte in het sterrebeeld de Zwaan, en in fig. 359 ziet gij hetzelfde gedeelte, zooals een niet eens bijzonder sterke kijker het vertoont.

ABDULLAH. Wat eene massa sterren bij elkaar! En is dat nu over den geheelen melkweg zoo?

Fig. 359.



DE HEER. Ja, maar overal niet even dicht in een. Deze plek bevat tamelijk veel sterren, maar gebruikt men een kijker die nog sterker is, en dus nog kleinere sterren kan vertoonen, dan ziet men er nog veel meer.

De sterrekundigen hebben al sedert eeuwen erover nagedacht, hoe daar zooveel sterren bij elkaar komen. Daaromtrent zal altijd veel duisters bestaan. Vermoedelijk is er in vroeger tijden, dat wil zeggen millioenen of billioenen jaren geleden, in deze streken van de hemelruimte een nevelmassa geweest, waarin zich langzamerhand verdikkingen gevormd hebben, waardoor dan de sterren ontstaan zijn. Tot die sterren behoort onze zon ook. Onze zon is dus eene der sterren, die met al de heldere sterren, die wij afzonderlijk zien, en met de zwakkere sterren van den melkweg eene groote sterregroep uitmaken.

Hoe uitgebreid die sterregroep is, en welken vorm zij heeft, is onmogelijk te gissen. Wel hebben verschillende sterrekundigen daaromtrent meeningen gehad. De oude Herschel, van wien ik u reeds gesproken heb, meende zelfs de gedaante van die sterregroep te kunnen aangeven, maar heeft zelf later ingezien, dat de methode, waardoor hij die gedaante dacht te vinden, niet goed was.

Wij kunnen niet eens zeker zijn of de geheele sterrehoop nagenoeg gelijkvormig met sterren bezet is, evenals in fig. 360, waarin de witte stip in het midden de zon beteekent, of dat er om de zon heen, in de onmiddellijke nabijheid slechts betrekkelijk weinige sterren zijn, terwijl zij op zekeren afstand door eenen ring van dicht op elkander gepakte kleine sterren omgeven is. Fig. 361 geeft van zulk eenen ring, als die bestaat, de doorsnede aan.

Fig. 360.

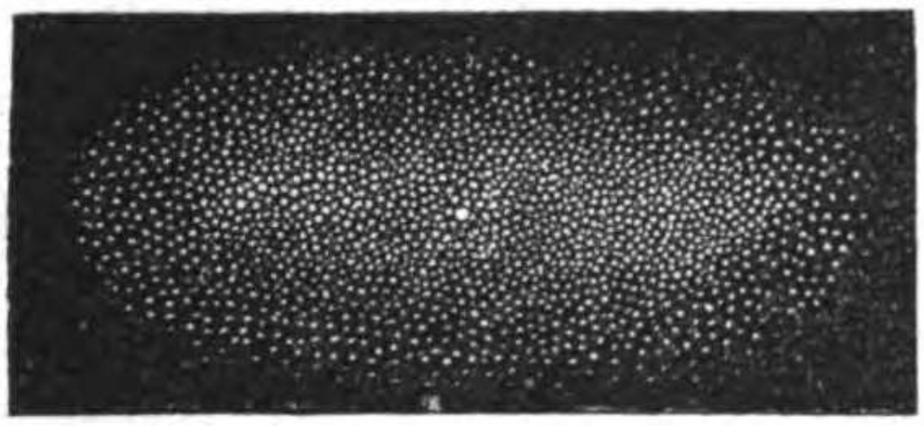
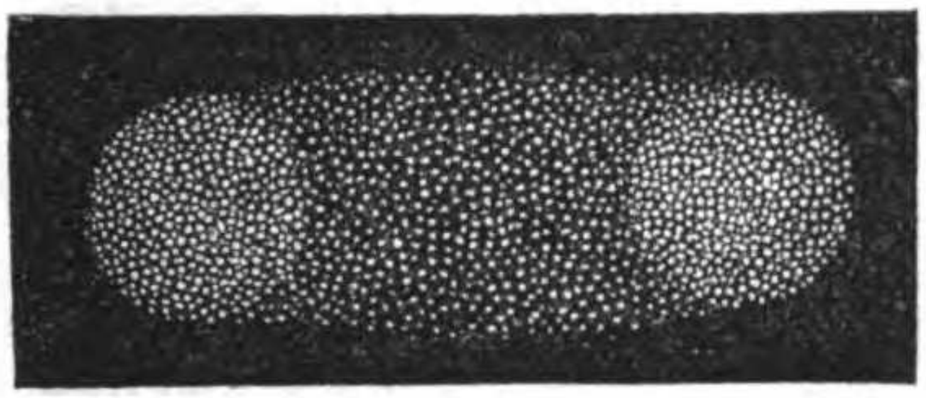


Fig. 361.



Alleen dit schijnt vrij zeker te zijn, dat de geheele sterregroep de gedaante heeft van eene platte schijf, waarvan de middellijn dus veel grooter is dan de hoogte, ten minste zóó kan men alleen verklaren, dat er een melkweg bestaat. Beide laatstgenoemde figuren voldoen daaraan.

Wellicht zult gij vreemd opkijken op het hooren dat er misschien een ring van sterren bestaat, maar hoe zou die geheele ring met sterren eruitzien voor iemand, die op een ontzettend grooten afstand ervan verwijderd was? Natuurlijk als een nevelachtige ring. Die persoon zou niet meer iedere ster kunnen onderscheiden, maar alleen een ronden of ovalen nevelring zien.

Welnu, het is niet zonder voorbeeld, dat er zulke nevelringen bestaan. De fraaiste en helderste is in het sterrebeeld

de Lier, tusschen de twee sterren ζ en γ van dat sterrebeeld, die op eenigen afstand staan van het driehoekje α (Wega), δ en ε, waardoor dat sterrebeeld kenbaar is. In fig. 362, plaat VI, ziet gij eene teekening van die nevelvlek, zooals zij, door een sterken kijker gezien, zich voordoet.

Wellicht is dit ook een nevelring, waarvan de nevel zich nog niet tot sterren gevormd heeft, wellicht is het wel reeds geschied, maar zijn de sterretjes, die haar samenstellen, te klein, om zelfs door de sterkste kijkers gezien te worden.

TWEEDE HOOFDSTUK.

Iets over brillen en kijkers.

---

§ 200.

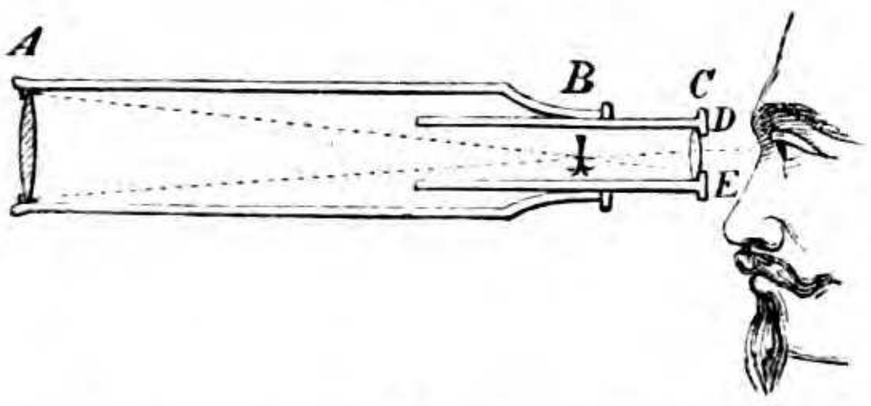
IETS OVER KIJKERS.

ABDULLAH. Mijnheer, ik wilde u gaarne iets vragen. U zeidet de vorige maal, dat als men den melkweg met een nog sterkeren kijker bekeek, men er dan nog meer sterren in zag; maar mag ik u nu eens vragen, wat bedoelt u met een sterkeren kijker?

DE HEER. Dat zal ik u eens uitleggen. Over de kijkers heb ik u ook nog nooit gesproken. Zij zijn wezenlijk een der schoonste uitvindingen, die ooit gedaan zijn. Gij herinnert u nog wel, wat ik u vroeger van de vergrootglazen of brandglazen verhaald heb, (derde stukje, § 163, fig. 295) dat zij namelijk van elk voorwerp, dat op eenigen afstand in hunne as gelegen is, zooals in die figuur de kaars, een *beeld* vormen aan de tegenovergestelde zijde. Wanneer ik nu met een vergrootglas dat beeld bekijk, dan zie ik het natuurlijk zeer duidelijk. Maar als ik dat beeld niet op een scherm opvang, zooals in fig. 295, dan is het alleen zichtbaar als ik met het vergrootglas zoo ga

staan, dat de lichtstralen in mijn oog moeten vallen. Zie fig. 363.

Fig. 363.



Hier ziet gij een kijker afgebeeld. Ik stel, dat die op een klapperboom in de verte gericht is. In het brandpunt *B* van het glas *A* wordt nu een omgekeerd beeldje van dien klapperboom gevormd, en als ik daar een papier hield, zou zich dat beeldje daarop afteekenen. Nu gaan de lichtstralen, die dat beeldje vormen, door tot het tweede vergrootglas *C*, waardoor ik nu het beeldje bezie. Is dit nu sterk, dan zie ik den klapperboom grooter dan ik hem met het bloote oog zien kan.

Evenzoo kan ik nu dien verrekijker naar eene ster richten; is dit eene vaste ster, dan zie ik ook maar een puntje, evenals ik met mijn bloote oog zie, maar ik zie die ster veel helderder dan met het bloote oog, en de reden daarvan is duidelijk. Laat ik u eerst eens zeggen, dat het voorste glas *A* heet het *voorwerpglas* en het glas *C* heet het *oogglas*.

Nu begrijpt gij wel, dat als ik met het bloote oog naar eene ster zie, ik niet meer licht kan opvangen, dan in de pupil van mijn oog vallen kan, (3de stukje, fig. 296).

Die pupil is niet in alle oogen even groot, en in hetzelfde oog is de middellijn niet hetzelfde bij sterk licht, bij zwak licht en in het donker, maar men kan rekenen, dat haar middellijn in het donker ongeveer 4 millimeters groot is.

Als nu de middellijn van het voorwerpglas *A* 20 millimeters is, dus 5 maal meer dan die van de pupil, dan leert men in de wiskunde, dat de oppervlakte van dat voorwerpglas 25 maal grooter is dan die van de pupil. Er valt dus ook 25 maal meer licht op, en ik zou dus ook 25 maal meer licht in mijn oog kunnen krijgen, dan wanneer ik de ster onmiddellijk beschouw; maar er moet op twee zaken gelet worden.

Ten eerste gaat er, als er licht door glas gaat, altijd een weinig van dat licht verloren, dat tegen het glas teruggekaatst wordt evenals tegen een spiegel; een ander gedeelte van het

licht gaat *in* het glas verloren, men noemt dit dat het glas het licht opslurpt.

Ten tweede moet het oogglas *C* zoo dicht bij het brandpunt *B* staan, dat *D E* kleiner is dan de pupil; anders zou niet al het licht, dat op het voorwerpglas valt, in de pupil vallen.

Als nu een instrumentmaker een kijker wil maken, die bijv. een voorwerpglas heeft van 20 millimeters, dan moet hij de lengte van dien kijker niet al te kort nemen, want dan is het beeld niet zuiver; de lengte van den kijker moet ongeveer 12 tot 16 maal langer zijn dan de middellijn van het voorwerpglas, dus 240 tot 320 millimeters.

Maar als hij een kijker wil maken met een voorwerpglas waarvan de middellijn 10 maal grooter, dus 200 millimeters is, dan moet de lengte van den kijker ook 10 maal grooter zijn, en dus 2400 tot 3200 millimeters bedragen, d. i. 2,4 tot 3,2 meters.

Nu geeft zoo een kijker 10×10 dus 100 maal meer licht dan de kijker met een voorwerpglas van 20 millimeters middellijn; omdat op zijn voorwerpglas 100 maal meer licht kan vallen; maar zulk een kijker is ook altijd omtrent 10 maal langer. Gij ziet dus nu wel, wat ik ermede bedoel, als ik zeg, dat men den melkweg met een sterkeren kijker beziet. Dan heeft die kijker een grooter voorwerpglas, en dan is hij ook altijd langer.

---

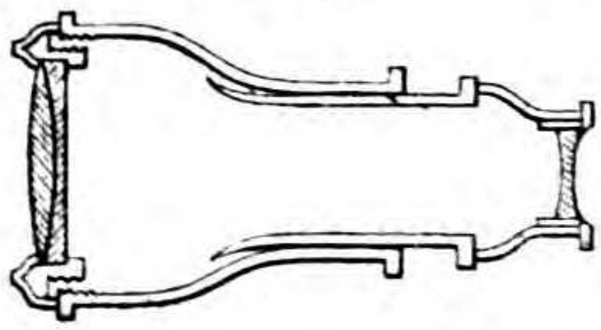
§ 201.

VERVOLG. OVER DEN HOLLANDSCHEN KIJKER.

ABDULLAH. Maar mijnheer, mag ik u iets vragen; als ik die figuur wel bezie, dan zou ik zeggen, dat ik dien klapperboom omgekeerd zien moet, met de bladeren naar beneden, maar mijn vader heeft een binocle, en ook een langen kijker, en daardoor ziet men toch de boomen in de verte niet omgekeerd.

DE HEER. Ja maar de kijkers van een binocle zijn ook niet zoo ingericht als die, welke in fig. 363 afgebeeld is; en zoo een lange kijker ook niet. Zulk een kijker als die figuur vertoont, noemt men een *sterrekundigen kijker*, omdat de sterrekundigen zulke kijkers gebruiken, waarin de beelden verkeerd gezien worden. Want het is een sterrekundige, als hij eene ster of eene planeet wil bezien, onverschillig, of hij die omgekeerd of recht ziet. Maar voor een kijker, dien wij gebruiken om aardsche voorwerpen, huizen, boomen, schepen, enz. te zien, dus een kijker voor dagelijksch gebruik, is het *niet* hetzelfde, en wij verlangen daarmede de voorwerpen rechtop te zien, en niet omgekeerd. Van zulke kijkers bestaan er twee soorten:

Fig. 364.



de *hollandsche kijker*, hoedanig de kijkers der binocles zijn,

de gewone *verrekijker*, hoedanig de lange kijker is, waarvan gij spraakt.

Van den hollandschen kijker is het oogglas hol, evenals een brilleglas voor bijziende menschen, dus niet zooals in fig. 363, waar het oogglas een gewoon bol vergrootglas is. Als gij den binocle van uwen vader goed beziet, dan zult gij zien dat dat daar ook zoo is. Zulk een kijker wordt een hollandsche kijker genoemd, omdat de kijkers door een Hollander, Jan Lippershey genaamd, in 1608 zijn uitgevonden, en die eerste kijkers hadden ook zulk een hol glas voor oogglas. Nu zult gij zeker wel willen weten, hoe het komt dat men de voorwerpen door zulk een kijker vergroot ziet.

Daarvoor moet ik u eerst eenige eigenschappen van die glazen, waaruit men kijkers vervaardigt, mededeelen.

§ 202.

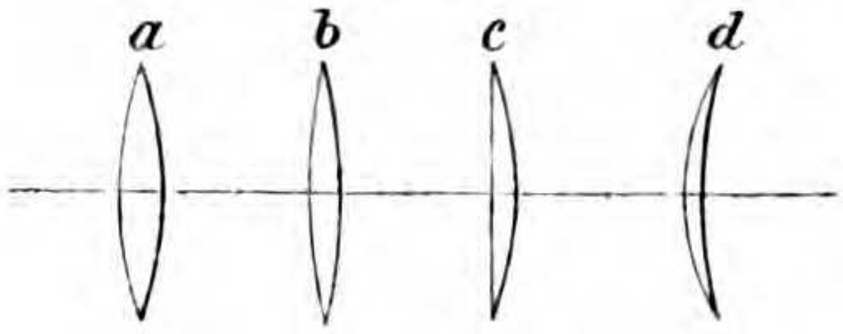
OVER EENE VOORNAME EIGENSCHAP DER LENZEN.

Zulke bolle of holle glazen, waaruit men de kijkers maken kan, noemt men in het algemeen *lenzen*.

Men verstaat door eene lens een stuk glas, dat aan ééne zijde of aan beide zijden niet plat, maar volgens eene gebogene oppervlakte geslepen is.

De lenzen, die voor kijkers gebruikt worden, hebben altijd zuiver *bolvormige* oppervlakten, dat wil zeggen: dat die oppervlakten gedeelten zijn van zuivere bollen. Een brandglas is ook zulk eene lens.

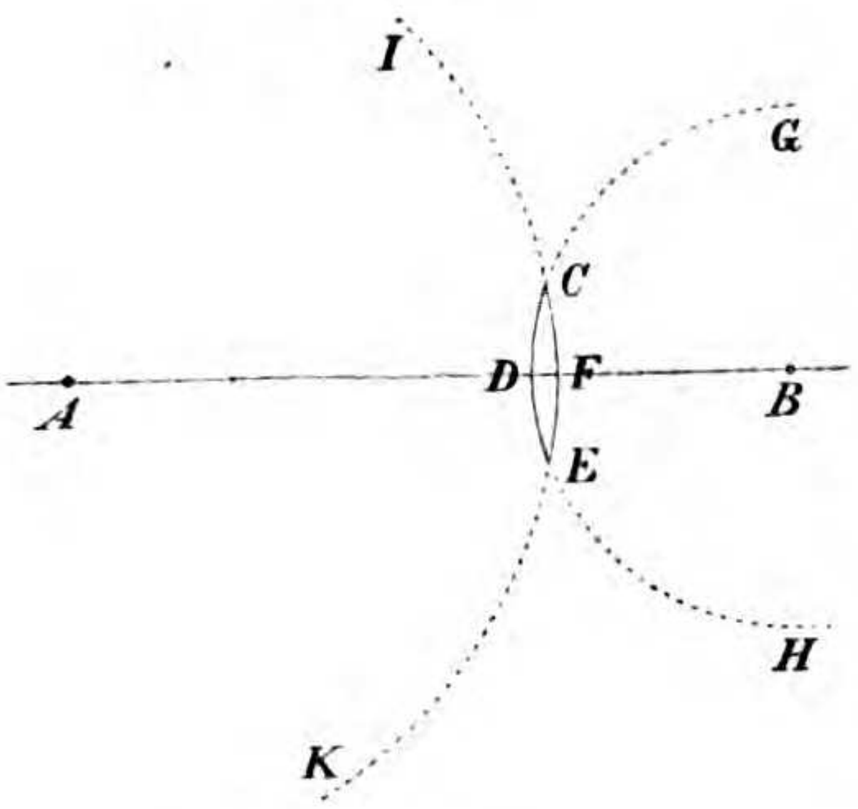
Fig. 365.



Stel nu eens dat ik zulk eene lens juist middendoorbreek, dan noemt men de figuur op de breuk de *doorsnede* der lens.

In fig. 365 ziet gij de doorsneden van verschillende soorten van lenzen; alle hebben dit gemeen, dat zij in het midden dikker zijn dan aan de randen.

Fig. 366.



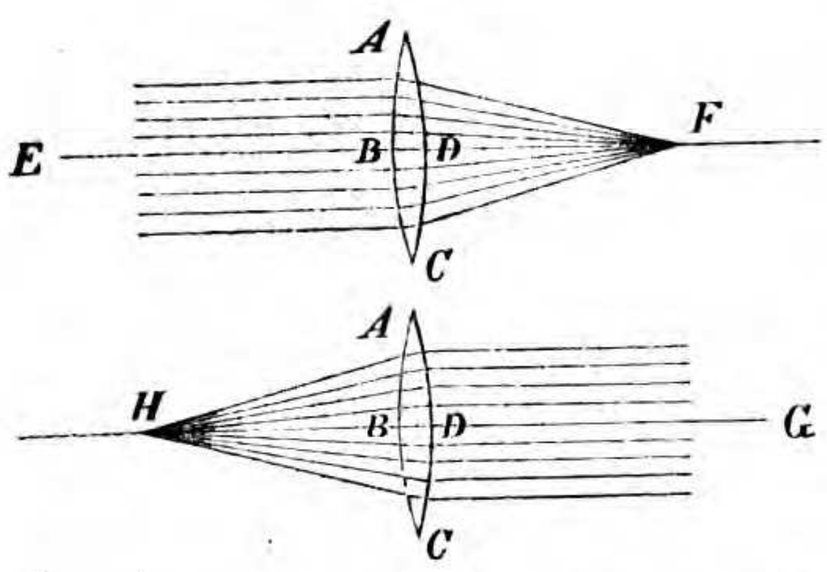
Zij verschillen toch van elkander; in de lens *a* zijn de beide zijden bol, en even sterk gebogen; in de lens *b* daarentegen zijn beide oppervlakken ook wel bol, maar de rechtsche oppervlakte is sterker gebogen dan de linksche; in de lens *c* is de eene zijde plat, de andere bol, en in de lens *d* is de eene zijde hol, de andere bol.

Toch hebben al deze lenzen de eigenschap, dat zij de lichtstralen die van een ver verwijderd lichtend punt komen in één punt vereenigen, als dat lichtend punt in de *as* der lens

ligt. Om te begrijpen, wat de as eener lens is, moet gij eens op het volgende letten: Zij $C\ D\ E\ F$ (fig. 366) de doorsnede eener lens, dan zijn $C\ D\ E$ en $C\ F\ E$ cirkelbogen. Elke cirkelboog behoort tot een cirkel, en die cirkel heeft een middelpunt, zoo is de boog $C\ D\ E$ een gedeelte van den cirkel $G\ C\ D\ E\ H$, en van dezen cirkel is B het middelpunt; $C\ F\ E$ is een gedeelte van den cirkel $I\ C\ F\ E\ K$, en van dezen is A het middelpunt.

Als ik nu die twee middelpunten A en B door eene rechte lijn $A\ B$ vereenig, dan noemt men die lijn de *as* der lens. Zij gaat bij deze soort van lenzen juist door de plaats, waar de lens het dikste is.

Fig. 367.



Nu kan ik van zulk eene lens de beide kanten naar een ver verwijderd licht, bijv. de zon, richten, zoodat het licht beide keeren in de as der lens ligt, dan krijg ik in beide gevallen van dat licht een beeldje. Bijv. hier heb ik eene lens $A\ C$ (fig. 367); plaats ik die zoo, dat die lichtstralen van E komen, dan vereenigen zij zich in F, waar zij het beeld vormen.

Plaats ik echter de lens zoo, dat de lichtstralen van G komen, dan ligt het vereenigingspunt in H, en dan wordt daar het beeld gevormd.

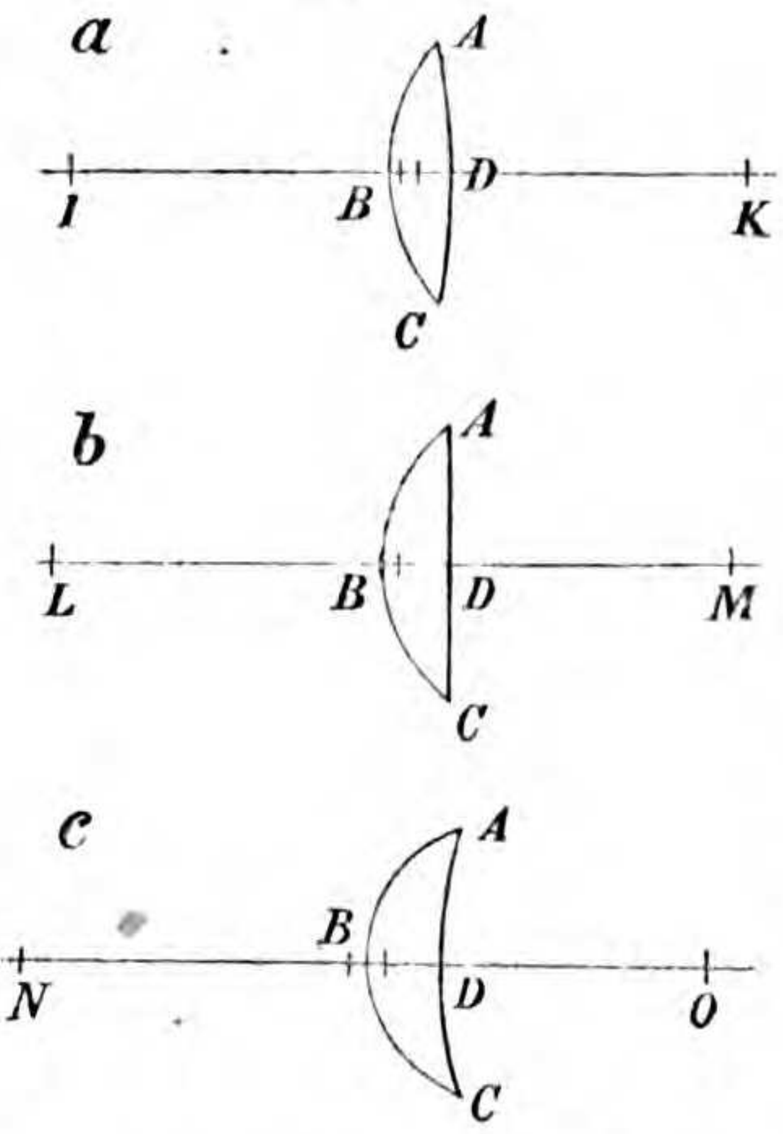
Alle punten waar de lichtstralen zich zoo vereenigen, noemt men *brandpunten*; en deze twee punten F en H, die gevormd worden door lichtstralen, die van zeer ver komen, noemt men *hoofdbrandpunten*.

Als nu die beide oppervlakten even sterk gebogen zijn, zooals bij deze lens $A\ C$, dan liggen de brandpunten aan weerszijden even ver van de lens, dat is F ligt dan even ver van D als H van B.

Zijn die oppervlakten niet even sterk gebogen, zooals in

fig. 368 *a*, dan liggen die hoofdbrandpunten niet precies even ver van de beide oppervlakten; en aan de kant waar de lens het *meeste* gekromd is, *A B C*, daar is de afstand iets grooter, *I B* is dus een weinig grooter dan *D K*; maar het verschil is gering.

Fig. 368.

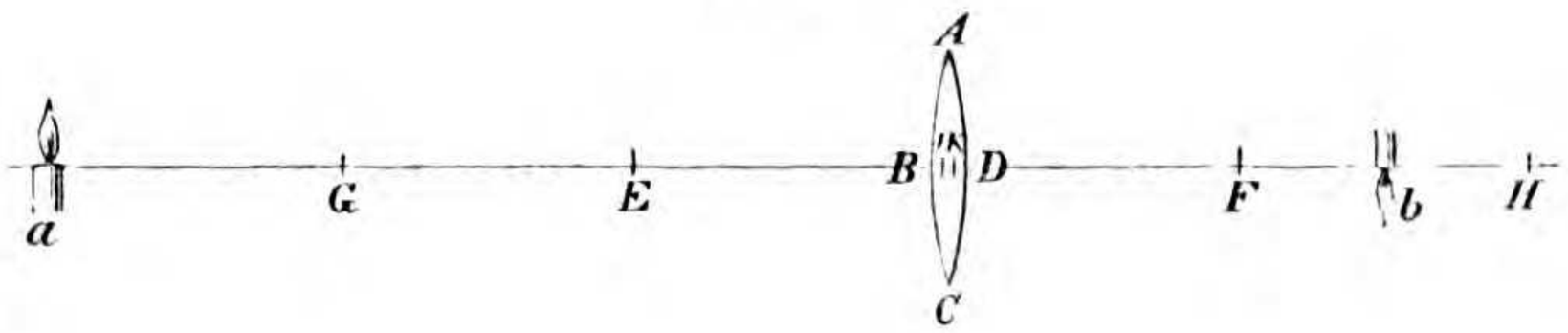


Is de lens aan de ééne zijde plat, zooals in fig. 368*b*, dan is het verschil sterker, en bedraagt bij glazen lenzen omtrent $\frac{2}{3}$ van de dikte der lens; als *L* en *M* de hoofdbrandpunten van zoo eene lens zijn, is dus de afstand *L B* zooveel langer dan *D M*.

Is de lens aan de ééne zijde bol en aan de andere zijde hol, zooals in fig. 368*c*, dan is het verschil nog grooter. Zoo is *N B* grooter dan *D O*, en het verschil is *meer* dan $\frac{2}{3}$ van de dikte.

Nu weet gij, dat een licht, geplaatst niet ver van de lens, in hare as, een beeld geeft achter de lens, fig. 369. En nu

Fig. 369.



is de eerste en voorname vraag, waar het bij de studie der lenzen op aan komt, deze: Als ik eene lens heb en ik weet, waar het lichtend punt is, kan ik dan vooruit weten, waar zich het beeld van dat lichtend punt vormen zal?

En daarop is het antwoord: ja. De lenzen hebben namelijk de volgende eenvoudige eigenschap. Stel dat *E* en *F* de twee

hoofdbrandpunten eener lens A C zijn, en stel, dat in a een licht of een ander voorwerp is, dat in b een beeld vormt, dan zal 1°, als a links van E ligt, b rechts van F liggen, en omgekeerd; 2°, als ik dan a E en F b meet, en de verkregene lengten met elkander vermenigvuldig, dan zal ik altijd voor het product van a E en F b hetzelfde getal vinden.

Nu is in deze figuur a E grooter dan F b, en breng ik nu het licht dichter bij het hoofdbrandpunt E, dan verwijdert zich het beeld b van het hoofdbrandpunt F, zoodat het licht en zijn beeld dus dezelfde richting opgaan.

Nu spreekt het van zelf, dat als a E kleiner en F b grooter wordt, er eens een tijd moet komen, dat zij gelijk zijn, bijv. als het licht in G en het beeld in H is, dan is G $E = F$ H.

Als dit plaats heeft, dan is het licht nagenoeg even ver van het brandpunt, als het brandpunt van de lens.

G E is namelijk iets grooter dan E B; maak ik E $I = G$ E, dan valt I binnen de lens. Maak ik aan de andere zijde F $K = F$ H, dus ook zoo groot als E G, dan valt het punt K ook binnen de lens.

Fig. 370.

Men noemt I en K de *knooppunten* van de lens. In eene glazen lens is hun afstand ongeveer gelijk één derde van de dikte.

Is de lens aan beide zijden even sterk gebogen, dan ligt I even ver van B als K van D, dus wordt de dikte B D door de knooppunten nagenoeg in drie gelijke deelen gedeeld.

Wij hebben dus E $I = E$ $G = K$ $F = F$ H.

Men noemt dien afstand nu den *hoofdbrandpuntsafstand* of gewoonlijk kortheidshalve alleen den *brandpuntsafstand* der lens; en de eigenschap van de lenzen, die ik u wilde mededeelen, is dus dat

$$a\ E \times F\ b = E\ I \times E\ I,$$

of: *als het licht zich in de as der lens bevindt, dan is de afstand van het licht tot het naaste brandpunt, vermenigvuldigd*

met den afstand van het beeld tot het andere brandpunt, altijd gelijk aan den brandpuntsafstand vermenigvuldigd met zichzelven.

---

§ 203

GEVOLGEN DEZER EIGENSCHAP. VOORBEELDEN. VERGROOTGLAS OF LOEP.

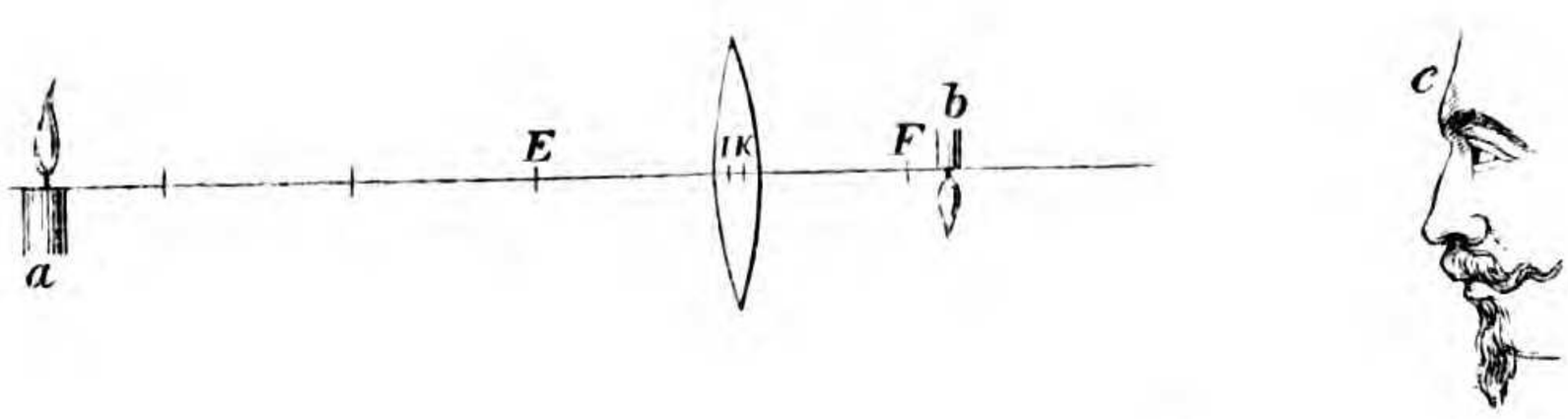
Nu zal ik u eens laten zien, welke gevolgen wij uit die eigenschap der lenzen kunnen trekken.

Ten eerste volgt uit die eigenschap dat, als $a\ E = E\ I$ is, alsdan $F\ b$ ook gelijk $E\ I$ is, maar dit is iets, wat wij reeds besproken hebben.

Ten tweede volgt eruit, dat als $a\ E$ zeer, zeer groot wordt, bijv. als ik de lens als brandglas gebruik en het beeld van de zon opvang, dat dan de afstand $F\ b$ ook zoo klein moet worden dat hij niet meer te meten is. Het beeld b valt dus in dit geval *in* het brandpunt F, dat komt dus ook heel goed uit, met wat wij reeds weten.

Verder kunnen wij nu altijd gemakkelijk berekenen, waar het beeld van het licht is, als wij weten waar het licht zelf is. Ik heb bijvoorbeeld hier eene lens, fig. 371, waarvan de

Fig. 371.



brandpuntsafstand is 5 centimeters, laat ik nu eens in de as van de lens, in a, eene kaars op een afstand van $17\frac{1}{2}$ centi-

meters, van het knooppunt I plaatsen, waar zal dan het beeld van de kaars zijn?

Dat kunnen wij nu aldus berekenen:

De kaars is op	$17\frac{1}{2}$	centimeters van I af.
Het brandpunt is op	5	„ „ „ „
Afstand	$12\frac{1}{2}$	„
De brandpuntsafstand is	5	„
vermenigvuldigd met zichzelf	5	
geeft	25,	

deze 25 gedeeld door $12\frac{1}{2}$ geeft 2. De kaars is in de figuur *links* van het brandpunt E, dus is het beeld *rechts* van het brandpunt F, en wel op een afstand van 2 centimeters; het brandpunt F is van het knooppunt K op 5 „

te zamen 7 „

Het beeld is dus op 7 centimeters van het knooppunt K dus in b.

Wil men nu dit beeld zien, dan kan men een stukje papier op die plaats houden, dan ziet men den vorm dadelijk als er dat beeldje op valt, evenals in de figuur.

Of men kan met zijn oog in c gaan, ook in de as, maar zoo ver van b af, dat, als men in b een voorwerp houdt, men dit voorwerp scherp ziet. Die afstand is voor alle oogen niet dezelfde. Een gewoon oog ziet de voorwerpen scherp op 30 centimeters, bijziende oogen veel dichterbij, soms op 15 of 10 centimeters afstand; oude menschen moeten een voorwerp op veel grooteren afstand houden om het duidelijk te zien.

Heeft iemand dus een gewoon oog, dan moet hij zijn oog in c nog 30 centimeters achter het beeld b van de kaars houden, om dit beeld duidelijk te zien. Hij kan wel er nog *verder* van afgaan, maar veel *dichterbij* kan hij zijn oog niet brengen, dan ziet hij het beeldje der vlam niet helder meer. Beproef dit nu zelf maar eens, en gij zult zien dat dit juist is zooals ik zeg.

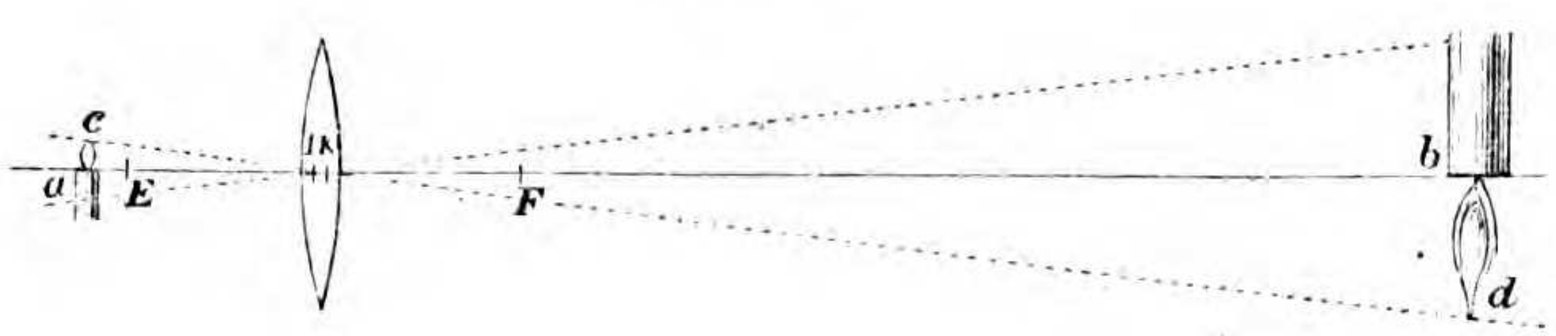
ABDULLAH. O ja, mijnheer, ik zie het al, ik zie het beeldje van de vlam zeer duidelijk; maar ik wilde u wel wat vragen. Eenigen tijd geleden was hier in het logement een photograaf, ik heb dien ook zien werken, hij richtte zijn toestel op de personen, en dan zag hij of het beeld zuiver was, precies zooals u mij nu van die kaars hebt uitgelegd. Maar er was een ondoorschijnend glas in het photographeerkistje en daar viel een zeer fraai beeld op, precies een portret, maar omgekeerd, het hoofd naar beneden.

DE HEER. Juist zoo, gij hebt goed opgelet. In zoo een photographie-toestel gebeurt hetzelfde als ik u hier met die kaars heb laten zien; dat ondoorschijnende glas, dat wij *matglas* noemen, wordt gemaakt door spiegelglas met fijne amaril en water te schuren of te slijpen. Neemt gij, terwijl gij achter den toestel staat en dus het fraaie beeld beziet, het matte glas uit den toestel weg, dan ziet gij slechts het midden van het beeldje, voor zoover uw oog rechtstreeks licht van de lens ontvangt, maar gebruikt gij het matte glas, dan valt het beeld daarop, en dan wordt er veel meer van zichtbaar.

Maar laat ons nu eens verder zien.

Tweede voorbeeld. De brandpuntsafstand blijve dezelfde, dus 5 centimeters, maar de kaars is veel dichter bij. Ik stel dat de kaars is op 6 centimeters van het eerste knooppunt (*I*), fig. 372.

Fig. 372.



Nu hebben wij voor den afstand van de kaars tot het eerste brandpunt slechts één centimeter. Deel ik nu weder 25 door 1, dan verkrijg ik 25: de kaars is in de figuur ter linkerzijde

van het brandpunt E, dus is het beeld 25 centimeters ter rechterzijde van het brandpunt F, of 30 centimeters ter rechterzijde van het 2e knooppunt K. Het beeld is nu veel verder van de lens dan de kaars zelve, en valt dus zooals in de figuur te zien is.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat beeld is in de figuur nu zoo groot geteekend, is dat dan zoo?

DE HEER. Ja, die grootte van het beeld is ook gemakkelijk na te gaan. Want daaromtrent geldt een eenvoudige regel, namelijk, het beeld is even zooveel maal grooter (of kleiner) dan het voorwerp, als de afstand van het beeld tot het tweede knooppunt grooter (of kleiner) dan de afstand van het voorwerp tot het eerste knooppunt is.

Zoo is nu die afstand 5 maal grooter, want $30 = 5 \times 6$; en daarom is nu het beeld van de vlam ook 5 maal grooter dan de vlam zelve.

De driehoek $a\ I\ c$ heeft dus dezelfde gedaante als de driehoek $b\ K\ d$, of zooals men dat in de wiskunde noemt, die driehoeken zijn *gelijkvormig*, hoek $c\ I\ a$ is dus even groot als hoek $b\ K\ d$, en de lijnen $c\ I$ en $K\ d$ zijn dus evenwijdig.

Door deze eigenschap kan men nu altijd gemakkelijk de plaats vinden van het beeld van een willekeurig lichtend punt, dat niet in de as, maar op eenigen afstand, mits niet te ver, van de as der lens afligt.

Is dat lichtend punt bijv. de top der vlam c, dan trek ik de lijn $c\ I$ naar het eerste knooppunt; dan de lijn $K\ d$, door het tweede knooppunt evenwijdig aan $c\ I$, dan weet ik, dat het beeld d van dien top c op die lijn liggen moet. Verder trek ik $c\ a$ loodrecht op de as der lens; en uit $a\ E$ bereken ik $F\ b$, zooals ik u beschreven heb, dan behoef ik nog maar de lijn $b\ d$ te trekken loodrecht op de as. dan is in het punt d, waar die loodlijn de lijn $K\ d$ snijdt, het beeld van den top c der vlam.

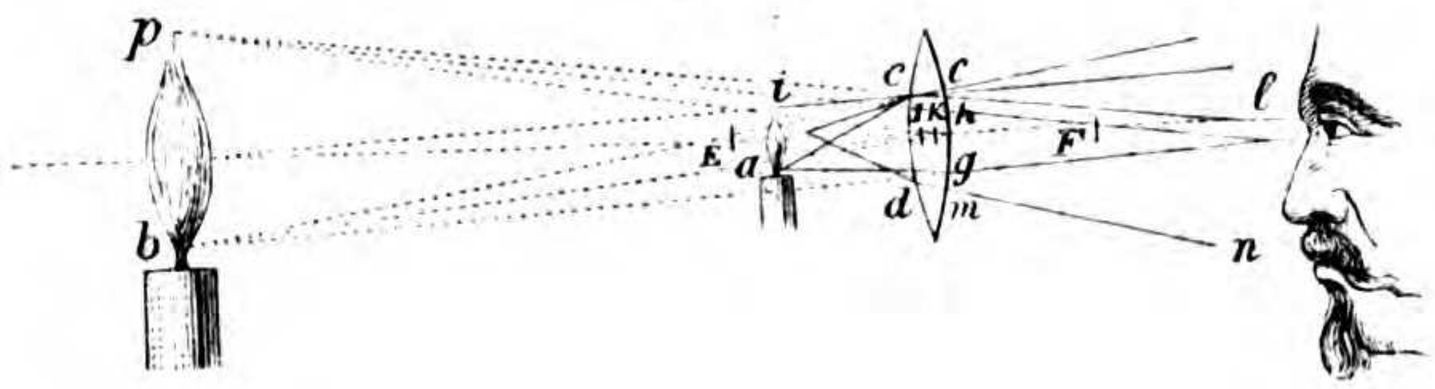
Komt de kaars nu nog dichter bij het brandpunt E, bijv. 2 maal zoo dicht bij, dan komt het beeld ook tweemaal verder

van het brandpunt F, wordt dus ook bijna tweemaal grooter. Komt de kaars *zeer* dicht bij E, dan ligt het beeld ook *zeer* ver van F.

En komt het licht precies in het brandpunt E, dat is op een afstand = nul van dat brandpunt, dan is er geen beeld meer, want ik kan 0 nooit met een getal vermenigvuldigen zoo, dat ik 25 tot product krijg.

Derde voorbeeld. Fig. 373. De kaars is nu het brand-

Fig. 373.



punt E voorbijgegaan en staat rechts van dat brandpunt. De lens is dezelfde gebleven, dus de brandpuntsafstand is nog altijd = 5 centimeters. Waar ligt nu het beeld van de kaars?

Nu ligt de kaars ter *rechterzijde* van het brandpunt E, dus ligt het beeld ter *linkerzijde* van het brandpunt F. Is nu de afstand $E\,a = 1$ centimeter, dan moet de afstand $F\,b$ weder 25 centimeters zijn, en het valt dus in b.

Nu zult gij wellicht vragen hoe kan dat? Als gij daar een vel papier houdt, ziet gij er geen beeld eener kaars op, dat spreekt van zelf. Maar de bedoeling is als volgt. In de figuur duidt de letter a het onderste gedeelte der vlam aan. Als nu uit a lichtstralen vertrekken, die de lens in verschillende punten, bijv. c en d treffen, dan worden die lichtstralen tweemaal gebroken, eerst bij hunne intrede in de lens, in c en d [1]), en daarna bij hunne uittrede uit de lens, bij e en g.

---

[1]) In de figuur treft de onderste der twee uit a getrokkene lijnen de lens een weinig te hoog, en kon de letter k, tusschen e en h, niet gezet worden.

Maar hoe zullen die stralen nu loopen na die brekingen? Antwoord, alsof zij uit het punt *b* komen, want dat punt is het beeld van het punt *a*.

Evenzoo is het met den top *i* der vlam. Die zendt ook zijne stralen naar alle punten van de lens, bijv. naar *c* en *d*, die stralen worden ook gebroken, eerst naar *k* en *m*, daarna volgens *k l* en *m n*, en deze stralen loopen nu weder alsof zij uit *p* komen, want *p* is het beeld van het punt *i*.

En wat is nu hiervan het gevolg? Dat, als er op eenigen afstand van de lens een oog de lichtstralen opvangt, dat oog dan in plaats van het kleine voorwerp in *a* zich verbeeldt te zien het groote voorwerp in *b*. Als men daarvoor zulk eene lens gebruikt, noemt men deze een *vergrootglas* of *loep*. Het is een alleraangenaamst instrumentje om kleine voorwerpen beter te onderscheiden, bijv. kleine insecten, zooals de mier, de houtluis, enz., het stuifmeel van bloemen, de cellen, waaruit de planten bestaan, de meelkorreltjes in de aardappelen of katella's, enz.

Omdat nu dat beeld niet in wezenlijkheid bestaat, maar slechts in schijn, noemt men het een *schijnbeeld*, en het vorige, fig. 371 en 372, een *waar beeld*.

---

§ 204.

OVER DE BRILLEN VOOR VÈRZIENDEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer mag ik u iets vragen? Mijn grootvader gebruikt, als hij lezen wil, een bril, en als *ik* daardoor zie, dan zie ik in de verte niets duidelijk, en als ik er voorwerpen door zie, die dicht bij mij zijn, dan zie ik ze grooter. Is zulk een bril dan ook een vergrootglas?

DE HEER. Ja zeker, maar een zeer zwak vergrootglas. Om een voorwerp, bijv. eene letter, goed te zien, moet het niet te ver af zijn, anders schijnt het ons te klein toe. Als wij nu

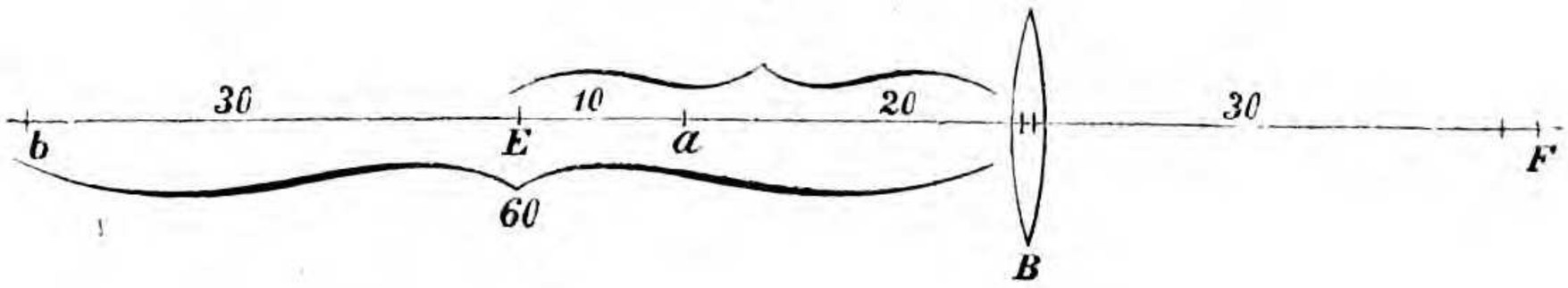
voorwerpen, die zeer dichtbij zijn, zien willen, dan kunnen wij, tengevolge van eene bijzondere eigenschap van ons oog, de lens in ons oog, (fig. 296, zie 3de stukje) aan den rand samendrukken, zoodat zij een weinig boller wordt, en dan zien wij de voorwerpen, die dichtbij zijn, duidelijk, terwijl wij ze vroeger niet duidelijk zagen. Maar wanneer wij nu oud worden, dan vermindert het vermogen om dat te doen, aanmerkelijk, en terwijl, voor iemand met goede oogen, de kleinste afstand, waarop hij nog duidelijk zien kan, 25 a 30 centimeters bedraagt, wordt dat langzamerhand door den ouderdom 40, 50, 60 centimeters of meer; en dan kan men op zulk een afstand gewoon schrift of kleine drukletters niet lezen.

Als nu iemand, wiens oogen het vermogen, om dichtbij te zien, zoo ver verloren heeft, toch wil lezen, dan gebruikt hij een zwak vergrootglas, maar daar hij gewend is met beide oogen te zien, gebruikt hij twee vergrootglazen, ieder in een ring, die met elkander verbonden zijn, en op de eene of andere wijze voor de oogen kunnen blijven. Gebeurt dit op de ouderwetsche manier, door een paar eindjes staaldraad, dan noemt men het geheele werktuigje een *bril*. Moet men het aan een handvat in de hand houden, dan heet het een *lorgnet*; nog een andere vorm is die, dat men het op den neus kan zetten, waar het door eene veer op blijft zitten; het heet dan een *knijpertje*, of met een fransch woord een *pince-nez*, dat neusknijper beteekent.

En hoe werkt nu zulk een instrumentje? Juist zoo als de lens in het derde voorbeeld. Stel dat $K\ b$, fig. 373, de naaste afstand is, bijv. 60 centimeters, waarop iemand, die verziende is, zien kan; wanneer hij op dien afstand fijn schrift of kleine drukletters houdt, kan hij ze niet lezen, daarvoor moeten die letters bijv. op 20 centimeters afstand zijn. Nu gebruikt hij een bril met glazen van 30 centimeters brandpuntsafstand. Men vindt dat getal door het product van 60 en 20, d. i. 1200, te deelen door het verschil van 60 en 20, d. i. 40.

Wij hebben nu deze figuur, fig. 374, waar de afstanden op

Fig. 374.



een tiende der ware grootte bijgezet zijn.

Hierin is:

$$Ea = 10,$$
$$Fb = FB + Bb = 90,$$
$$Ea \times Fb = 10 \times 90 = 900 = 30 \times 30.$$

Als dus de verziende zijn oog vlak bij den bril houdt, en hij houdt een blad papier met gedrukte of geschreven letters in a, dan komt het schijnbeeld van die letters in b, en dat beeld is dan juist op den afstand, dat hij het zien kan.

Bij die berekeningen van brillen kunt gij gerust den afstand van de knooppunten I en K en de geheele dikte van de lens verwaarloozen, maar ik heb dat, toen ik u de vorige keer over de lenzen sprak, opzettelijk niet willen doen, omdat ik u de zaak juist wilde voorstellen.

---

§ 205.

OVER DE VERKLEINENDE LENZEN.

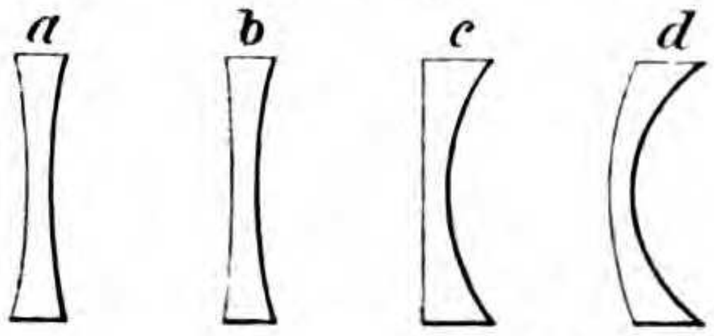
ABDULLAH. Maar mijnheer, alle brillen zijn toch niet zoo gemaakt? Want bijv. de bril van den heer A. vergroot niet, maar verkleint; hij liet mij dien bril onlangs zien.

DE HEER. Natuurlijk; een bijziende heeft een gebrek in het oog, dat juist tegenovergesteld is aan het gebrck in het oog van een verziende; dichtbij kan hij goed zien, en dikwijls zeer dichtbij, bijv. op 10 centimeters, maar veraf kan hij niet goed zien. Hoe kan hij dat gebrek nu verhelpen?

Herinner u nu maar eens, dat de lenzen, waarover ik u tot nog toe gesproken heb, alle in het midden dikker waren dan aan den rand; dat waren ook vergrootende lenzen.

Nu zijn er ook andere lenzen, en die zijn aan den rand dikker dan in het midden; dat zijn verkleinende lenzen. Zie hier in deze figuur, fig. 375, hoe de doorsnede van zulk eene lens eruit kan zien.

Fig. 375.



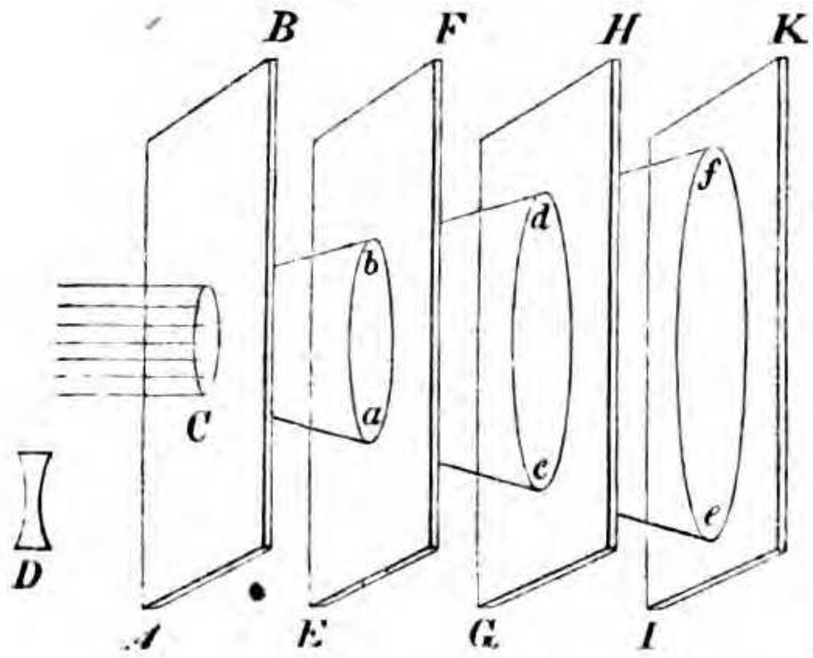
In *a* ziet gij de doorsnede eener lens, die aan beide zijden hol is; de beide holle oppervlakten zijn even sterk gebogen; in *b* zijn beide holle oppervlakten niet even sterk gebogen. In *c* is de eene oppervlakte plat, de andere hol, in *d* is de eene oppervlakte bol, de andere hol, maar al deze lenzen zijn toch in het midden dunner dan aan den rand, en hebben in hare eigenschappen veel overeenkomst met elkander, doch die eigenschappen zijn tegenovergesteld aan de eigenschappen der vergrootende lenzen, waarvan ik u de vorige keer gesproken heb.

Want gij herinnert u, dat ik u verteld heb, dat, als er op zulk eene vergrootende lens evenwijdige lichtstralen uit de verte vallen, lichtstralen die uitgaan van een licht, dat in de as der lens ligt, die lichtstralen zich in één punt, het hoofdbrandpunt, vereenigen. Welnu, wanneer wij nu eene verkleinende lens, bijvoorbeeld het glas van een bril voor bijzienden, tegen de zon houden, evenals een brandglas, dan gebeurt dat niet. Houden wij een vel papier op eenigen afstand van de lens, aan den anderen kant als de zon, dan wordt daar nooit een beeld van de zon gevormd, maar wij zien integendeel eene ronde lichte plek, die hoe langer hoe grooter wordt, hoe verder het papier van de lens wordt afgehouden. Wij kunnen het nog duidelijker zien, als wij zulk eene verkleinende lens in een plankje *A B* in een gat opsluiten, zie fig. 376, want dat plankje houdt de lichtstralen die op zijde van de lens vallen, tegen.

Als wij dat plankje dan tegen de zon houden, zoodat de zonnestralen er recht op vallen, dan gaan die zonnestralen

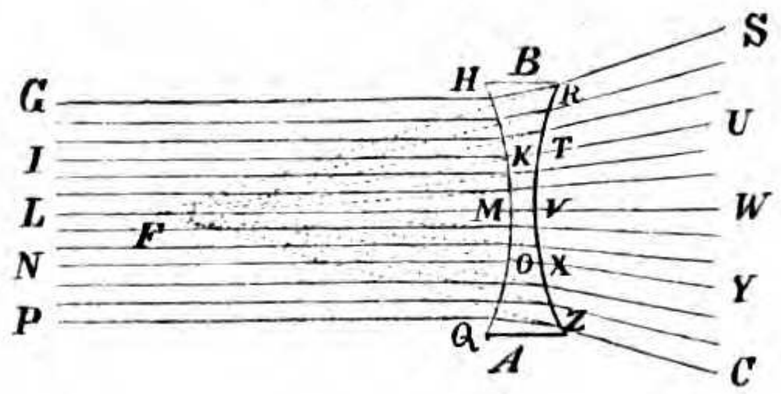
door de lens, maar als ik nu een vel papier houd in $E\,F$, dan zie ik daar een lichten kring $a\,b$, die grooter is dan de lens; houd ik het vel papier verder van de lens in $G\,H$, dan is die lichte kring grooter, namelijk $c\,d$, houd ik het papier nog verder van de lens, in $I\,K$, dan is die lichte kring weder grooter, namelijk $e\,f$.

Fig. 376.



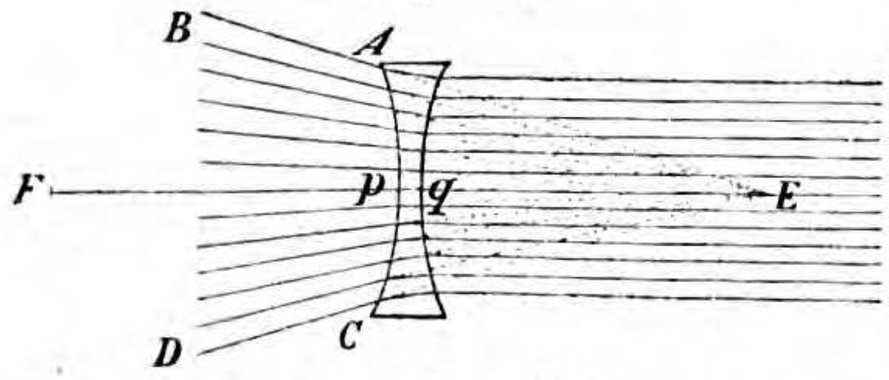
Gij ziet dus, dat hier het tegenovergestelde gebeurt van hetgeen bij eene vergrootende lens plaats vindt. Daar vereenigde zich het licht, dat erdoor gegaan was, tot één punt, hier gaat het uit elkander. Komt het licht nu, niet zooals bij de zon, uit eene geheele schijf, maar uit een *zeer ver afgelegen* punt, dan zijn de lichtstralen, die uit dat punt komen, nagenoeg evenwijdig, zooals $G\,H$, $I\,K$, $L\,M$, $N\,O$ en $P\,Q$, fig. 377, en wat gebeurt nu in eene verkleinende lens? De door de lens gegane stralen $R\,S$, $T\,U$, $V\,W$, $X\,Y$ en $Z\,C$ loopen juist zoo, alsof zij uit één punt F komen. Dit punt noemt men nu ook het *hoofdbrandpunt*, of verkort, het *brandpunt* van de lens $A\,B$.

Fig. 377.



Evenals bij eene vergrootende lens, zoo zijn er ook bij eene verkleinende lens twee brandpunten, aan elken kant van de lens één. Komen dus in fig. 378 de stralen van den rechterkant af, evenwijdig aan de as der lens, dat wil zeggen van een ver verwijderd punt, dan verlaten zij de lens in de richting $A\,B$, $C\,D$, enz., alsof zij uit het punt E, het tweede brandpunt komen.

Fig. 378.

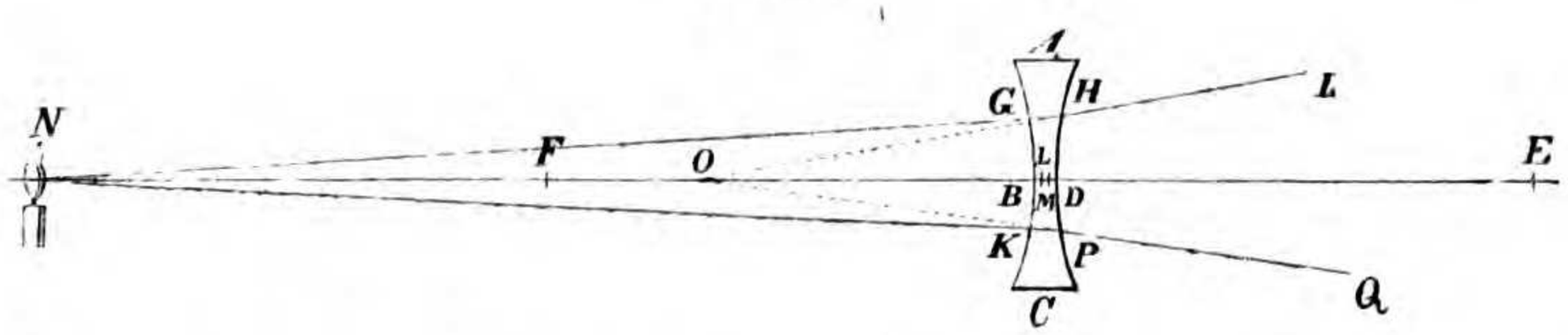


Vergelijken wij nu dien loop der lichtstralen met denzelfden

loop in vergrootende lenzen, dan zien wij dat die brandpunten F en E van plaats verwisseld hebben. Het punt F is eigenlijk in deze figuur het rechterbrandpunt, maar het ligt links, en het punt E is eigenlijk het linkerbrandpunt, maar het ligt rechts.

En wat gebeurt er nu, als het licht niet van de zon erin valt, maar van een licht dat tamelijk dichtbij is, bijv. van eene kaars of lamp? Zie eens deze figuur, fig. 379, hier ziet

Fig. 379.



gij in N eene vlam van eene kaars, het licht dat daarvan uitstraalt, gaat bijv. langs $N\,G$, $N\,K$, enz. in eene rechte lijn tot het de lens raakt, dan wordt het gebogen of zooals men zegt gebroken, gaat dan in de lens weder in eene rechte lijn, langs $G\;\;H$ en $K\,P$, wordt dan weder gebroken en vervolgt zijnen weg langs $H\,I$ en $P\,Q$. Die stralen loopen natuurlijk nog sterker uit elkander dan die, welke uit de zon kwamen, want de zonnestralen kwamen evenwijdig in, maar deze stralen loopen reeds uit elkander, vóór zij de lens bereiken. De zonnestralen, nadat zij door de lens gegaan waren, liepen evenzoo uit elkander, alsof zij uit het punt F kwamen, maar deze stralen loopen zoo sterk uiteen, dat het is alsof zij uit O komen, een punt, dat nog dichter bij de lens ligt. En als iemand nu zijn oog achter de lens, tusschen D en E houdt, en naar de vlam ziet, dan is het voor hem even alsof er een klein vlammetje in O is.

ABDULLAH. Maar mijnheer, kan men bij deze lens nu ook berekenen, waar het beeldje komt, evenals bij de vergrootende lens?

DE HEER. Wel zeker, en de berekening is precies dezelfde, maar men moet erop letten dat de brandpunten van plaats verwisseld hebben. Wij hebben dus hier, dat het product

$$N\,E \times O\,F$$

altijd even groot is. Is $N\,E$ dus zeer groot, dan is $O\,F$ zeer klein, hoe grooter $N\,E$, hoe kleiner $O\,F$ is, en indien eindelijk $N\,E$, zooals wanneer de zonnestralen opgevangen worden, oneindig groot is, dan is $O\,F$ geheel en al gelijk nul, dat is, de lichtstralen schijnen uit F te stralen, zooals wij reeds weten.

Overigens is het hier evenzoo als bij de vergrootende lenzen, dat als het lichtende voorwerp *links* van E ligt, het beeld O dan gevormd wordt *rechts* van F, en omgekeerd.

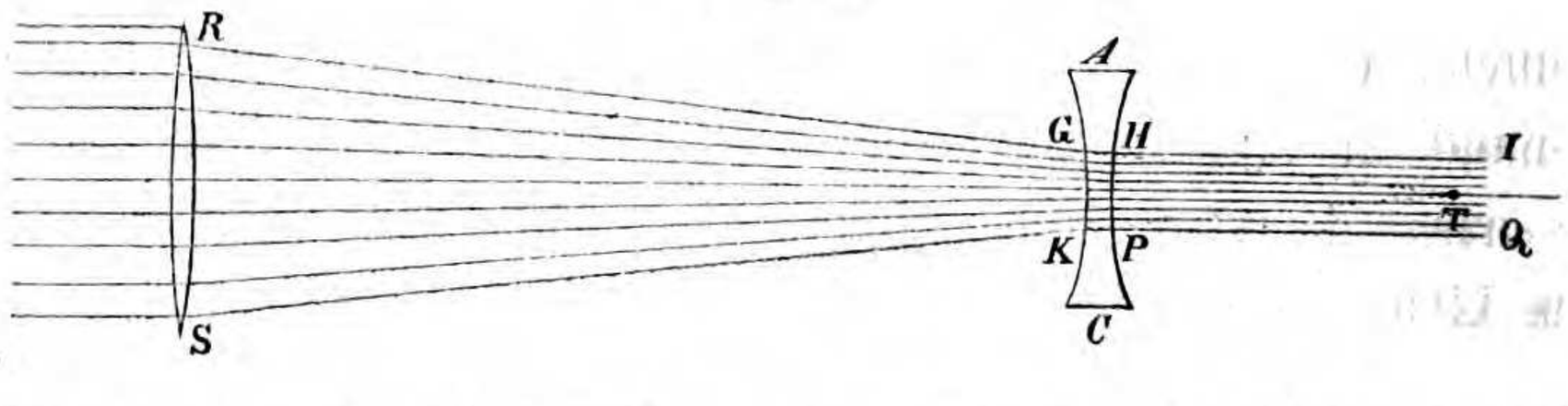
Als men nu de vlam dichter bij de lens brengt, dan komt zij ook dichter bij het punt E, en men kan vragen: kan ik haar nu ook zoo dicht bij de lens brengen, dan $N\,E = F\,O$ wordt, zooals wij dat bij de vergrootende lenzen hebben gehad?

Het antwoord is: willen wij het lichtende punt aan de linkerzijde der lens laten, en zijn licht naar de lens laten uitstralen, neen; dan kan dat niet, maar wel als wij het licht op eene andere wijze laten schijnen.

Evenals het licht namelijk uit één punt kan uitstralen, evenzoo kan het naar één punt toe stralen. Hiervoor moet het licht eerst door eene vergrootende lens gaan, evenals het zonnelicht door een brandglas.

Stel dat lichtstralen, die van een zeer ver verwijderde vlam

Fig. 380.



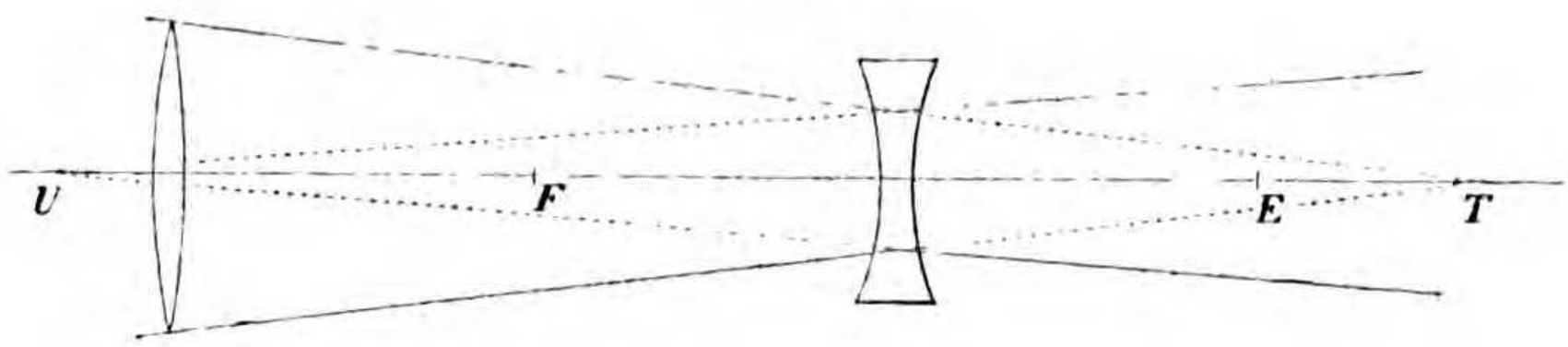
afkomen, evenwijdig vallen op eene vergrootende lens $R\,S$, fig. 380, dan zullen die lichtstralen zich, nadat zij die lens zijn doorgegaan, vereenigen in één punt T, het brandpunt der lens $R\,S$. Deze stralen loopen dan naar één punt toe.

Plaats ik nu op den weg van die stralen eene verkleinende

lens $A\ C$, zooals de figuur dat aanduidt, en zoodat T juist het eene brandpunt der lens is, dan spreekt het van zelf dat de stralen door die verkleinende lens zullen gebroken worden, en evenwijdig hunnen weg zullen vervolgen.

Maar breng ik nu de verkleinende lens $A\ C$, dichter bij de vergrootende lens $R\ S$, fig. 381, dan valt de lichtstraal $R\ G$

Fig. 381.



van fig. 380 dichter bij den rand der verkleinende lens, en wordt ook sterker gebogen. Wat is dus het gevolg? Dat de lichtstralen, die de verkleinende lens verlaten, niet evenwijdig loopen, maar uit elkander loopen, even alsof zij uit een zeker punt U uitgaan. Maar wij mogen nu wel opmerken, dat het punt T nu *rechts* van het brandpunt E en het punt U *links* van het brandpunt F ligt. Beide deze punten bestaan nu eigenlijk niet in wezenlijkheid, in T is zelf geen licht, maar het licht straalt naar dat punt toe, in U is ook geen beeld, en toch schijnt het dat de stralen er van daan komen, er bestaat een *schijnbeeld*, als men van de overzijde door de lens heenziet.

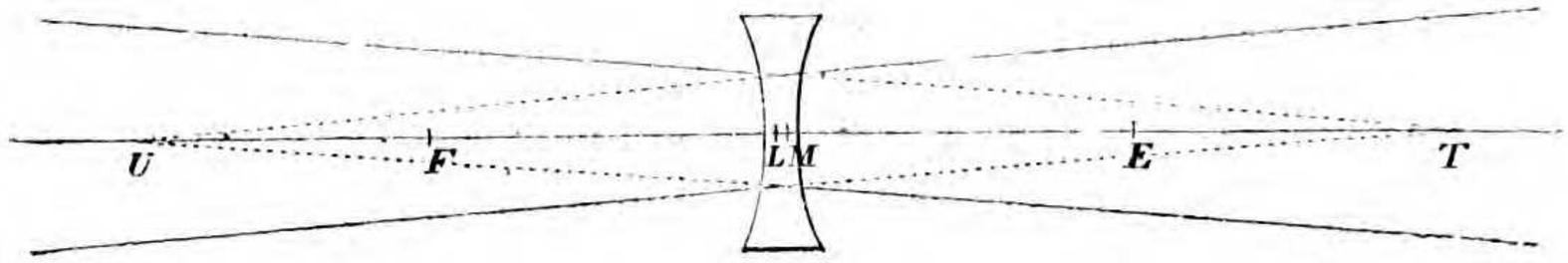
Ook in deze figuur zal men hebben, dat als men $E\ T$ en $F\ U$ met elkander vermenigvuldigt, het product standvastig is, en wel precies even groot als $N\ E \times F\ O$ in fig. 379.

Brengt men nu de verkleinende lens nog dichter bij de vergrootende lens, dan wordt de afstand $E\ T$ grooter, en dan wordt natuurlijk de afstand $U\ F$ kleiner, totdat zij beiden precies gelijk zijn; dan krijgen wij de volgende figuur, fig. 382, waarin wij de vergrootende lens nu maar weggelaten hebben.

Meten wij nu nauwkeurig den afstand der punten E en F, dan vinden wij dat die iets kleiner is dan tweemaal $E\ T$. Maak ik namelijk $E\ L = E\ T$ en $F\ M = F\ U$, dan vallen L en M

niet in elkander, maar dicht bij elkander, en als wij zulk

fig. 382



eene verkleinende lens hebben als hier geteekend is, namelijk eene, die aan beide zijden hol is, dan liggen beide die punten binnen de lens. En is de lens aan beide zijden even hol, dan ligt ook het punt *L* even ver van de linksche vlakte als het punt *M* van de rechtsche vlakte.

En in eene glazen lens is dan die afstand nagenoeg gelijk aan een derde van de dikte der lens, en de afstand der punten *L* en *M*, die ook weder de knooppunten genoemd worden, ook een derde van die dikte.

En de afstand *U F* of *F M* of *L E* of *E T* noemt men weder den brandpuntsafstand der lens.

Heeft men eene lens, uit eene andere stof dan glas gemaakt bijv. ijs of bergkristal, dan liggen de knooppunten anders, en hun afstand is dan minder of meer dan $\frac{1}{3}$ van de dikte der lens.

---

§ 206.

GEBRUIK DER VERKLEINENDE GLAZEN ALS BRILLEN VOOR BIJZIENDEN.

Evenals nu de vergrootende lenzen dienen kunnen voor brillen voor verziende personen, evenzoo kunnen de verkleinende lenzen dienen voor brillen voor bijzienden.

Want stel eens dat een bijziende niet verder kan zien, (fig. 377) als hij zijn oog tusschen *V* en *W* heeft, dan tot het punt *F*, dan zal hij, als hij de holle lens *A B* als bril gebruikt, daarmede

voorwerpen, die veraf liggen, duidelijk kunnen zien, want die werpen zulke stralen *G H*, *I K*, *L M*, *N O*, *P Q* op de lens, als in die figuur geteekend zijn, en als die stralen door de lens gegaan zijn, dan is hun loop even alsof zij uit *F* uitgaan.

Wil zoo iemand echter dichtbij zien, bijv. om te lezen, dan heeft hij een zoo sterken bril niet noodig. Want, zie fig. 379, de stralen, die uit de vlam *N* uitgaan, worden eerst door de lens *A C* gebroken, dan gaan zij zoo sterk uit elkander, dat het schijnt, dat zij uit het punt *O* uitgaan, dit punt ligt dichter bij de lens dan *F*, wellicht zoo dicht, dat hij het niet goed door de lens zien kan; in dat geval is die bril voor hem te sterk, en moet hij dus een minder sterken bril nemen, d. i. een bril, die niet zoo sterk hol is.

---

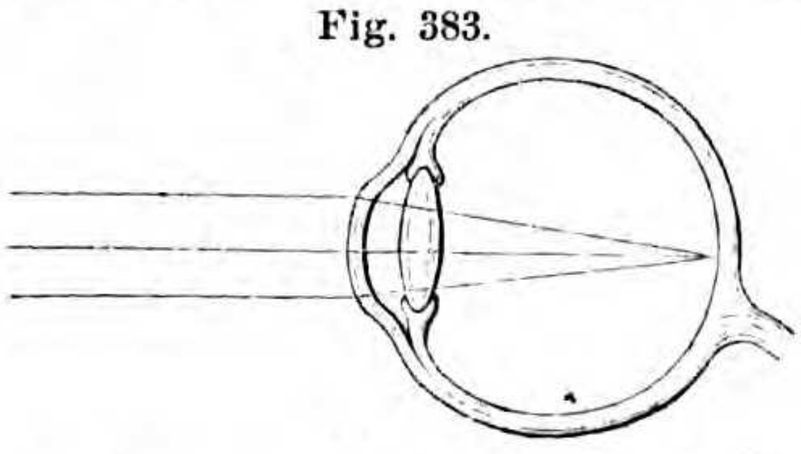
§ 207.

WAT DE OORZAAK IS VAN BIJZIENDHEID EN VAN VERZIENDHEID.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe komt dat toch dat sommige menschen bijziende, sommige verziende zijn?

DE HEER. Wel, dat zal ik u eens uitleggen. Gij herinnert u, dat ik u vroeger al eens heb medegedeeld, dat het menschelijk oog een toestel is, evenals een photographie-toestel; en dat achter op het oog, op het netvlies, een beeld gevormd wordt van de voorwerpen die men ziet.

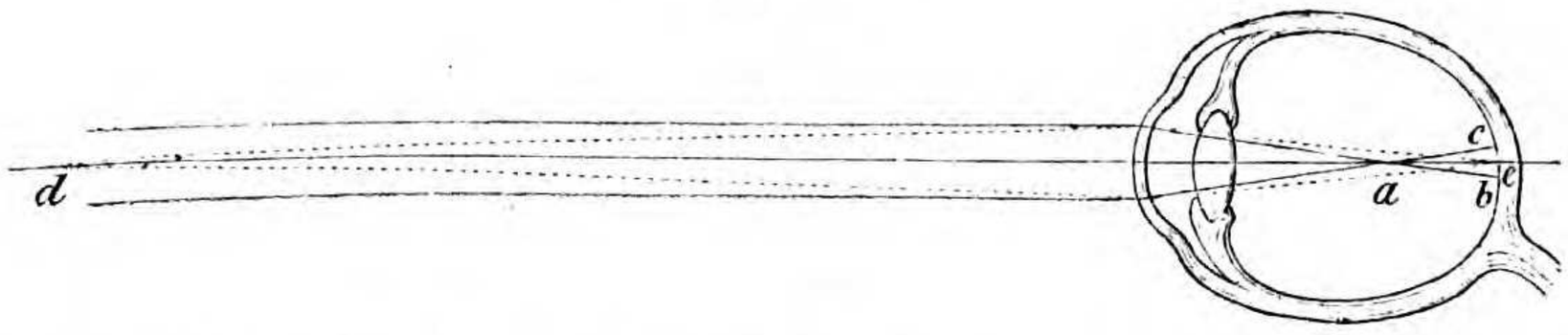
Fig. 383.



Als nu het oog volkomen goed is, dan is de afstand van het netvlies tot de lens juist zoo, dat het beeld erop valt, fig. 383; men noemt zulk een oog een goedgevormd oog; maar in een bijziend oog is die afstand te groot, omdat het oog te lang is, zie fig. 384. Zulk een oog krijgt slechts van voorwerpen, die zeer dichtbij zijn, een beeld

op het netvlies; maar is een voorwerp wat veraf, dan valt

Fig. 384.

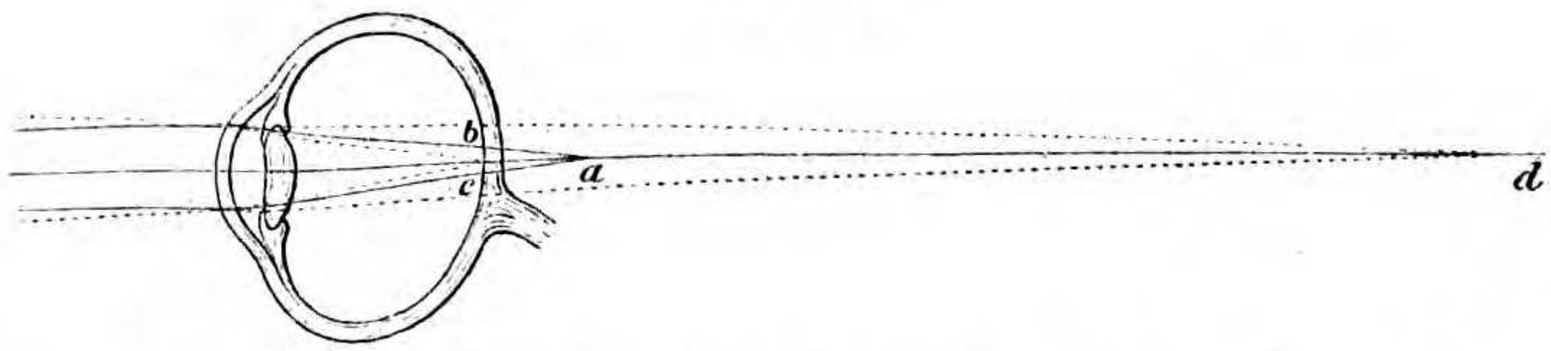


het beeld vóór het netvlies, bijv. in *a*, maar daar is geen scherm, om dat beeld op te vangen en het gevolg is dus, dat de lichtstralen, doorgaande tot op het netvlies, in *b c* een rond vlekje vormen, en als nu al de punten van een voorwerp, bijv. een boom of huis, een rond vlekje als beeld geven in plaats van een punt, dan is dat beeld niet scherp, en de bijziende kan de voorwerpen niet goed onderkennen, hij kan bijv. de personen wel zien, maar niet onderscheiden wie het is; van de kleeren zal hij de patronen niet kunnen zien op een afstand, waarop een goed oog het wel kan, enz.

Maar nauwelijks gebruikt hij een bril, zoo sterk als hij die noodig heeft, of het beeld *a* gaat naar achteren, en valt op het netvlies, dan ziet de bijziende even goed als iemand die goedgevormde oogen heeft.

En nu kunt gij wel nagaan wat verziende oogen zijn; dat zijn namelijk oogen die te kort zijn, zie fig. 385; in zulke

Fig. 385.



oogen valt het beeld eigenlijk achter het netvlies, en nu ziet gij wel uit de figuur, dat er op het netvlies, in plaats van een enkel punt, wederom een kringetje gevormd wordt, en het beeld van een klapperboom of een huis of een persoon kan natuurlijk niet scherp en duidelijk zijn als in plaats van elk punt, een kringetje komt.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als de menschen dan oud worden, worden dan hunne oogen korter ?

DE HEER. Wel neen, dat niet; men moet onderscheid maken tusschen verziendheid door een te kort oog en verziendheid door ouderdom.

---

§ 208.

OVER HET ACCOMMODATIE-VERMOGEN VAN HET OOG.

Om dat goed te begrijpen moet ik u eerst opmerkzaam maken op het vermogen van het oog, om ver en dichtbij te zien. Dit vermogen bezit elk oog; gij weet het zelf wel, gij kunt een boek lezen, en daarbij ziet gij de letters duidelijk, die wellicht niet verder dan 20 of 30 centimeters van uw oog af zijn; en onmiddellijk daarna kunt gij een berg of de maan en de sterren ook duidelijk zien, die op zeer grooten afstand zijn.

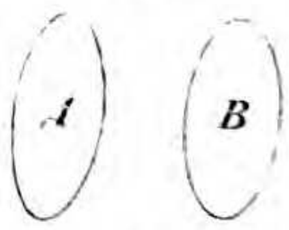
Maar gij kunt niet tegelijk dichtbij en veraf zien; als gij tusschen uw oog en den berg uw vinger omhoog steekt, dan zult gij uw vinger duidelijk kunnen zien, maar dan ziet gij den berg niet scherp; ook kunt gij den berg duidelijk zien, maar dan ziet gij den vinger niet scherp.

Als men willekeurig het oog zoo verandert, dat het een of ander voorwerp duidelijk ziet, dan zegt men dat men het oog *accommodeert*, en het vermogen, dat te doen, heet het *accommodatie-vermogen.*

Langen tijd hebben de menschen niet geweten wat er eigenlijk in het oog gebeurt als men het accommodeert; doch het is nu niet lang geleden uitgemaakt. Een hollandsch geleerde, Dr. Cramer te Groningen, heeft het gevonden. Als men eerst naar de verte ziet, en daarna naar een voorwerp dat dichtbij is, dan drukt men zonder het zelf te weten, de lens die men in het oog heeft, te zamen, zoodat zij korter en dikker wordt, bijv. in fig. 386 is *A* de vorm der lens in het oog als men naar de verte kijkt, maar *B* de vorm der lens, als men dicht-

bij ziet. Nu is de brandpuntsafstand van *B* kleiner dan de brandpuntsafstand van *A*. Als gij nu eerst bijv. naar een klapperboom in de verte ziet, en uwe lens den vorm *A* heeft, dan komt er op uw netvlies een zuiver beeld van dien klapperboom, omdat bijv. de lichtstralen, die van het midden van dien boom op de pupil vallen, zich allen in hetzelfde punt op het netvlies vereenigen, zooals de figuur 383 aanduidt. Als gij dan naar een voorwerp dichtbij ziet, bijv. naar eene hanglamp, zonder uw oog te veranderen, dan zou het beeld van dat voorwerp achter het netvlies vallen en gij zoudt het niet duidelijk zien evenals in fig. 385.

Fig. 386.



Maar nu krimpt gij uwe lens in, zoodat haar brandpuntsafstand kleiner wordt, en nu rukt ook dat beeld naar voren, totdat het op het netvlies valt, en dan ziet gij ook die hanglamp helder.

Nu spreekt het wel van zelf, dat het vermogen om dichtbij en veraf te zien, zijne grenzen heeft; drukt men zijne lens in het geheel niet in, dan ziet men zoover mogelijk, drukt men zijne lens zoo veel in als mogelijk, dan ziet men zoo dichtbij mogelijk.

De beste oogen zijn die, welke, als de lens niet toegedrukt wordt, dus als men het oog niet accommodeert, juist in de verte zien, en waarmede men, als men de lens wel toedrukt, dichtbij kan zien.

Maar nu zijn er sommige menschen die een oog hebben, dat werkelijk te kort is, zoodat zij in de verte niet eens goed duidelijk kunnen zien, en dichtbij nog veel minder. Zulke menschen moeten, zelfs al zijn zij nog jong, al een vergrootenden bril dragen, althans als zij willen lezen, of met de handen arbeid verrichten, waarbij zij ook de oogen noodig hebben. Worden zulke menschen ouder, dan moeten zij hunne brillen van tijd tot tijd, bijv. om de 5 of 10 jaar, verwisselen en een sterkeren nemen, want het accommodatie-vermogen neemt met den ouderdom af.

Maar er zijn andere menschen, die in hunne jeugd volkomen goedgevormde, ja zelfs eenigszins bijziende oogen hebben, maar die door den ouderdom langzamerhand hun accommodatie-vermogen verliezen. Die personen moeten dus, om dichtbij te zien, een vergrootenden bril gaan gebruiken.

---

§ 209.

DE NUMMERS DER BRILLEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, mag ik u nog iets vragen? Ik bezag gisteren een bril, die een oude schrijver gebruikte, eenigszins nauwkeurig, en toen zag ik aan den kant met kleine cijfers op het glas gekrast, ik meen het getal 20; ik vroeg den schrijver wat dat beteekende, en hij zeide mij dat was het nummer van den bril. Maar mijnheer, wat beduidt dat nummer?

DE HEER. Wel dat zal ik u zeggen. De sterkte van den bril hangt natuurlijk af van zijn brandpuntsafstand. Hoe kleiner brandpuntsafstand hoe sterker bril. Nu beteekent dat cijfer 20 den brandpuntsafstand, uitgedrukt in zoogenaamde parijsche duimen.

Gij weet wel, dat vroeger algemeen de voeten in gebruik waren, maar omdat daar zooveel verscheidenheid in was, heeft men al in verscheidene landen één algemeene maat, den meter ingevoerd, die is ook in Nederland en Ned. Indië de wettige maat.

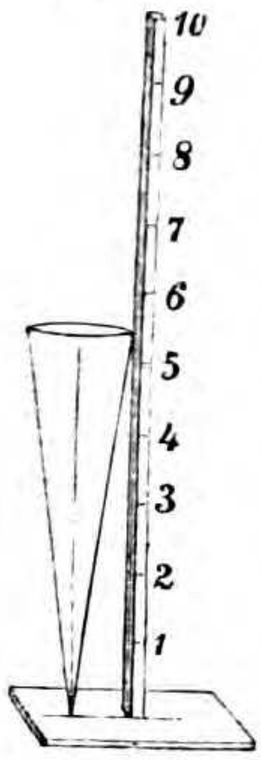
De fransche voet was bijna 0,325 meter of 325 millimeters lang, en was verdeeld in 12 duimen; elk zoo een duim, gewoonlijk parijsche duim genoemd, was dus $27\frac{1}{12}$ millimeter lang.

Eene bril van 20 duim heeft dus $20 \times 27\frac{1}{12}$ of bijna 542 millimeters brandpuntsafstand.

Die nummers worden echter in de fabrieken of slijperijen erop gezet, en zijn niet altijd juist, meest zijn zij een weinig te groot. Als gij nu zelf den brandpuntsafstand van zulk een

brilleglas wilt zoeken, is niets gemakkelijker. Als gij maar eene decimetermaat hebt zooals in fig. 387, en gij houdt die

Fig. 387.



maat des middags, als de zon zoo hoog mogelijk staat, recht overeind, en het brilleglas ernaast, totdat het zonnebeeldje op den grond duidelijk en scherp zichtbaar is, dan kunt gij langs de maat den brandpuntsafstand dadelijk aflezen. Het spreekt van zelf, dat gij in een gewoon brilleglas niet op die knooppunten behoeft te letten; zoo een brilleglas is zoo dun, dat die punten nauwelijks een millimeter van elkaar en van den rand af zijn; maar ik heb u vroeger er toch over gesproken omdat zij werkelijk in elke lens en in elke vereeniging van lenzen bestaan. Het licht van het zonnebeeldje is meestal zoo helder, dat het moeielijk is, juist te beoordeelen, wanneer het scherp is; daarom is het doelmatig er iets zwarts, bijv. een stukje zwart papier te leggen, daarop kan men nog het best zien, wanneer het zonnebeeldje scherp ziet. Als gij dien bril van dien schrijver op die wijs probeert, zult gij wellicht vinden, dat de brandpuntsafstand slechts 500 millimeter is.

ABDULLAH. Maar mijnheer, is dan een bril nº. 9 sterker dan een bril nº. 20? Dat is toch wat vreemd? Men zou natuurlijk eerder verwachten, hoe grooter nummer, hoe sterker bril.

DE HEER. Ja, daar hebt gij wel gelijk in, en dat hebben de oogheelkundigen in Europa ook gevonden. En als zij de berekeningen doen moeten, welken bril iemand hebben moet, dan is dat ook niet gemakkelijk. Daarom hebben zij in de laatste jaren, eene andere methode ingevoerd, namelijk zij nummeren de lenzen zoo, dat sterkere lenzen ook een hooger nummer krijgen. Als eenheid is nu aangenomen een bril, waarvan de brandpuntsafstand is één meter; en als men nu twee dergelijke brilleglazen op elkander legt, dan heeft het geheel een brandpuntsafstand van slechts een halven meter. Een brilleglas dat een brandpuntsafstand van een halven meter

heeft, is dus even sterk als twee brilleglazen, die een brandpuntsafstand van een heelen meter hebben, en is dus gelijk aan twee eenheden.

Die eenheden noemt men *dioptrieën*. Een bril, die 1 meter brandpuntsafstand heeft is dus een bril van ééne dioptrie. Een bril die ½ meter of 50 centimeters brandpuntsafstand heeft, is een bril van twee dioptrieën.

Een meter heeft zeer nabij 37 parijsche duimen; wilt gij dus weten, hoeveel dioptrieën die bril van 20 parijsche duimen had, dan behoeft gij slechts 37 door die 20 te deelen, en gij vindt dan: 1,85 dioptrieën.

---

§ 210.

OVER DEN HOLLANDSCHEN KIJKER. VERVOLG.

Wij willen nu weder ons onderwerp vervolgen, dat wij vroeger hebben verlaten, namelijk om over den hollandschen kijker te praten.

Als gij nu goed begrepen hebt, wat ik u heb medegedeeld over de lenzen, zult gij zeer goed begrijpen, waarom gij door eenen tooneelkijker de beelden rechtop, maar grooter ziet dan zij u anders toeschijnen.

Hiervoor behoeft gij slechts nog eens te bezien fig. 388.

Fig. 388.

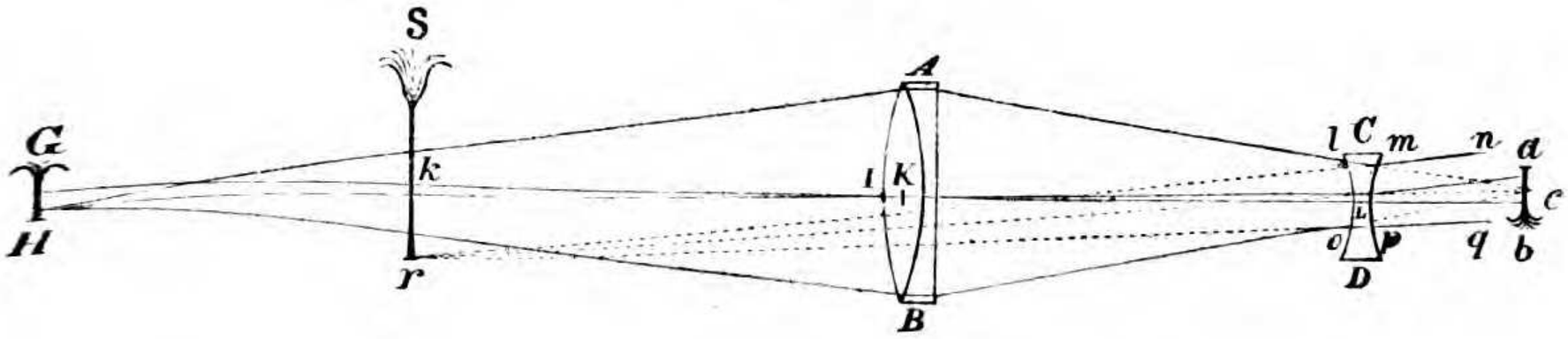
Hier ziet gij nagenoeg de doorsnede van een tooneelkijker, en ook hoe de stralen er loopen. Stel, dat geheel in de verte een klapperboom *G H* is, en dat men naar dien klapperboom met den kijker zien wil. Indien nu de verkleinende ooglens *C D* er niet was, dan zou er een beeld *a b* van dien klapper-

boom gevormd worden, nagenoeg in het brandpunt van de objectieflens.

Maar nu staat de negatieve ooglens *C D* in den weg. Het beeld *a b* komt dus niet tot wezenlijkheid, als iemand achter de ooglens *C D* zijn oog houdt, om door den kijker te zien, dan moeten wij nagaan, wat hij meent te zien. Welnu: de stralen, die bijv. van het midden van den klapperboom afkomstig zijn, en die in *c* zouden samenkomen, indien de ooglens er niet was, worden nu gebroken, eerst langs *d e* en *g h*, daarna langs *e f* en *h i*, zoodat zij schijnen uit een punt *k* te komen, dat in de as van den kijker op zekeren afstand ligt.

De voet van den boom zou, als de ooglens er niet was, zijn beeld in *a* vormen; maar nu wordt het licht opgevangen door die ooglens, en gebroken, eerst langs *l m* en *o p*, fig. 389,

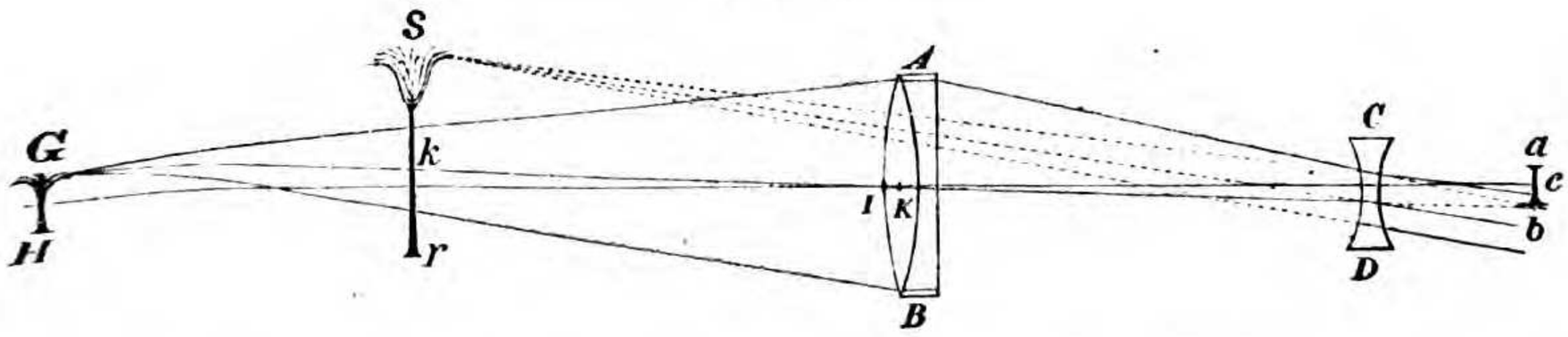
Fig. 389.



daarna langs *m n* en *p q*, zoodat het oog zich verbeeldt dat die voet zich bevindt in *r*.

Op diezelfde wijze, fig. 390, vormt zich het beeld van den

Fig. 390.



kruin van den klapperboom in *s*, en er ontstaat dus een schijnbeeld *r k s* van den geheelen klapperboom.

In zulk een tooneelkijker kan men altijd, door de buis, waarin het oogglas is, (de zoogenaamde oogbuis), in of uit te

schuiven, zorgen, dat het beeld zoo ver van het oog komt, dat men het duidelijk kan zien.

ABDULLAH. Maar mijnheer, waarom vergroot nu zulk een tooneelkijker?

DE HEER. Wel, dat is heel eenvoudig. Als een voorwerp, bijv. een klapperboom, een beeld geeft $a\,b$, dan herinnert gij u wel, wat ik u over de grootte van dat beeld vroeger gezegd heb, zie § 203, namelijk, dat het beeld even zooveel maal grooter of kleiner dan het voorwerp is, als de afstand van het beeld tot het tweede knooppunt K, grooter of kleiner is dan de afstand van het voorwerp tot het eerste knooppunt I. Hieruit volgt ook, dat de hoek $a\,K\,b$ even groot is als de hoek $G\,I\,H$, dus als het oog was in het knooppunt K, dan zou het het beeld $a\,b$ even groot zien als de klapperboom zelf, gezien uit het knooppunt I.

Die knooppunten I en K liggen in eene lens zoo dicht bij elkander, dat men gewoon is er maar het midden der lens voor te nemen; dit kan ook dikwijls zeer goed geschieden, als de lens aan beide zijden bol of hol en niet te dik is; is de lens echter aan de eene zijde plat, dan ligt het eene knooppunt, I, in het midden der bolle zijde [1]), het andere, K, in de lens.

Letten wij nu weder op, dat in een hollandschen kijker de holle ooglens tusschen het voorwerpglas en het beeld geplaatst wordt, dan heeft hier weder hetzelfde plaats. Wij zullen nu maar de beide knooppunten van die ooglens als één punt L beschouwen, fig. 389, dan wordt het tweede beeld $S\,r$ uit dat punt L even groot gezien als het eerste beeld, d. i.

$$\text{hoek } s\,L\,r = \text{hoek } a\,L\,b.$$

---

[1]) Dit geldt eigenlijk alleen voor eene enkelvoudige platbolle of platholle lens, maar al is de lens dubbel, zooals het voorwerpglas $A\,B$ in zoo eenen kijker, is het toch daarvoor zeer nabij het geval.

In de figuur zijn de lijnen $s\ L\ b$ en $r\ L\ a$ niet getrokken om de figuur niet onduidelijk te maken.

Nu is de hoek $a\ L\ b$, waaronder het eerste beeldje uit dat punt L gezien wordt, grooter dan de hoek waaronder datzelfde beeldje uit het punt K gezien wordt, en wel in dezelfde mate als $K\ c$ grooter is dan $L\ c$.

En nu is het oog zoo dicht bij de ooglens $C\ D$, dat men wel kan aannemen, dat het oog het 2e beeld $r\ s$ even groot ziet alsof het oog zelf in L geplaatst was.

Het gevolg is dus dat men door den kijker een beeld van den klapperboom ziet onder een hoek die juist zooveel malen grooter is, dan de hoek, waaronder men den klapperboom onmiddellijk, zonder kijker ziet, als $K\ c$ grooter is dan $L\ c$.

Nu is $K\ c$ iets, maar toch zeer weinig grooter dan de brandpuntsafstand van het voorwerpglas; en $L\ c$ is ook iets, maar zeer weinig grooter dan de brandpuntsafstand van het oogglas.

De vergrooting is dus nagenoeg gelijk aan het quotiënt, dat men verkrijgt, als men den brandpuntsafstand van het voorwerpglas deelt door den brandpuntsafstand van het oogglas.

Bijv. in een tooneelkijker is de brandpuntsafstand van het voorwerpglas 150 millimeters, de brandpuntsafstand van het oogglas 50 millimeters: hoeveel is dan de vergrooting?

Antwoord: 150 gedeeld door 50, d. i. 3 maal.

Nu is die vergrooting niet even sterk voor bijzienden en verzienden. Een bijziende moet het oogglas dichter bij het voorwerpglas brengen, derhalve wordt voor hem $L\ c$ grooter en de vergrooting van den kijker kleiner.

De figuren 388, 389 en 390 gelden eigenlijk voor een bijziende, want voor een goed oog moet het beeld geheel en al in de verte liggen.

§ 211.

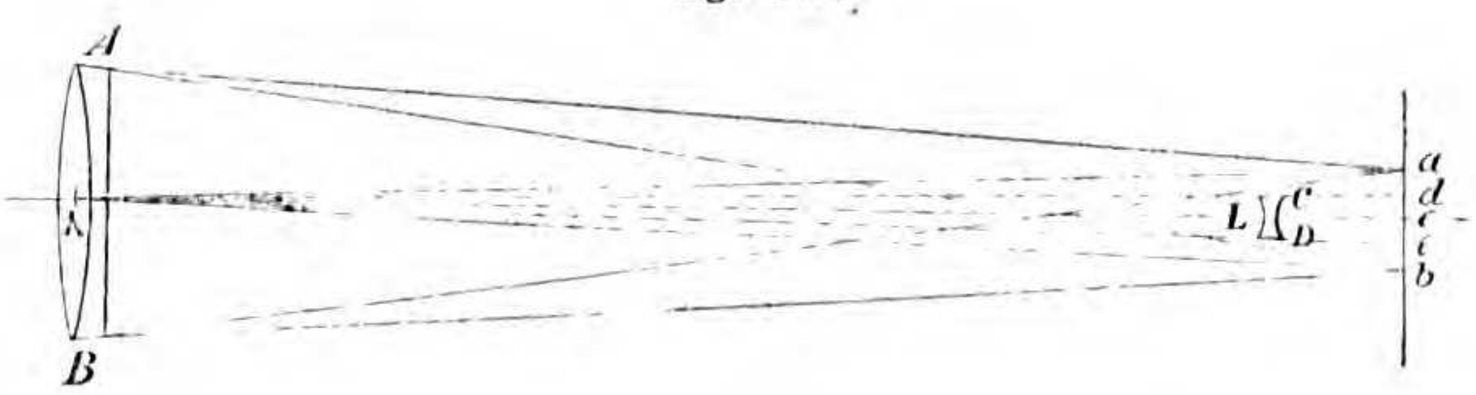
OVER DEN GEWONEN VERREKIJKER.

ABDULLAH. En is nu zoo een lange kijker ook zoo ingericht? Heeft die nu ook twee lenzen, eene vergrootende en eene verkleinende?

DE HEER. O neen, de inrichting van een langen kijker is geheel anders dan die van eenen tooneelkijker. Het doel van een langen kijker is eene sterkere vergrooting. De tooneelkijkers vergrooten gewoonlijk niet meer dan $2\frac{1}{2}$, 3, hoogstens 4 maal; zij worden gebruikt in de schouwburgen, vandaar hun naam, en zij worden door de zeelieden ook wel gebruikt, vooral bij nacht; waarom zal ik u later wel vertellen.

Maar zoodra men een kijker bezitten wil, die meer vergroot, bijv. 10 of 15 of 20 maal, dan is de inrichting van een tooneelkijker niet doelmatig, want dan moet er een zeer klein verkleinend lensje voor oogglas dienen, zie fig. 391; hier

fig. 391.



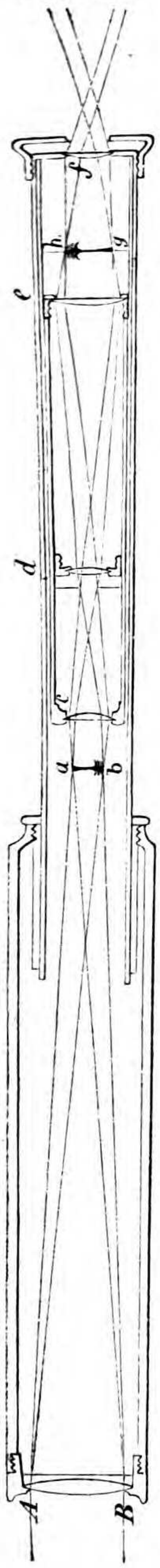
is nu dezelfde vergrootende lens voor voorwerpglas gebruikt als in fig. 388, 389 en 390; maar als oogglas eene kleinere verkleinende lens, die ook een zeer kleinen brandpuntsafstand heeft, namelijk iets kleiner dan $L\ c$. Terwijl nu de vergrooting van den tooneelkijker die in fig. 388 is afgebeeld, zou zijn:

$$\frac{K\ c}{L\ c} = 2$$

is die vergrooting hier daarentegen

$$\frac{K\ c}{L\ c} = 10.$$

Fig. 392.



Maar nu ziet gij wel, dat al die lichtstralen *A a*, *K a* en *B a* die in fig. 389 van het voorwerpglas naar het punt *a* gericht waren, het oogglas ontmoetten, en ten gevolge daarvan in plaats van het eerste beeld *a* van den voet van den klapperboom het tweede beeld *r* van denzelfden voet, en in plaats van het eerste beeld *b* van den top, het tweede beeld *s* van denzelfden top gevormd hebben.

Maar in onze nieuwe figuur loopen al die stralen voorbij het oogglas, en stuiten dus in den kijker op de binnenzijde van de buis des kijkers; het oog kan dus onmogelijk door zulk een kijker, al is het voorwerpglas hetzelfde als in fig. 388—390, nog den top en den voet van den klapperboom zien. Het ziet dan alleen een klein gedeelte *d e* van het midden van den boom; men zegt dan dat zoo een kijker een *klein veld* heeft.

Nu hebben van den beginne af de geleerden getracht dat gebrek te verbeteren, en kijkers te maken die een grooter veld hebben. Na vele verbeteringen is eindelijk door een engelsch instrumentmaker Dollond omtrent het jaar 1755 uitgevonden dat men zulk een kijker met groote vergrooting, en een groot veld zeer goed kan samenstellen, als men slechts in plaats van ééne verkleinende, vier vergrootende lenzen gebruiken wil. Deze zijn nu op de volgende wijze in eene afzonderlijke buis aangebracht, die men oogbuis noemt, zie fig. 392.

Het eerste beeld *a b* van den klapperboom ontstaat nu in werkelijkheid, want de geheele oogbuis komt achter dit beeld. De stralen *A a* en *B a*, die nu van den boven- en onderrand

van het voorwerpglas naar het punt *a* loopen, loopen door en ontmoeten achtereenvolgens drie lenzen *c*, *d* en *e*, en vormen eindelijk in *g* weder een beeld; evenzoo gaan de stralen *A b* en *B b*, die het eerste beeld van den top van den klapperboom vormen, door, loopen door diezelfde drie lenzen *c*, *d* en *e*, en vereenigen zich dan weder in een punt *h*. Op die wijs wordt een tweede beeld *g h* van den geheelen klapperboom gevormd, en dat wordt nu door het oog beschouwd door het vergrootglas *f*.

Het kan nu den geheelen klapperboom overzien. Door deze inrichting kan men het veld van een kijker vier- of vijfmaal grooter maken dan in een zoogenaamden hollandschen kijker, zooals de tooneelkijker is.

Het eenige nadeel dat de lange kijker heeft, in vergelijking met den tooneelkijker, is dat het licht door zoovele glazen heen moet. Nu kan men het licht nooit door een glas laten gaan, hetzij dit een stuk plat glas of eene lens is, of het verzwakt, want een gedeelte van het licht dat op het glas valt, wordt teruggekaatst, en gaat dus niet door het glas.

Een tooneelkijker nu bestaat uit het voorwerpglas en ééne lens voor oogglas; een lange kijker heeft behalve het voorwerpglas vier lenzen in de oogbuis, het lichtverlies in een langen kijker is dus sterker; en daar nu de zeelieden, als zij des nachts uitkijken naar land of aankomende schepen, die beter kunnen zien, als zij weinig lichtverlies hebben, daarom gebruiken zij dan bij voorkeur een tooneelkijker.

§ 212.

OVER DE KLEUREN BIJ DE LICHTBREKING. ONTDEKKING VAN NEWTON, DAT HET WITTE LICHT SAMENGESTELD IS.

ABDULLAH. Maar mijnheer, mag ik nog iets vragen. U hebt altijd gesproken van een voorwerpglas; maar in de binocle en den verrekijker, die mijn vader heeft, zijn van voren *twee* glazen, en op die figuren, die u mij hebt laten zien, zijn ook *twee* lenzen voor het voorwerpglas geteekend, waarom is dat nu? Is ééne lens niet voldoende?

DE HEER. Dat zal ik u eens uitleggen. In den beginne, toen de kijkers pas ontdekt waren, en nog wel anderhalve eeuw later, gebruikte men voorwerpglazen uit één glas. Maar die hadden een onaangenaam gebrek, en dat gebrek is opgeheven door het gebruik van dat tweede glas erbij. Gij kunt dat het best zien, als het voorwerpglas uit elkander genomen kan worden. Dan kan men de tweede lens er uit nemen, en enkel de voorste lens gebruiken. Bijvoorbeeld zie eens hier, met dezen kijker heb ik dat gedaan. Nu moet ik de oogbuis veel verder inschuiven, om de voorwerpen zoo scherp te zien als vroeger. Maar wat ziet gij nu?

ABDULLAH. Wel, het is nu niet zoo mooi als vroeger; de boomen en huizen hebben alle blauwe randen, en dat was vroeger niet zoo.

DE HEER. Juist zoo; hoe sterker vergrooting men nu bij zulk een kijker verkrijgen wil, hoe meer die blauwe randen hinderen. Daarom is men erop bedacht geweest, die te verminderen. Om nu te begrijpen, hoe men dat gedaan heeft, moet gij eerst begrijpen, waarvandaan die blauwe randen komen; daarvoor moet gij nu eens goed opletten. Gij weet dat de voorwerpen verschillende kleuren hebben niet waar? De bladeren der boomen zien meestal groen, verscheidene bloemen zien rood, zooals de kembang sepatoe, anderen geel, zooals

de patjar, de tjempaka, de kananga, er zijn ook blauwe bloemen; door de kunst kan men geweven stoffen allerlei kleuren geven, men heeft rood, blauw, oranje, geel, indigo katoen, enz. Hebt gij nu wel eens nagedacht waardoor die kleuren ontstaan?

ABDULLAH. Neen mijnheer, dat niet, maar ik zou zeggen, dat dat zoo de natuur van die zaken is.

DE HEER. Dus gij zoudt zeggen, dat het de natuur van een blad is om groen te zijn, van een mangga om geel te zijn, enz.

ABDULLAH. Ja zeker, mijnheer.

DE HEER. Maar als gij in eene donkere kamer zijt, en gij beschouwt daar een blad of eene mangga, is dan het blad ook groen en de mangga ook geel?

ABDULLAH. Wel neen mijnheer, dan is het donker.

DE HEER. Juist zoo, dus ziet gij wel, dat het de natuur van het blad niet is, om groen te schijnen, en evenmin van de mangga om geel te schijnen. Een blad kan alleen dan groen, eene mangga alleen geel schijnen, als er licht op valt. Maar nu is het zonderling, dat als ik beide, het blad en de mangga, in hetzelfde licht houd, het blad groen en de mangga geel schijnt. De natuurkundigen hebben ten allen tijde daarover nagedacht, hoe dat toch kwam, en het is weder de groote Newton geweest, die hiervan eene juiste verklaring gegeven heeft. Dit is ééne van zijne meest belangrijke ontdekkingen geweest. Newton heeft aangetoond, dat het zonnelicht uit een aantal soorten verschillend gekleurd licht bestaat, en wel uit licht dat zevenderlei verschillende hoofdkleuren heeft, namelijk rood, oranje, geel, groen, blauw, indigo en violet.

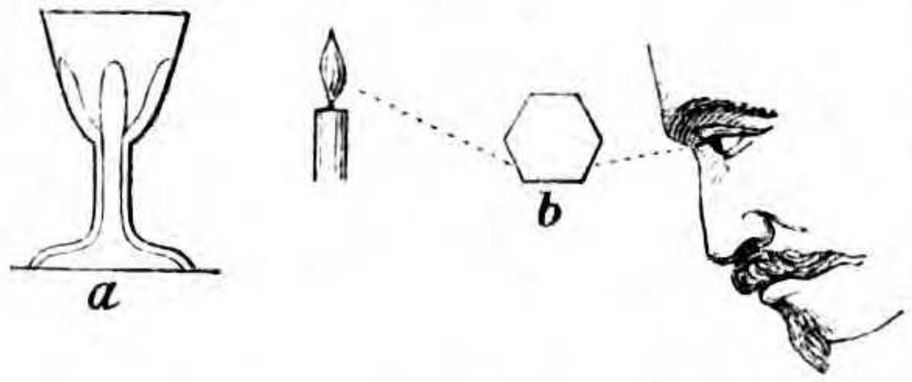
Het eigenlijke zonnelicht is wit, maar dat wit is nu juist samengesteld uit al die zeven verschillende kleuren.

ABDULLAH. Maar mijnheer hoe is dat mogelijk!

DE HEER. Ja, het is zeker wel verwonderlijk, maar het is toch zoo. Zie eens hier, hoe hij dat heeft aangetoond. Gij hebt zeker wel eens gezien, hoe de vlam van eene lamp eruitziet als gij haar door een stukje hoekig geslepen glas ziet; er zijn bijv.

wijnglazen waarvan de voet, zie fig. 393 *a*, zeshoekig geslepen is, zoodat de doorsnede van zulk een voet eene figuur heeft evenals in fig. 393 *b* is afgebeeld. Hebt gij wel eens door zulk een glazen voetje eene vlam beschouwd? (fig. 393).

Fig. 393.

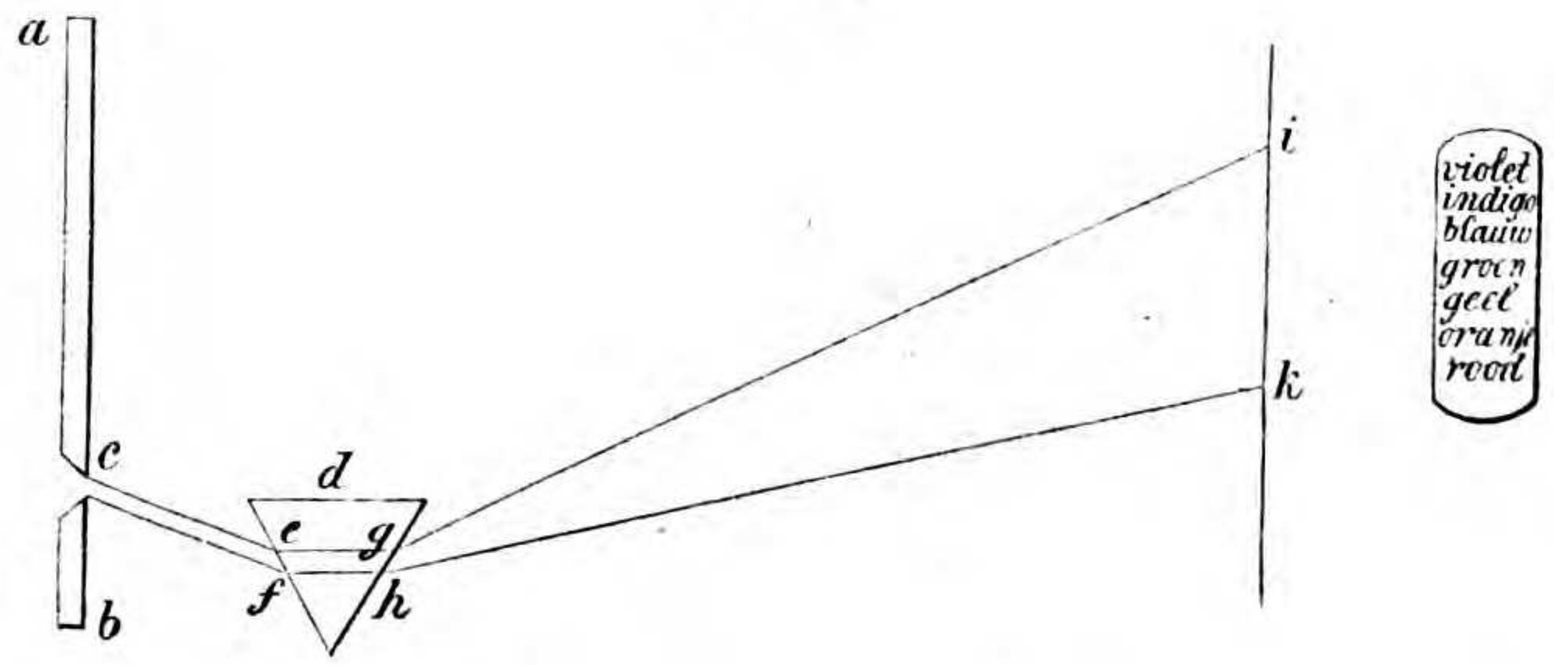


ABDULLAH. O ja, mijnheer, dan ziet men zulk eene vlam prachtig gekleurd.

DE HEER. Juist zoo, dat hadden zeker voor Newton's tijd ook wel een aantal menschen al gezien, zonder juist te weten waarom dat zoo was; maar dat heeft Newton nu uitgelegd.

Newton sloot een venster met luiken, en in een van die luiken *a b*, fig. 394, maakte hij eene horizontale spleet *c*,

Fig. 394.



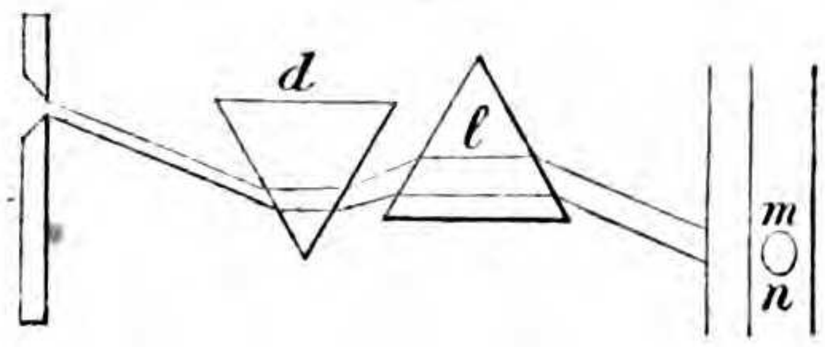
waardoor de zon schijnen kon. In de kamer liet hij het zonlicht dat door die spleet scheen, op zulk een hoekig geslepen glas *d* vallen; het was nu niet zeshoekig, maar driehoekig. Men noemt zulk een stuk glas een *prisma*. Wat zag hij nu? Het zonnelicht ging eerst door het glas heen, maar bij den ingang in dat glas, bij *e f*, werd dat licht gebroken, dat wil zeggen, het ging niet recht door. Bij den uitgang uit het glas, dat is bij *g h*, werd het op nieuw gebroken, en eindelijk, uit het glas gekomen, verspreidde het licht zich, zooals de teekening aanduidt, over eene groote oppervlakte *i k*, maar nu was er op den muur geene witte

vlek, maar die vlek, die zeer langwerpig was, was van boven violet gekleurd, dan indigo, dan blauw, dan groen, voorts geel, oranje en eindelijk van onderen rood.

Newton besloot hieruit, dat het licht der zon, al ziet het nog zoo wit en ongekleurd, bestaat uit een samenstel van licht van verschillende kleuren; het was nu maar de vraag of het ook mogelijk was, die kleuren weder samen te voegen, zoodat er weder wit licht ontstond.

En dat gelukte ook volkomen, want als hij nu, zie fig. 395,

fig. 395.



naast dat eerste prisma *d* een tweede prisma *l* zette met den scherpen kant naar boven, dan werden door dat tweede prisma de stralen weder vereenigd en vormden op den muur een witte vlek *m n*, even alsof het zonnelicht door de spleet onmiddellijk op den muur geschenen had. Hier waren dus de zeven kleuren weder tot wit vereenigd.

fig. 396.

Gij kunt eene aardige proef nemen om te zien dat dat wezenlijk zoo is; als gij op een drijftol een schijfje papier plakt fig. 396, en gij verdeelt dat schijfje in zeven sectoren, die gij kleurt even-als de figuur aanduidt, dat wil zeggen gij neemt op den omtrek

een sector, groot 61 graden, en kleurt dien rood,
" " " 34 " " " " oranje,
" " " 54½ " " " " geel,
" " " 61 " " " " groen,
" " " 54½ " " " " blauw,
" " " 34 " " " " indigo,
" " " 61 " " " " violet,

dan zult gij zien, wanneer gij dien tol opzet, dat dan de geheele oppervlakte nagenoeg wit schijnt. Het zal niet *volkomen* wit zijn, omdat het niet mogelijk is met verf de kleuren precies na te bootsen, die het zonnelicht samenstellen.

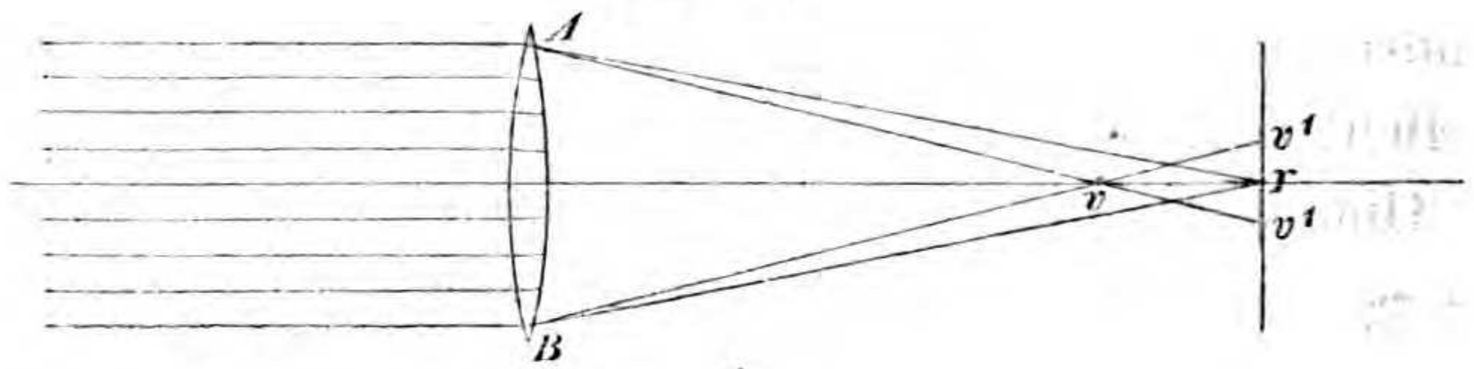
§ 213.

VERSCHIL IN BREKING VOOR DE VERSCHILLENDE KLEUREN.

Een tweede besluit, dat Newton uit zijne proef trok, was, dat die zeven kleuren alle anders door glas gebroken worden. Het rood wordt het minst sterk gebroken, daarom is in fig. 394 het rood ook het onderst in het kleurenbeeld, dat op de muur gevormd was. Het violet wordt het sterkst gebroken, daarom is het violet er het hoogst.

En wat is nu het gevolg als wij het licht der zon door eene vergrootende lens *A B*, fig. 397, laten gaan, zooals het voor-

fig. 397.



werpglas van eenen kijker?

De stralen, die aan den rand der lens, bij *A* en *B* gebroken worden, vereenigen zich in een zelfde punt, dat men brandpunt noemt, maar omdat nu de violette stralen het sterkst gebroken worden, zoo ligt het brandpunt van die stralen het dichtst bij de lens, in *v*, het brandpunt van de roode stralen het verst, in *r*, en tusschenin liggen nu de brandpunten van al die andere stralen, die tusschen het violet en rood op den muur zichtbaar waren, dus van het indigo, blauw, groen, geel en oranje.

Nu moet gij wel in acht nemen, dat dit niet afzonderlijke brandpunten zijn, want die kleuren loopen geheel ongemerkt in elkander over, zoodat van *v* tot *r* toe aanhoudend de brandpunten liggen, overeenkomende met al de kleuren en overgangen van kleuren, die in het zonnebeeldje op den muur zichtbaar zijn.

Maar als nu de stralen van één lichtend punt in de verte afkomstig zijn, bijv. eene ster, waar zal dan nu het beeldje van de ster zich bevinden?

Stel eens dat ik een papieren scherm houd in *r*, het brandpunt van het rood, dan krijg ik daarop niet een enkel punt dat wit licht bezit, maar in het midden een rood puntje *r*, daaromheen een violetten rand in *v*, en tusschen *r* en *v* de overige kleuren.

Dat beeldje van dat lichtende punt is dus nooit zuiver, in plaats van een enkel punt te zijn is het een rond vlekje, dat een violetten rand heeft. Als men nu met eene vergrootende lens of een brandglas een beeldje op den muur maakt van een venster of van de boomen en huizen buiten het venster, zooals ik u vroeger eens met eene vlam eener kaars gewezen heb, fig. 369, dan moet gij wel oplettend zijn om te zien, dat dat beeldje niet mooi scherp is, maar beziet gij het met een vergrootglas dan ziet gij het dadelijk.

Dat is nu in een kijker ook het geval, als men voor een voorwerpglas eene enkele lens gebruikt. Dan geeft elk punt dat licht geeft, bijv. eene ster, een rond beeldje, rood in het midden en met een blauwen rand; al die beeldjes dekken elkander, zoodat het rood van het eene beeldje gedekt wordt door het oranje van het tweede, het geel van het derde, het groen van het vierde, enz., en al die kleuren maken te zamen wit, dus men ziet in het algemeen den hemel overal wit, als men met zoo een kijker naar den hemel ziet. Maar ziet men nu naar den rand van een dak, dan worden de beeldjes van de laatste deeltjes van den hemel, dicht bij dat dak, niet meer gedekt door de beeldjes van de deeltjes van den hemel daaronder, dus dan blijft er een gekleurde rand over; die gekleurde rand is zeer hinderlijk, en maakt het beeld van den nok van het dak onzuiver, zoodat men met zoo een kijker niet goed in de verte duidelijk zien kan. Bijv. zet men in de verte een boek of eene courant, en men beproeft, om dat boek of die courant te lezen, dan zijn de letters niet fraai zwart op

wit, maar grijs met blauwe randen, en men kan het dikwijls niet eens lezen, terwijl de letters toch groot genoeg zouden zijn om ze te lezen als zij slechts zuiver waren.

---

§ 214.

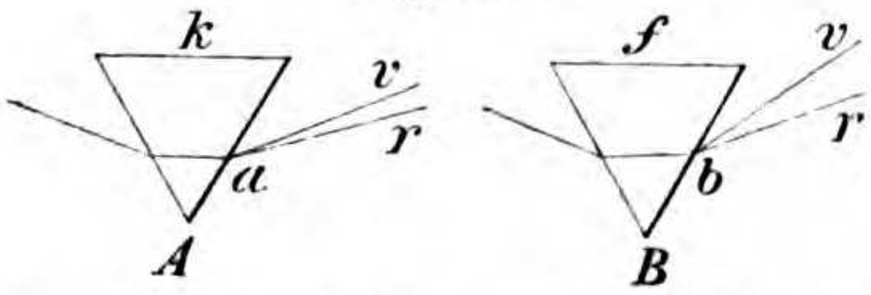
UITVINDING VAN JOHN DOLLOND OM DE KLEUR-VERSPREIDING OP TE HEFFEN.

Langen tijd hebben de grootste natuurkundigen van Europa gemeend, dat hieraan niets te doen was, zelfs Newton was ook van dat denkbeeld; maar eindelijk heeft een engelsche instrumentmaker John Dollond, in 1757 het middel daartoe gevonden, en zie hier, waarin dat middel bestaat.

Het glas heeft evenals het water en alle doorschijnende lichamen twee eigenschappen met betrekking tot het licht; ten eerste dat het het licht breekt, als het er schuin op invalt; dit weet gij reeds, en ten tweede dat het het licht bij die breking ook verspreidt, dat wil zeggen de ééne kleur meer dan de andere breekt. Door alle doorschijnende lichamen wordt het rood het minst, het violet het meest gebroken, en de kleuren volgen elkander in dit opzicht steeds in dezelfde volgorde op. Maar als twee verschillende lichamen het rood even sterk breken, dan breken zij daarom niet altijd het violet even sterk. Of liever gezegd, als de eene stof het rood bijv. $\frac{4}{3}$ maal meer breekt dan de andere, dan is het niet gezegd dat zij het violet ook $\frac{4}{3}$ maal zoo sterk breekt als de andere. Men kan dit ook uitdrukken door te zeggen dat de *lichtverspreiding* niet altijd evenredig is aan de *breking*. Nu vond Dollond, dat twee soorten van glas, spiegelglas of zoogenaamd *kroonglas*, en kristalglas of zoogenaamd *flintglas*, in dit opzicht juist op die wijze verschilden; dat namelijk het

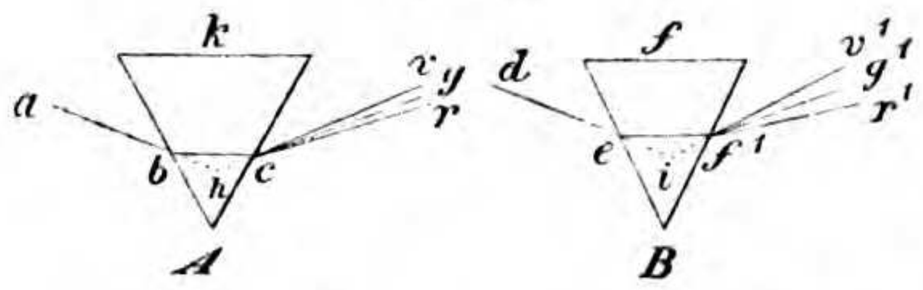
verspreidingsvermogen van flintglas veel aanzienlijker was, dan het verspreidingsvermogen van kroonglas.

Fig. 398.



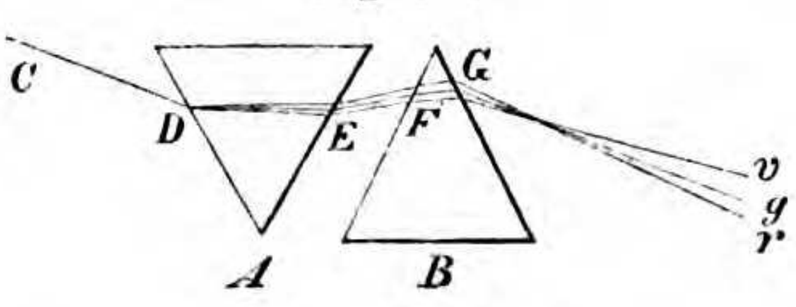
Heeft men nu twee prisma's, fig. 398, het eene k van kroonglas, het andere f van flintglas, en zijn de hoeken A en B van die prisma's even groot; en plaatst men die prisma's geheel op dezelfde wijze achter eene spleet in een vensterluik, evenals ik u verhaald heb, dat Newton deed, dan is de breking in het prisma van flintglas iets sterker dan in het prisma van kroonglas; maar de verspreiding van het licht is *in veel hoogere mate* sterker. Stel nu eens dat ik, zie fig. 399, het prisma van flintglas f laat maken met een kleineren hoek B; dan kan ik dien hoek zoo kiezen, dat de breking van de eene of andere kleur dezelfde is als in het prisma van kroonglas; stel wij nemen hiervoor het gele licht; dat ligt tusschen het rood en het violet in, en is ook het helderste van al de zeven kleuren; dan is de hoek $a\ h\ g$ in het kroonglasprisma gelijk aan den hoek $d\ i\ g'$ in het flintglasprisma; maar de hoek $r'\ f'\ v'$ of de verspreiding in het flintglasprisma is grooter dan de hoek $r\ c\ v$ of de verspreiding in het kroonglasprisma.

Fig. 399.



Wat zal er nu gebeuren, als ik het licht eerst door het kroonglasprisma laat gaan en daarna door het omgekeerde flintglasprisma evenals in fig. 395? Dan zal, zie fig. 400 de breking van het gele licht veroorzaakt door het kroonglasprisma, geheel vernietigd worden door de breking van datzelfde licht door het flintglasprisma, dat wil zeggen de straal $G\ g$, die het 2e prisma verlaat, is evenwijdig aan den straal $C\ D$ die in het eerste prisma invalt, maar de verspreiding, veroorzaakt door het kroonglasprisma,

Fig. 400.

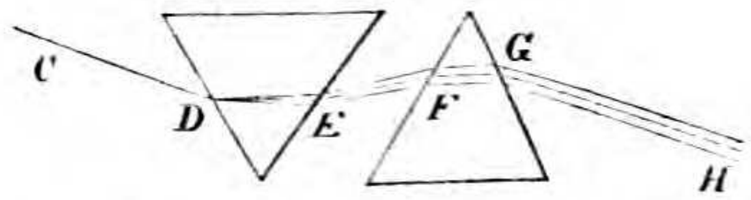


zal niet alleen vernietigd worden door de werking van het flintglasprisma, maar zelfs zal de verspreiding van het flintglasprisma een weinig de overhand behouden; dit is dan daaraan zichtbaar, dat het violette licht $G\ v$ het meest, van den scherpen kant van het flintglasprisma af, gebroken is.

Wij hebben dus nu geen breking voor het gele licht, dat tusschen het roode en violette licht in ligt, maar wel verspreiding.

Maar nu ziet gij wel in, dat wij dat flintglasprisma nog zwakker kunnen maken, dat wil zeggen zijn hoek, nog kleiner, en wel zóó, dat de lichtverspreiding, die door het kroonglasprisma wordt teweeg gebracht, precies door het flintglasprisma wordt opgeheven. Wat zal dan het gevolg zijn? Dat de *breking* die het kroonglasprisma geeft, niet geheel en al door het flintglasprisma is vernietigd, zie fig. 401.

Fig. 401.



Gij ziet hier hoe in zulk een paar prisma's het licht loopt. Het valt langs $C\ D$ in, en verlaat het 2e prisma langs $G\ H$, maar $G\ H$ is niet evenwijdig aan $C\ D$. $G\ H$ is naar denzelfden kant gebogen als waarnaar het eerste, het kroonglaprsisma, den lichtstraal boog.

Het kroonglasprisma heeft dus hier de overhand. De breking bestaat, maar zonder de verspreiding.

Dit is nu juist, waarnaar de natuurkundigen zoo lang gezocht hadden.

---

§ 215.

TOEPASSING OP DE VOORWERPGLAZEN VAN KIJKERS.

Dollond, die instrumentmaker, waarvan ik u zooeven vertelde, heeft het eerst die eigenschappen van de prisma's bestudeerd, en toen ook begrepen dat hij nu wel voorwerpglazen voor verrekijkers kon maken, die geene kleuren hoegenaamd

vertoonden. Daarvoor nam hij, zie fig. 402, eene vergrootende

Fig. 402.

lens van kroonglas, *A C*, en eene verkleinende lens van flintglas, *B D*. Let nu eens enkel op den onderrand in de teekening. De onderrand van de kroonglaslens werkt als een prisma met de punt naar beneden, de onderrand van de flintglaslens als een prisma met de punt naar boven, en nu zullen die beide prisma's te zamen genomen geene kleurverspreiding geven.

Valt dus het licht eener lamp in de verte op de lens, en was de kroonglaslens alleen, dan zou het violette licht zijn brandpunt in *v*, en het roode licht in *r* hebben; maar nu de flintglaslens erbij is, worden beide, zoowel violet en rood licht, naar hetzelfde punt *f* gebroken. Maar nu loopt het oranje, het gele, het groene, het blauwe en het indigo-licht tusschen het roode en het violette licht door, en heeft dus ook zijn brandpunt in *f*.

Nu zult gij van zelf wel begrijpen dat het beeld, dat gij in een kijker ziet, die van zulk een voorwerpglas voorzien is, er zuiver uitziet zonder de minste gekleurde randen.

Elk voorwerp dat gij met zulk een kijker beziet, vertoont eene zekere kleur, maar hoe komt het aan die kleur? Op die voorwerpen valt het zonlicht of het daglicht, dat trouwens toch van het zonlicht afkomstig is. Dat licht nu bestaat, zooals ik u reeds heb opgemerkt, uit zeven kleuren, die ongemerkt in elkander overgaan. Nu valt dat licht bijv. op eene rijpe mangga, die, zooals gij weet, er geel uitziet. Wat gebeurt er nu? De oppervlakte van die mangga heeft de eigenschap, dat zij van al het licht, dat erop valt, alleen het gele licht weergeeft, het andere licht slurpt zij op, en geeft zij dus niet af. Of als zij wellicht nog eenig ander licht afgeeft

dan geel, dan zijn toch die lichtsoorten die zij afgeeft, zóó, dat zij te zamen geel maken.

Valt nu het licht op een groen blad, dan is dat blad daarom groen, omdat zijne oppervlakte de eigenschap heeft sommige lichtstralen op te slurpen, en andere alleen af te geven, die te zamen groen maken. Waarschijnlijk is het groene licht daar voornamelijk onder, maar dat is nog niet eens zeker, want zooals gij zeker ook wel weet, geeft geel en blauw te zamen gemengd, eene kleur die ook groen genoemd wordt, en die veel overeenkomst heeft, met het zuivere groen, zooals het in het zonnebeeld van het prisma gezien wordt.

Maar al die kleuren van een voorwerp nu, wanneer die van zeer verre in het voorwerpglas van een kijker vallen, die op dat voorwerp gericht is, vereenigen zich in het brandpunt. Daar krijgt men dan een zuiver beeld van dat voorwerp, en dat beeld beziet men met het oogglas.

Als men nu een hollandschen kijker heeft, of zoogenaamden tooneelkijker, dan zou eigenlijk de verkleinende lens, die voor oogglas gebruikt wordt, weder opnieuw kleurverspreiding teweegbrengen; maar de vergrooting is bij die kijkers zoo gering, dat die kleurverspreiding nauwelijks zichtbaar is, en in alle geval niet hindert. In de meeste tooneelkijkers bestaan dus ook de oogglazen slechts uit eene enkele verkleinende lens.

En in de lange kijkers is eene oogbuis met vier glazen. Nu hebben die oogbuizen eene merkwaardige eigenschap. Als men namelijk voor oogbuis ééne enkele lens wil gebruiken, kan men nooit verhinderen, dat die lens weer kleurverspreiding teweegbrengt; maar als men in plaats van ééne lens, twee of meer lenzen gebruikt, dan kan men dat wel; daartoe moeten de afstanden der lenzen van elkander en hare brandpuntsafstanden naar bepaalde regels gekozen worden; maar wordt dat dan ook goed gedaan, zooals in eene oogbuis met die vier lenzen gedaan kan worden, dan ziet men daar geene kleuren mede, al zijn al die vier verschillende lenzen van dezelfde glassoort vervaardigd.

DERDE HOOFDSTUK.

De veranderlijke sterren.

---

§ 216.

DE STER ALGOL.

DE HEER. Voordat wij weder over wat anders zullen praten, moet ik u nog iets mededeelen, omtrent sommige sterren; als gij wilt, zult gij het gemakkelijk zelf kunnen zien, maar gij moet u de moeite getroosten, die sterren aan den hemel op te zoeken; daar is trouwens zooveel bezwaar niet in, als gij de sterrekaartjes maar gebruikt, die ik u gegeven heb.

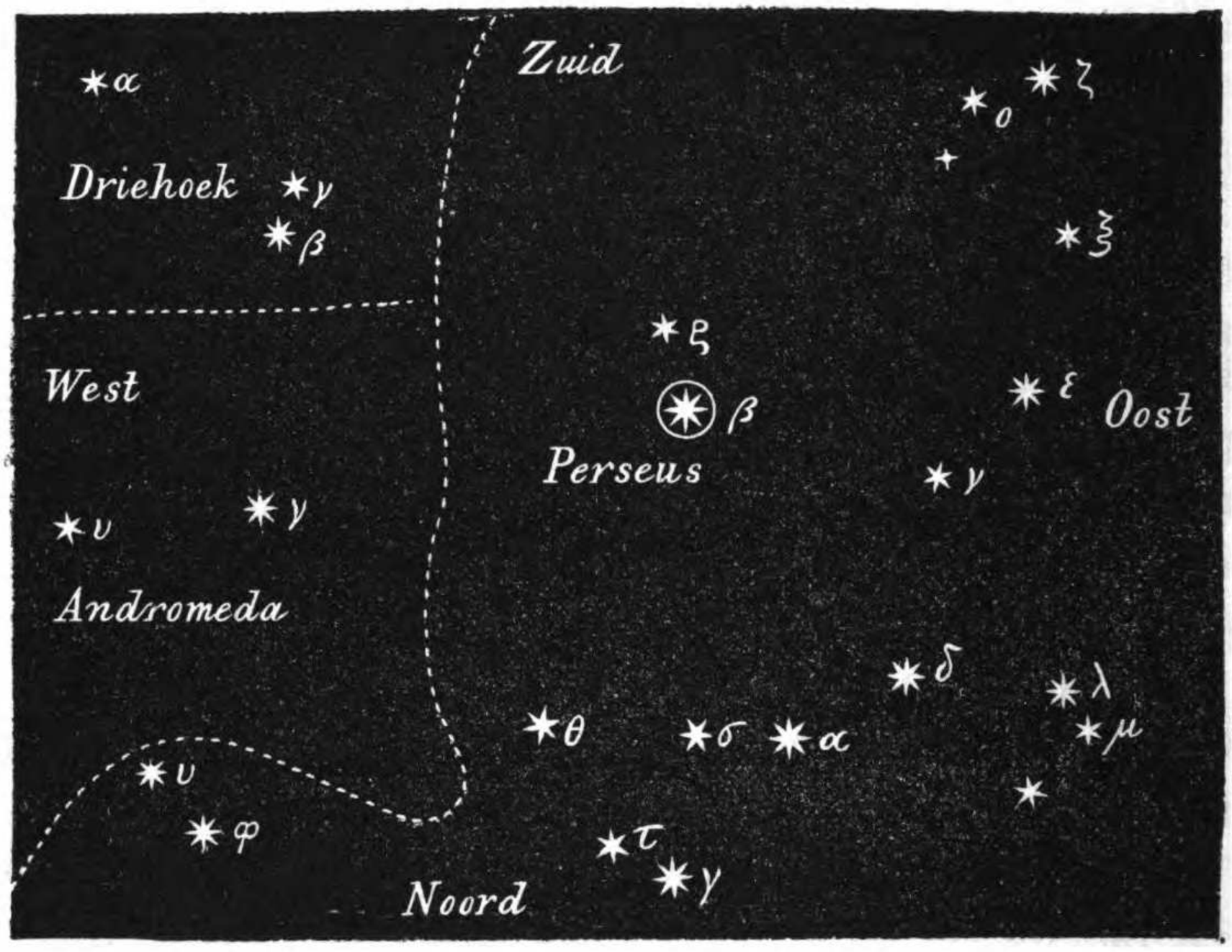
Over het algemeen genomen behouden de vaste sterren steeds dezelfde helderheid, en als gij heden avond ziet, dat bijv. in het sterrebeeld de *Groote Beer* de ster δ de minst heldere van de zeven voornaamste sterren van dat sterrebeeld is, dan zult gij zien dat dit morgen, overmorgen, enz. ook het geval zal zijn; ook is dat vroeger altijd zoo geweest, althans zoover de berichten reiken.

Maar op dien algemeenen regel zijn eenige merkwaardige uitzonderingen. Er zijn sterren die *niet* altijd hetzelfde licht behouden, maar eene afwisseling van licht vertoonen, die telkens na een vast tijdperk terugkomt.

Van enkele van die sterren is dat tijdperk slechts weinige dagen lang, en doordien het zoo dikwijls vrij regelmatig terugkeert, kan men zelfs de lengte van het tijdperk in dagen en uren, soms minuten opgeven. Van vele anderen is het tijdperk een groot aantal dagen lang, van enkele waarschijnlijk jaren.

Een der merkwaardigste sterren van deze soort is de ster Algol, anders, volgens de methode van Baeyer, genaamd β van het sterrebeeld Perseus. De ster kunt gij gemakkelijk, met behulp der sterrekaart van het Noorderhalfrond, vinden. In nevensgaande figuur, fig. 403, ziet gij haar met hare

Fig. 403.



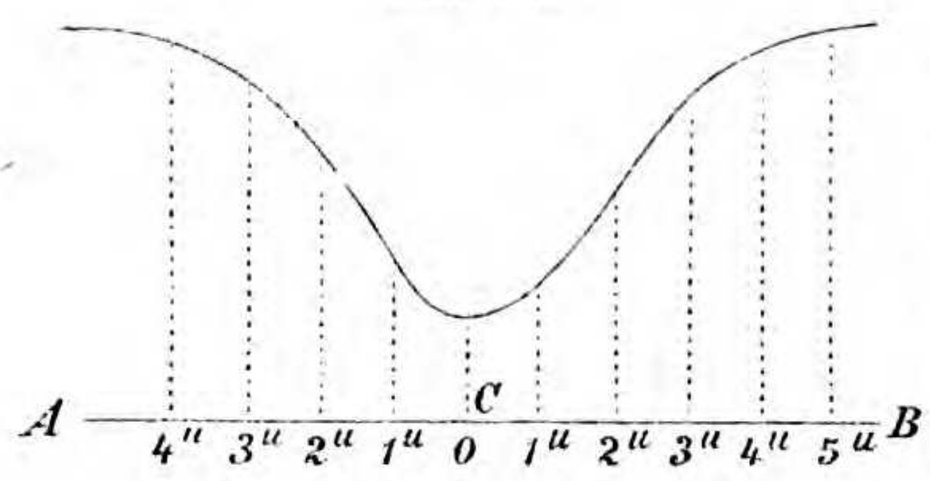
omgeving zooals zij in Oost-Indië aan den Noorderhemel gezien wordt; de Noordpool is dan onder het kaartje. Onze ster is gewoonlijk van de tweede grootte, en dus vrij nabij gelijk aan δ van Perseus. Als zij 2 dagen en 13 uren lang als eene ster van de 2^e grootte geschitterd heeft, ver-

mindert haar licht eerst langzaam, en daarna schielijker, en dan wordt zij na 4 uren zoo zwak van licht, dat zij niet helderder is dan de 4e grootte; dan wordt zij dikwijls zwakker van licht dan de ster ρ, die dicht bij haar staat. Nu blijft zij omtrent een kwartier zoo zwak van licht, en dan klimt zij weer op, zoodat zij na omtrent 6 uur weder haren vorigen glans terugbekomen heeft.

Als men nu nagaat, na hoeveel tijd zij dezelfde vermindering van licht weer ondergaat, dan vindt men: na omtrent 2 dagen en 21 uren; maar als men de ster een geheel jaar door goed beschouwt, zooals sommige sterrekundigen gedaan hebben, dan vindt men dat dat tijdperk een weinig korter is. Het is niet altijd precies even lang. Het duurt tegenwoordig 2 dagen 20 uren 48 minuten en ongeveer 54 sekonden. Vroeger, vóór het jaar 1840 was het omtrent 4 sekonden langer. Zulk een tijdperk noemt men eene *periode*.

Het is eene allermerkwaardigste waarneming om het licht eener ster zoo te zien verminderen, en later weer te zien vermeerderen. Men kan het gemakkelijk zien, men behoeft er geene instrumenten hoegenaamd voor te bezitten; maar men moet van te voren weten, wanneer de lichtvermindering plaats heeft, want anders kan men honderdmaal naar de ster zien, zonder dat men haar ooit anders dan met hare gewone helderheid ziet. Daarom heb ik eene tafel berekend, waarin gij vinden kunt op welke avonden, en te hoe laat deze ster haar kleinste licht bereikt. Vier en een half uur vóór dat kleinste licht begint de ster van licht te verminderen, eerst langzaam, dan sneller, later weer langzamer; en nadat zij haar kleinste licht bereikt heeft, wordt zij evenzoo weer helderder. Men kan die lichtverandering zeer duidelijk door eene kromme lijn voorstellen;

Fig. 404.



in fig. 404 is dit gedaan, daar ziet gij langs de lijn *A B*,

die men in die teekeningen de *as* noemt, cijfers, die uren aanduiden, voor en na het kleinste licht. Loodrecht op die as ziet gij lijntjes, die de helderheid der ster voorstellen. De afstanden op de as, van *C* af gerekend, noemt men *abscissen*; de lijntjes zelve noemt men *ordinaten*. De kromme lijn, die de toppen der ordinaten verbindt, geeft nu eene voorstelling hoe de helderheid der ster afneemt en toeneemt.

Nu moet ik u nog doen opmerken, dat men die waarnemingen niet op alle tijden van het jaar doen kan. Ten eerste zijn er tijden dat de ster den geheelen nacht niet zichtbaar is, doordien zij gelijk met de zon opkomt en ondergaat, dit heeft in de maand Mei plaats. In Juni komt zij reeds vóór de zon op en is dus des morgens zeer vroeg te zien; in Juli komt zij nog vroeger op, en zoo voorts; maar omdat de waarneming eenige uren duurt, is eigenlijk September de eerste maand, dat die lichtverminderingen zich laten waarnemen, hoewel dan nog altijd laat in den nacht. In October, November, December wordt de waarneming aangenamer, doordien zij dan hoe langer hoe vroeger gedaan kan worden, ook in Januari, Februari en Maart gelukt dit nog wel, maar op het eind van Maart gaat de ster al te 8 uur onder, en daarom is er dan zelden gelegenheid nog eene lichtvermindering waar te nemen.

Daarom zijn in de volgende tafel alleen de maanden ingevuld, die ik u opgenoemd heb; van April tot en met Augustus is het hier in Indië nagenoeg onmogelijk eene lichtvermindering van Algol te zien.

Om' niet telkens erbij te moeten zetten des morgens of des avonds, is de tijd geteld, zooals de sterrekundigen doen, van den middag af 24 uur door; de uren, meer dan 12, zijn dus uren na middernacht, en worden volgens de gewone of zoogenoemde burgerlijke tijdrekening tot den volgenden dag gerekend. Zoo is Sept. 2, $16^u\ 24^m$, hetgeen men in het dagelijksch leven zou noemen, den 3^{en} September, des morgens vroeg te $4^u\ 24^m$.

Dan moet ik u nog doen opmerken, dat die tafel geldt voor Batavia en ook uitgedrukt is in middelbaren tijd (dus den gewonen tijd der uurwerken) te Batavia. Voor andere plaatsen moet men dus op het lengteverschil letten, en wil men bijv. te Makasar eene lichtvermindering van Algol waarnemen, en daarbij dit tafeltje raadplegen, dan moet men bij het daar opgegeven tijdstip 50^m optellen, omdat Makasar $12\frac{1}{2}$ graad beoosten Batavia ligt en het daar diensvolgens 50 minuten later is.

Ook als de maan schijnt, is het niet zeer gemakkelijk de sterren te vinden, maar daarom is het goed zich daarin wat te oefenen. Heeft men een tooneelkijker, dan kan die bij maneschijn goede diensten bewijzen, doordien de sterren er helderder in schijnen, dan met het bloote oog.

Oogenblikken van het kleinste licht van de ster Algol.

MIDDELBARE TIJD TE BATAVIA.

1884.	1885.	1886.	1887.
2 Jan. 6u 27m	3 Jan. 6u 46m	2 Jan. 10u 16m	1 Jan. 13u 47m
19 " 11 20	20 " 11 40	5 " 7 5	4 " 10 36
22 " 8 9	23 " 8 29	22 " 11 59	7 " 7 25
11 Febr. 9 52	12 Febr. 10 11	25 " 8 48	27 " 9 7
14 " 6 40	15 " 7 0	14 Febr. 10 30	16 Febr. 10 49
5 Mrt. 8 23	7 Mrt. 8 42	17 " 7 19	19 " 7 38
28 " 6 54	27 " 10 24	9 Mrt. 9 1	11 Mrt. 9 20
7 Sept. 17 21	30 " 7 13	11 Sept. 18 0	14 " 6 9
10 " 14 10	9 Sept. 17 40	14 " 14 49	16 Sept. 15 8
13 " 10 59	12 " 14 29	17 " 11 38	19 " 11 57
30 " 15 52	15 " 11 18	4 Oct. 16 31	6 Oct. 16 50
3 Oct. 12 41	2 Oct. 16 12	7 " 13 20	9 " 13 39
6 " 9 30	5 " 13 1	10 " 10 9	12 " 10 28
20 " 17 35	8 " 9 50	27 " 15 2	29 " 15 21
23 " 14 24	22 " 17 54	30 " 11 51	1 Nov. 12 50
26 " 11 13	25 " 14 43	2 Nov. 8 40	4 " 8 59
29 " 8 2	28 " 11 32	16 " 16 44	18 " 17 4
12 Nov. 16 6	31 " 8 21	19 " 13 33	21 " 13 52
15 " 12 55	14 Nov. 16 25	22 " 10 22	24 " 10 41
18 " 9 44	17 " 13 14	25 " 7 11	27 " 7 30
21 " 6 33	20 " 10 3	12 Dec. 12 4	14 Dec. 12 24
5 Dec. 14 37	23 " 6 52	15 " 8 53	17 " 9 13
8 " 11 26	7 Dec. 14 56		20 " 6 2
11 " 8 15	10 " 11 45		
28 " 13 8	13 " 8 34		
31 " 9 57	30 " 13 28		

1888.	1889.	1890.	1891.
6 Jan. 10u 55m	7 Jan. 11u 14m	9 Jan. 11u 33m	11 Jan. 11u 52m
9 " 7 44	10 " 8 3	12 " 8 22	14 " 8 41
29 " 9 26	30 " 9 45	1 Febr. 10 4	3 Febr. 10 24
1 Febr. 6 15	2 Febr. 6 34	4 " 6 53	6 " 7 13
21 " 7 57	22 " 8 16	24 " 8 36	26 " 8 55
15 Mrt. 6 29	17 Mrt. 6 48	19 Mrt. 7 7	21 Mrt. 7 26
17 Sept. 15 27	19 Sept. 15 46	21 Sept. 16 5	23 Sept. 16 25
20 " 12 16	22 " 12 35	24 " 12 54	26 " 13 14
7 Oct. 17 9	25 " 7 24	27 " 9 43	29 " 10 2
10 " 13 58	9 Oct. 17 28	11 Oct. 17 48	16 Oct. 14 56
13 " 10 47	12 " 14 17	14 " 14 37	19 " 11 45
30 " 15 40	15 " 11 6	17 " 11 26	22 " 8 34
2 Nov. 12 29	18 " 7 55	20 " 8 14	5 Nov. 16 38
5 " 9 18	1 Nov. 16 0	3 Nov. 16 19	8 " 13 27
22 " 14 12	4 " 12 49	6 " 13 8	11 " 10 16
25 " 11 1	7 " 9 38	9 " 9 57	14 " 7 5
28 " 7 50	10 " 8 26	12 " 6 46	28 " 15 9
15 Dec. 12 43	24 " 14 31	26 " 14 50	1 Dec. 11 58
18 " 9 32	27 " 11 20	29 " 11 39	4 " 8 47
21 " 6 21	30 " 8 9	2 Dec. 8 28	21 " 13 40
	17 Dec. 13 2	19 " 13 21	24 " 10 29
	20 " 9 51	22 " 10 10	27 " 7 18
	23 " 6 40	25 " 6 59	

1892.	1893.	1894.	1895.
13 Jan. 12u 12m	14 Jan. 12u 31m	16 Jan. 12u 50m	1 Jan. 8u 16m
16 " 9 1	17 " 9 20	19 " 9 39	21 " 9 58
5 Febr. 10 43	6 Febr. 11 2	22 " 6 28	24 " 6 47
8 " 7 32	9 " 7 51	8 Febr. 11 21	13 Febr. 8 29
28 " 9 14	1 Mrt. 9 33	11 " 8 10	8 Mrt. 7 1
2 Mrt. 6 3	4 " 6 22	3 Mrt. 9 52	28 " 8 43
22 " 7 45	24 " 8 5	6 " 6 41	10 Sept. 15 59
24 Sept. 16 44	26 Sept. 17 3	26 " 8 24	13 " 12 48
27 " 13 33	29 " 13 52	8 Sept. 15 40	30 " 17 41
30 " 10 22	2 Oct. 10 41	11 " 12 29	3 Oct. 14 30
17 Oct. 15 15	19 " 15 34	28 " 17 22	6 " 11 19
20 " 12 4	22 " 12 23	1 Oct. 14 11	23 " 16 13
23 " 8 53	25 " 9 12	4 " 11 0	26 " 13 2
6 Nov. 16 57	8 Nov. 17 16	21 " 15 53	29 " 9 50
9 " 13 46	11 " 14 5	24 " 12 42	1 Nov. 6 39
12 " 10 35	14 " 10 54	27 " 9 31	12 " 17 55
15 " 7 24	17 " 7 43	10 Nov. 17 36	15 " 14 44
29 " 15 28	1 Dec. 15 48	13 " 14 25	18 " 11 33
2 Dec. 12 17	4 " 12 37	16 " 11 14	21 " 8 22
5 " 9 6	7 " 9 25	19 " 8 2	5 Dec. 16 26
22 " 14 0	10 " 6 14	3 Dec. 16 7	8 " 13 15
25 " 10 49	24 " 14 19	6 " 12 56	11 " 10 4
28 " 7 38	27 " 11 8	9 " 9 45	14 " 6 53
	30 " 7 57	12 " 6 34	28 " 14 57
		26 " 14 38	31 " 11 46
		29 " 11 27	

1896.	1897.	1898.	1899.
3 Jan. 8u 16m	1 Jan. 12u 5m	3 Jan. 12u 25m	5 Jan. 12u 44m
23 " 10 17	4 " 8 54	6 " 9 14	8 " 9 33
26 " 7 6	24 " 10 37	9 " 6 2	11 " 6 22
15 Febr. 8 49	27 " 7 26	26 " 10 56	28 " 11 15
9 Mrt. 7 20	16 Febr. 9 8	29 " 7 45	31 " 8 4
29 " 9 2	11 Mrt. 7 39	18 Febr. 9 27	20 Febr. 9 46
11 Sept. 16 18	31 " 9 21	21 " 6 16	23 " 6 35
14 " 13 7	13 Sept. 16 37	13 Mrt. 7 58	15 Mrt. 8 17
17 " 9 56	16 " 13 26	15 Sept. 16 57	17 Sept. 17 16
4 Oct. 14 49	19 " 10 15	18 " 13 46	20 " 14 5
7 " 11 38	6 Oct. 15 9	21 " 10 35	23 " 10 54
10 " 8 27	9 " 11 58	8 Oct. 15 28	10 Oct. 15 47
24 " 16 32	12 " 8 47	11 " 12 17	13 " 12 36
27 " 13 21	26 " 16 51	14 " 9 6	16 " 9 25
30 " 10 10	29 " 13 40	28 " 17 10	30 " 17 29
2 Nov. 6 58	1 Nov. 10 29	31 " 13 59	2 Nov. 14 18
16 " 15 3	4 " 7 18	3 Nov. 10 48	5 " 11 7
19 " 11 52	18 " 15 22	6 " 7 37	8 " 7 56
22 " 8 41	21 " 12 11	20 " 15 41	22 " 16 1
6 Dec. 16 45	24 " 9 0	23 " 12 30	25 " 12 50
9 " 13 34	8 Dec. 17 4	26 " 9 19	28 " 9 38
12 " 10 23	11 " 13 53	29 " 6 8	1 Dec. 6 27
15 " 7 12	14 " 10 42	13 Dec. 14 13	15 " 14 32
29 " 15 16	17 " 7 31	16 " 11 2	18 " 11 21
	31 " 15 36	19 " 7 50	21 " 8 10

1900.	1901.	1902.	1903. [1])
7 Jan. 13u 3m	9 Jan. 13u 22m	14 Jan. 10u 30m	16 Jan. 10u 50m
10 " 9 52	12 " 10 11	17 " 7 19	19 " 7 38
13 " 6 41	15 " 7 0	6 Febr. 9 2	8 Febr. 9 21
30 " 11 34	1 Febr. 11 53	1 Mrt. 7 33	3 Mrt. 7 52
2 Febr. 8 23	4 " 8 42	26 Sept. 15 2	28 Sept. 15 22
22 " 10 5	24 " 10 25	29 " 11 51	1 Oct. 12 10
25 " 6 54	27 " 7 14	2 Oct. 8 40	4 " 8 59
17 Mrt. 8 37	24 Sept. 14 43	16 " 16 45	18 " 17 4
19 Sept. 17 35	27 " 11 32	19 " 13 34	21 " 13 53
22 " 14 24	14 Oct. 16 25	22 " 10 23	24 " 10 42
25 " 11 13	17 " 13 14	25 " 7 11	27 " 7 31
12 Oct. 16 6	20 " 10 3	8 Nov. 15 16	10 Nov. 15 35
15 " 12 55	6 Nov. 14 57	11 " 12 5	13 " 12 24
18 " 9 44	9 " 11 46	14 " 8 54	16 " 9 13
1 Nov. 17 49	12 " 8 35	1 Dec. 13 47	19 " 6 2
4 " 14 38	29 " 13 28	4 " 10 36	3 Dec. 14 6
7 " 11 26	2 Dec. 10 17	7 " 7 25	6 " 10 55
10 " 8 15	5 " 7 6	24 " 12 18	9 " 7 44
24 " 16 20	22 " 11 59	27 " 9 7	26 " 12 38
27 " 13 9	25 " 8 48		29 " 9 26
30 " 9 58			
3 Dec. 6 46			
17 " 14 51			
20 " 11 40			
23 " 8 29			

[1]) Deze tafel is gemakkelijk voort te zetten. 128 perioden van 2d 20u 48m 54s zijn gelijk aan 367 dagen 0u 19m,2. Telt men dus bij de tijdstippen, in de kolom 1903 aangegeven, 2 dagen 0u 19m,2 op, dan verkrijgt men tijdstippen, waarop de oogenblikken van kleinste licht in het jaar 1904 plaats grijpen en zoo vervolgens. Doch als de nieuwe kolom dan voor een schrikkeljaar geldt, zooals het jaar 1904, dan moet men, wegens den schrikkeldag, na 28 Februari

Als gij nu deze tafel gebruiken wilt om zulk eene lichtvermindering van Algol te zien, moet gij wel hierop indachtig zijn, dat als het aangegeven oogenblik te dicht nabij zonson-

---

één dag minder nemen, dus slechts $1^d\ 0^u\ 19^m,2$ optellen; dit geldt nog tot en met 28 Februari van het volgende jaar. Het gebeurt dan trouwens menigmaal, dat sommige der verkregene uitkomsten moeten vervallen, hetzij omdat zij na zonsopkomst vallen, (bijv. 1900, 1 Nov. $17^u\ 49^m$ zou geven 1901, 3 Nov. $18^u\ 8^m,2$), of dat zij een tijdstip aangeven, waarop de ster reeds onder is.

Daarentegen komen er weder andere bij, doordien, wanneer in het eene jaar een kleinste licht nog vóór zonsondergang of vóór de opkomst der ster valt, het door bijvoeging van $19^m,2$ na zonsondergang of na opkomst der ster kan vallen. Die gevallen worden licht onderkend; want indien men voor een kleinste licht door de optelling met $19^m,2$ meer verkrijgt dan $9^u\ 11^m$, zie bijv. 6 Januari 1898, dan komt het volgende 3 dagen later na 6 uur, en dus meestal na zonsondergang.

Met behulp der tabel van zonsop- en ondergang in den Regeeringsalmanak, (die ook in dit stukje, blz. 86 is medegedeeld) kan men nagaan, te hoe laat de zon te Batavia op- en ondergaat, en met behulp van het onderstaande tafeltje kan men zien, wanneer de ster zelve opkomt en ondergaat, zoodat men, door beide tafels te raadplegen, kan beslissen, of eene uitkomst, op de beschrevene wijze verkregen, vervallen moet, of wel dat eene nieuwe uitkomst behoort ingevuld te worden.

TAFEL, waaruit men zien kan, wanneer Algol te Batavia boven den horizon is.

Datum.	Opkomst.	Ondergang.	Datum.	Opkomst.	Ondergang.
1 Januari . .	$2^u\ 37^m$	$13^u\ 55^m$	1 Juli . . .	$14^u\ 43^m$	$2^u\ 1^m$
16 " . .	1 38	12 56	16 " . . .	13 44	1 2
1 Februari. .	0 35	11 53	1 Augustus .	12 41	23 59
15 " . .	23 40	10 58	16 " .	11 42	22 5
1 Maart . .	22 45	10 3	1 September.	10 39	21 57
16 " . .	21 45	9 3	16 " .	9 40	20 58
1 April. . .	20 42	8 0	1 October .	8 41	19 59
16 " . . .	19 43	7 1	16 " .	7 42	19 0
1 Mei . . .	18 44	6 2	1 November.	6 38	17 56
16 " . . .	17 45	5 3	16 " .	5 39	16 57
1 Juni . . .	16 42	4 0	1 December.	4 40	15 58
16 " . . .	15 43	3 1	16 " .	4 40	14 48

dergang valt, gij natuurlijk op het oogenblik zelf de ster niet zien kunt, maar dan kunt gij in den loop van den avond wel de ster langzamerhand helderder zien worden, totdat zij ongeveer te 10 uur weder hare gewone helderheid bezit.

Evenzoo is het met die oogenblikken in de tafel, die zeer dicht bij 18 uur, dus dicht bij zonsopkomst vallen; bij de verschijnselen, die zij aanduiden, kan men men wel de lichtvermindering waarnemen, maar niet de lichtvermeerdering.

De schoonste gelegenheden, om eene lichtvermindering en vermeerdering waar te nemen, zijn die, wanneer het kleinste licht in de maanden November, December of Januari tusschen 8 uur en middernacht valt, bijv. 19 Januari, 18 November en 11 December 1884, 20 Januari, 20 November en 13 December 1885, enz.

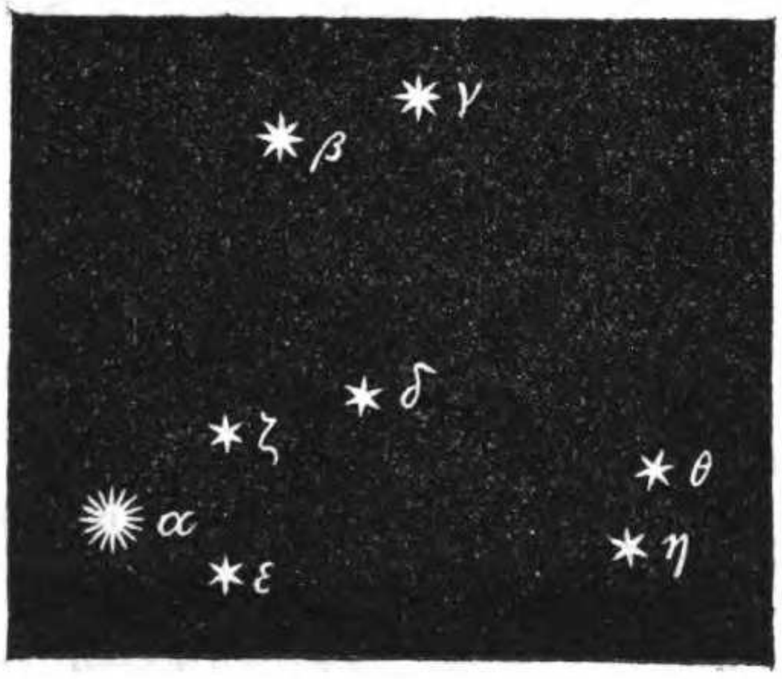
---

§ 217.

DE STER β VAN DE LIER.

Eene andere zeer merkwaardige veranderlijke ster is de ster β van de Lier, fig. 405. Die ster heeft het eigenaardige, dat zij beurtelings eene geringe en eene aanzienlijke lichtvermindering heeft. Hare geheele periode is thans 12 dagen 21 uren 55 minuten, en evenals die van Algol, niet geheel onveranderlijk.

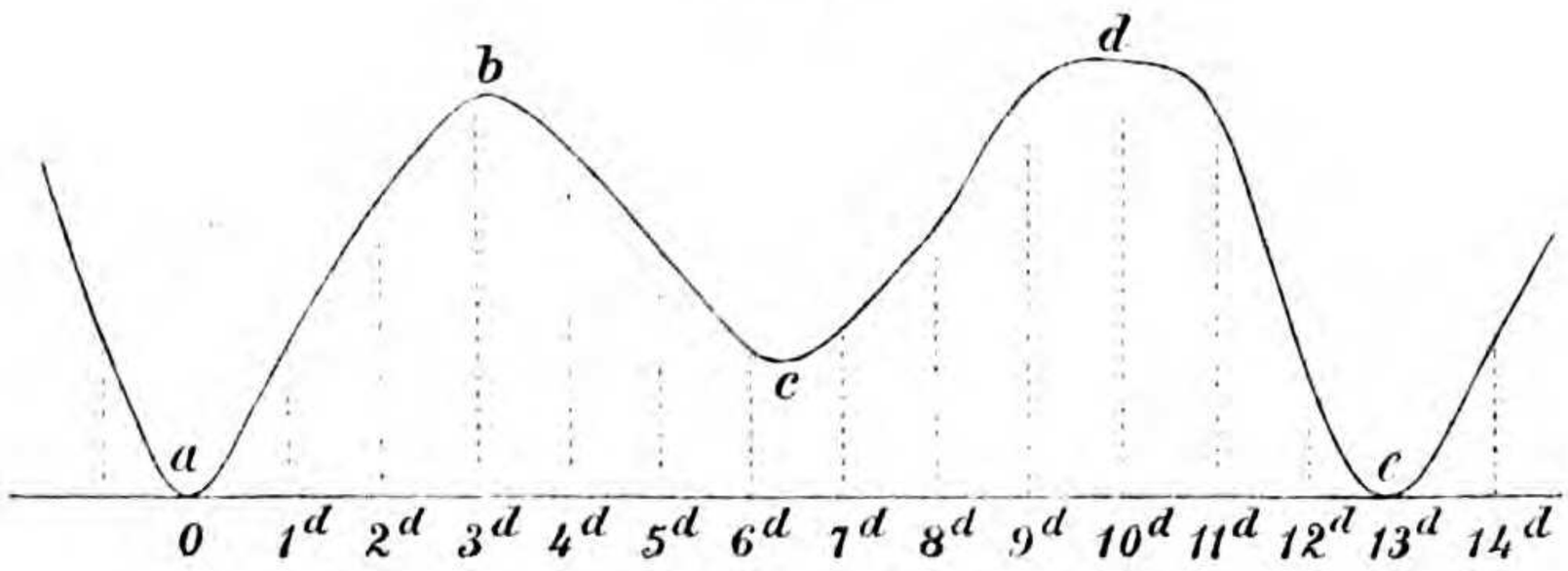
Fig. 405.



Hoe het licht van deze ster verandert, kan weder het best door eene figuur aangetoond worden, fig. 406. In deze figuur beteekenen de verdeelingen langs de as weder dagen, de loodlijnen van de as tot aan de kromme lijn, of ordinaten, de helderheid der ster; de kromme lijn zelve toont dus weer aan,

hoe die helderheid verandert. Als in *a* het kleinste licht ge-

Fig. 406.



weest is, waarbij de ster duidelijk zwakker is dan ζ in de Lier, dan heeft na 3 dagen en 3,3 uur het eerste grootste licht *b* plaats, waarbij de ster omtrent even helder is als γ van de Lier, waar zij vlak bij staat. Nu neemt haar licht weder gedurende 3 dagen en 5,8 uur af, dan wordt de ster echter niet zoo zwak als ζ van de Lier, maar blijft nog helderder dan die ster. Hierop neemt zij weder toe, bereikt na 3 dagen en eenige uren haar tweede grootste licht, dat een weinig helderder is dan het eerste, om dan weder te verzwakken, totdat zij, na bijna 3 dagen, weder tot haar vroeger kleinste licht is teruggekeerd.

Het gemakkelijkst is deze ster waar te nemen in de maanden Juni, Juli, Augustus, September en October, daar zij dan des avonds hoog aan de noordelijke helft van den hemel te vinden is. Om die waarneming gemakkelijk te maken kan weder de volgende tafel dienen, waar, voor de eerstvolgende twintig jaren, de tijdstippen van het kleinste licht zijn aangegeven. Er zijn hier geene minuten bijgezet, hetgeen eene overbodige nauwkeurigheid zou zijn; alleen zijn bij de uren nog de tiende deelen van uren gevoegd, opdat de tabel een regelmatigen loop zou aanbieden; in de praktijk behoeft men echter slechts op de heele uren te letten.

1884.	1885.	1886.	1887.
4 Juni 13u,0	1 Juni 2u,7	10 Juni 14u,2	7 Juni 3u,8
17 „ 11 ,0	14 „ 0 ,6	23 „ 12 ,1	20 „ 1 ,7
30 „ 8 ,9	26 „ 22 ,5	6 Juli 10 ,0	2 Juli 23 ,6
13 Juli 6 ,8	9 Juli 20 ,4	19 „ 7 ,9	15 „ 21 ,6
26 „ 4 ,7	22 „ 18 ,3	1 Aug. 5 ,9	28 „ 19 ,5
8 Aug. 2 ,6	4 Aug. 16 ,2	14 „ 3 ,8	10 Aug. 17 ,4
21 „ 0 ,5	17 „ 14 ,2	27 „ 1 ,7	23 „ 15 ,3
2 Sept. 22 ,4	30 „ 12 ,1	8 Sept. 23 ,6	5 Sept. 13 ,2
15 „ 20 ,4	12 Sept. 10 ,0	21 „ 21 ,5	18 „ 11 ,1
28 „ 18 ,3	25 „ 7 ,9	4 Oct. 19 ,4	1 Oct. 9 ,1
11 Oct. 16 ,2	8 Oct. 5 ,8	17 „ 17 ,3	14 „ 7 ,0
24 „ 14 ,1	20 „ 3 ,7	30 „ 15 ,3	27 „ 4 ,9

1888.	1889.	1890.	1891.
2 Juni 17u,4	12 Juni 5u,0	8 Juni 18u,6	5 Juni 8u,2
15 „ 15 ,4	25 „ 2 ,9	21 „ 16 ,5	18 „ 6 ,1
28 „ 13 ,3	8 Juli 0 ,8	4 Juli 14 ,4	1 Juli 4 ,0
11 Juli 11 ,2	20 „ 22 ,7	17 „ 12 ,3	14 „ 2 ,0
24 „ 9 ,1	2 Aug. 20 ,6	30 „ 10 ,3	26 „ 23 ,9
6 Aug. 7 ,0	15 „ 18 ,5	12 Aug. 8 ,2	8 Aug. 21 ,8
19 „ 4 ,9	28 „ 16 ,5	25 „ 6 ,1	21 „ 19 ,7
1 Sept. 2 ,8	10 Sept. 14 ,4	7 Sept. 4 ,0	3 Sept. 17 ,6
14 „ 0 ,8	23 „ 12 ,3	20 „ 1 ,9	16 „ 15 ,5
26 „ 22 ,7	6 Oct. 10 ,2	2 Oct. 23 ,8	29 „ 13 ,4
9 Oct. 20 ,6	19 „ 8 ,1	15 „ 21 ,7	12 Oct 11 ,4
22 „ 18 ,5		28 „ 19, 7	25 „ 9 ,3

1892.	1893.	1894.	1895.
13 Juni 19u,7	10 Juni 9u,4	6 Juni 23u,0	3 Juni 12u,6
26 " 17 ,7	23 " 7 ,3	19 " 20 ,9	16 " 10 ,5
9 Juli 15 ,6	6 Juli 5 ,2	2 Juli 18 ,8	29 " 8 ,4
22 " 13 ,5	19 " 3 ,1	15 " 16 ,7	12 Juli 6 ,4
4 Aug. 11 ,4	1 Aug. 1 ,0	28 " 14 ,6	25 " 4 ,3
17 " 9 ,3	13 " 22 ,9	10 Aug. 12 ,6	7 Aug. 2 ,2
30 " 7 ,2	26 " 20 ,9	23 " 10 ,5	20 " 0 ,1
12 Sept. 5 ,1	8 Sept. 18 ,8	5 Sept. 8 ,4	1 Sept. 22 ,0
25 " 3 ,1	21 " 16 ,7	18 " 6 ,3	14 " 19 ,9
8 Oct. 1 ,0	4 Oct. 14 ,6	1 Oct. 4 ,2	27 " 17 ,8
20 " 22 ,9	17 " 12 ,5	14 " 2 ,1	10 " 15 ,8
	30 " 10 ,4	27 " 0 ,1	23 " 13 ,7

1896.	1897.	1898.	1899.
12 Juni 0u,1	8 Juni 13u,8	5 Juni 3u,4	1 Juni 17u,0
24 " 22 ,1	21 " 11 ,7	18 " 1 ,3	14 " 14 ,9
7 Juli 20 ,0	4 Juli 9 ,6	30 " 23 ,2	27 " 12 ,8
20 " 17 ,9	17 " 7 ,5	13 Juli 21 ,1	10 Juli 10 ,7
2 Aug. 15 ,8	30 " 5 ,4	26 " 19 ,0	23 " 8 ,7
15 " 13 ,7	12 Aug. 3 ,3	8 Aug. 17 ,0	5 Aug. 6 ,6
28 " 11 ,6	25 " 1 ,3	21 " 14 ,9	18 " 4 ,5
10 Sept. 9 ,5	6 Sept. 23 ,2	3 Sept. 12 ,8	31 " 2 ,4
23 " 7 ,5	19 " 21 ,1	16 " 10 ,7	13 Sept. 0 ,3
6 Oct. 5 ,4	2 Oct. 19 ,0	29 " 8 ,6	25 " 22 ,2
19 " 3 ,3	15 " 16 ,9	12 Oct. 6 ,5	8 Oct. 20 ,2
	28 " 1 ,48	25 " 4 ,4	21 " 18 ,1

1900.	1901.	1902.	1903.
11 Juni 4u,5	7 Juni 18u,2	4 Juni 7u,8	13 Juni 19u,3
24 " 2 ,5	20 " 16 ,1	17 " 5 ,7	26 " 16 ,1
7 Juli 0 ,4	3 Juli 14 ,0	30 " 3 ,6	9 Juli 15 ,1
19 " 22 ,3	16 " 11 ,9	13 Juli 1, 5	22 " 13 ,1
1 Aug. 20 ,2	29 " 9 ,8	25 " 23 ,4	4 Aug. 11 ,0
14 " 18 ,1	11 Aug. 7 ,7	7 Aug. 21 ,4	17 " 8 ,9
27 " 16 ,0	24 " 5 ,7	20 " 19 ,3	30 " 6 ,8
9 Sept. 13 ,9	6 Sept. 3 ,6	2 Sept. 17 ,2	12 Sept. 4 ,7
22 " 11 ,9	19 " 1 ,5	15 " 15 ,1	25 " 2 ,6
5 Oct. 9 ,8	1 Oct. 23 ,4	28 " 13 ,0	8 Oct. 0 ,6
18 " 7 ,7	14 " 21 ,3	11 Oct. 10 ,9	20 " 22 ,5
31 " 5 ,6	27 " 19 ,2	24 " 8 ,8	

Gij ziet wel, dat in deze tafel ook aangegeven zijn tijdstippen, die overdag vallen; zoodra het uur meer is dan 18 of minder is dan 6, dan is dat het geval. Maar het doel van deze tafel is ook een ander dan dat van de voorgaande. Het verminderen van het licht der ster, tot haar kleinste licht toe, en het vermeerderen van haar licht daarna, gaat bij de ster β van de Lier te langzaam, dan dat men dat in den loop van éénen avond gemakkelijk zou kunnen zien; maar de tafel kan toch dienen om den loop der lichtverandering na te gaan.

Bijvoorbeeld: in 1884 zien wij uit de tafel, dat onze ster haar kleinste licht heeft in de nachten van den 4en, 17en en 30en Juni, den 13en Juli, enz. Op de avonden van deze dagen zult gij de ster ook zeer zwak van licht zien. Den 7en, en 20en Juni, den 3en en 16en Juli daarentegen, (telkens drie dagen later dan het kleinste licht) bereikt de ster haar eerste grootste licht; dan is zij dus helder en gelijkt op haren nabuur γ uit de Lier. Drie dagen later is zij in haar andere kleinste licht,

dus den 10en en 23en Juni, den 6en en 19en Juli; doch dan is zij niet zoo zwak als zij den 4en, 17en Juni enz. was; eindelijk den 23en en 26en Juni, den 9en en 22en Juli is zij nabij haar tweede grootste licht, dat een weinig sterker is dan het eerste.

Op die wijs kunt gij zeer gemakkelijk een allermerkwaardigst verschijnsel waarnemen.

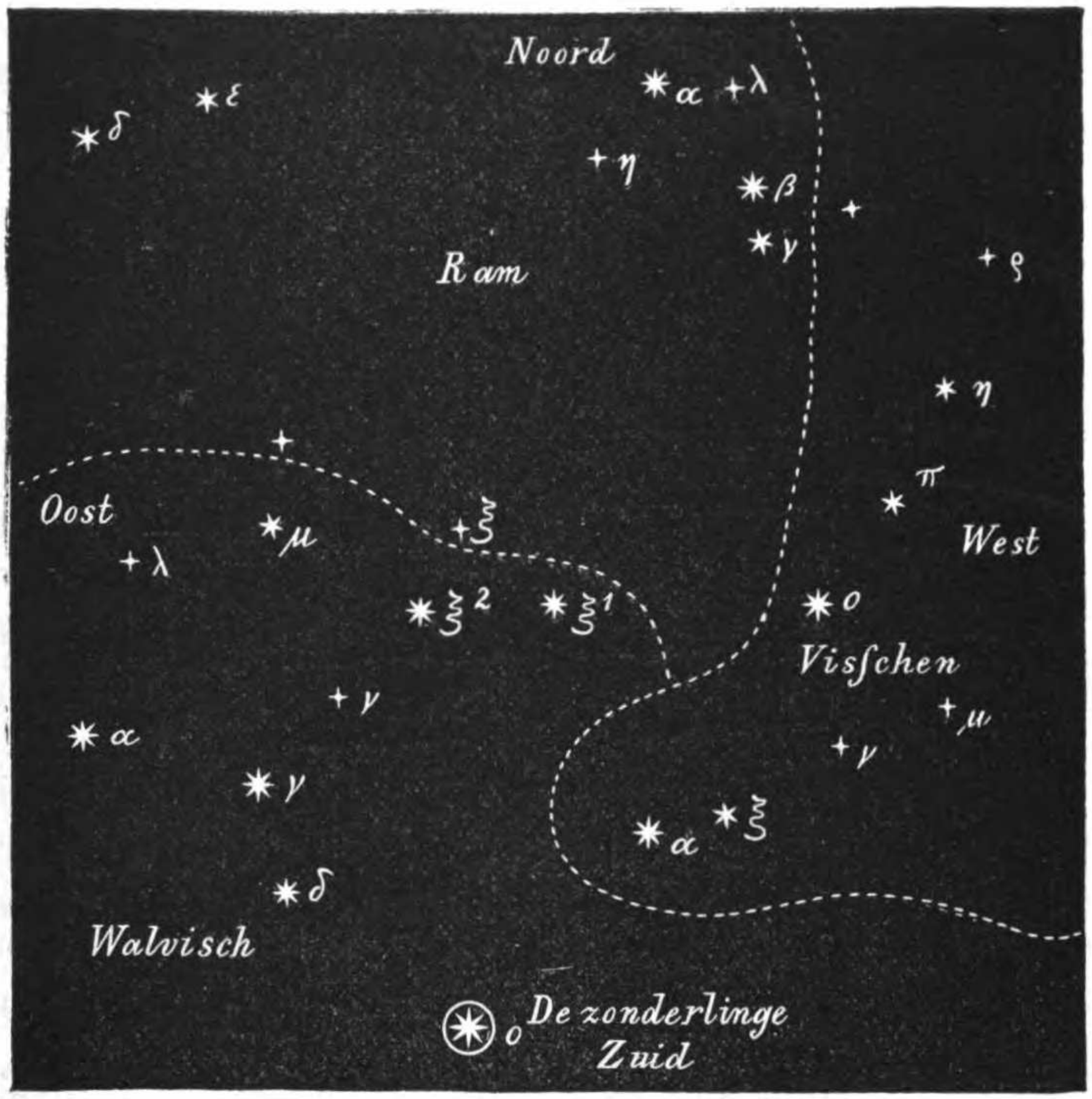
---

§ 218.

DE ZONDERLINGE STER IN DEN WALVISCH.

Eene andere merkwaardige ster met veranderlijk licht is zekere ster in den Walvisch, die het eerst van allen als

Fig. 407.



veranderlijke ster erkend is, en wel reeds in het jaar 1638

door den hoogleeraar Holwarda te Franeker in Friesland. Hij noemde haar: de Zonderlinge, omdat zij iets vertoonde, wat zoover bekend was, bij nog geene enkele ster was waargenomen.

Deze ster is, als zij zichtbaar is, zeer gemakkelijk te vinden, zie fig. 407, waar zij in een kringetje is geteekend; men zoekt eerst het sterrebeeld den Ram, dat zeer gemakkelijk te onderkennen is; dan vindt men gemakkelijk het sterrebeeld de Visschen, twee rijen kleine sterretjes, die in ééne heldere ster α te zamen loopen, en dicht bij die α van de Visschen staat de Zonderlinge in den Walvisch; maar den meesten tijd vindt men haar niet aan den hemel. Gewoonlijk blijft zij 4 maanden met het bloote oog zichtbaar; somtijds wordt zij, als zij het helderst is, van de 2e grootte, somtijds komt zij niet verder dan de 4e grootte. Dan is zij gewoonlijk zeven maanden voor het bloote oog onzichtbaar.

Haar grootste licht zal zij waarschijnlijk krijgen in:

1884 omtrent 1 April,
1885 „ 1 Maart,
1886 „ 1 Februari,
1887 „ 1 Januari,
1887 „ 1 December,
1888 „ 1 November.

Maar deze ster is zeer onregelmatig in hare veranderingen, zoodat het wellicht zal blijken, dat die vooruitberekening niet geheel juist is.

Als gij nu een paar maanden vóór deze datums die ster aan den hemel opzoekt op de plaats, waar zij staan moet, dan zult gij haar op een zekeren avond als een zwak sterretje het eerst ontwaren; en dan zult gij hare toeneming in licht kunnen zien, totdat zij weder in licht vermindert, en ten slotte weder onzichtbaar wordt.

In de eerste jaren zal dit nu wat moeilijk gaan, want, zooals gij in de figuur ziet, loopt de ekliptika of zonsweg dicht voorbij

de ster, en de zon is den 10 April vrij dicht bij die ster, zoodat zij in Februari en het begin van Maart nog wel, maar toch na den 18 Maart moeilijk 's avonds te zien is. Tusschen 18 Maart en 18 Mei kan men rekenen dat de ster in het geheel niet te zien is, want dan staat de zon er te dicht bij. Maar na 18 Mei kan men haar weder des morgens vroeg, voor zonsopgang, in het Oosten zien. Als gij nu let op hetgeen ik u gezegd heb, dat de ster gewoonlijk 4 maanden zichtbaar is, twee maanden vóór en twee maanden na haar grootste licht, dan kunt gij gemakkelijk nagaan hoe gij haar vinden zult.

In 1884 zal men zeer gemakkelijk de ster reeds in Februari en Maart des avonds kunnen zien zichtbaar worden en sterker in licht worden, dan wordt zij omstreeks 18 Maart door het zonnelicht onzichtbaar, en op het eind van Mei als zij in het Oosten weer te vinden is, is haar licht al sterk aan het afnemen.

In het jaar 1885 zult gij voor het eerst weder des avonds hare toename tot haar helderst licht kunnen volgen, totdat zij door het zonnelicht onzichtbaar wordt.

In het jaar 1886 zal men waarschijnlijk het geheele zichtbaar worden, toenemen, en weder afnemen kunnen zien, en in de volgende jaren heeft dit telkens eene maand vroeger plaats, dus wordt het in de eerste jaren hoe langer hoe gemakkelijker.

---

§ 219.

GROOT AANTAL DER VERANDERLIJKE STERREN.

ABDULLAH. Wel mijnheer, dat is toch wel aardig, en ik zou zoo gaarne die veranderingen eens zien.

DE HEER. Wel, niets is gemakkelijker; er is eenvoudig maar voor vereischt, dat men de sterren weet te vinden, en dan op de bepaalde dagen, en ook op andere dagen, ernaar kijkt.

Die drie, welke ik u opgenoemd en waarvan ik u tafeltjes gegeven heb, kunt gij zelf zeer goed volgen, alleen spreekt het van zelf dat bij helder maanlicht de zwakke sterren slecht te zien zijn.

Er zijn er nog een aantal, die met het bloote oog wel te zien zijn, hetzij altijd, hetzij als zij in haar grootste licht zijn; maar ik heb er u maar drie leeren kennen, dat is vooreerst voldoende. Ook kennen de sterrekundigen er een aantal, die alleen in kijkers te zien zijn; in het geheel zijn er omtrent 160 sterren met veranderlijke helderheid bekend.

De merkwaardigste zijn zeker die sterren, die plotseling zichtbaar, dikwijls zelfs zeer helder worden, en die dan weer langzamerhand verdwijnen om weer geheel onzichtbaar te worden.

In de maand November van 1572 is zulk eene ster in het sterrebeeld Cassiopeia zichtbaar geworden, en door Tycho Brahe, een beroemd sterrekundige, gezien en waargenomen. Zij werd veel helderder dan de helderste sterren van den hemel, ja was zoo helder als Venus, zoodat zij zelfs bij dag zichtbaar was. Maar reeds in December begon haar licht te verminderen; in Februari en Maart 1573 was het eene ster van de eerste grootte en zoo verminderde zij allengs, tot zij in Maart 1574 weer onzichtbaar was.

ABDULLAH. En is die ster naderhand niet meer zichtbaar geworden?

DE HEER. Neen, althans voor het bloote oog niet meer. Doorzoekt men de plek, waar die ster geweest is, met een kijker, dan vindt men daar een groot aantal zeer kleine sterretjes, en één ervan staat bijna precies op de plaats, waar de ster van Tycho geweest is, maar of het dezelfde is, kan men niet goed zeggen.

ABDULLAH. En gebeurt dat nog al dikwijls mijnheer, dat er zulke sterren zichtbaar worden?

DE HEER. Neen, zeer zelden. In het jaar 1604 is er ook ééne geweest in het sterrebeeld de Slangendrager, die heeft Keppler

beschreven; en in 1866 ééne in de Noordelijke Kroon. Maar een zeer merkwaardig voorbeeld van dat plotseling helder worden eener ster heeft plaats gehad met eene ster, die hier op Java wel, maar in Europa juist niet zichtbaar is. Ik bedoel de ster η (êta) in het schip Argo, rechts van het Zuiderkruis, in een groote nevelvlek, die duidelijk zonder kijker te zien is, zie fig. 408.

Fig. 408.

Deze ster is reeds meermalen zeer helder geweest, als in 1827, 1835, 1838 enz. tot 1850 toe, toen is zij weer gaan afnemen en is sedert 1863 nog even met het blooto oog zichtbaar. Wellicht wordt zij vroeg of laat weder helder; het is wel de moeite waard er van tijd tot tijd op te letten.

VIERDE HOOFDSTUK.

Over de zon.

---

§ 220.

OM DE LICHTVERANDERINGEN DER VERANDERLIJKE STERREN TE VERKLAREN, IS HET HET BEST DE ZON TE BESTUDEEREN. WENTELING DER ZON OM HARE AS.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe komt het toch dat zoo eene ster van licht verandert? Wat gebeurt er toch mede?

DE HEER. Dat is niet gemakkelijk te zeggen. De sterrekundigen hebben daar lang naar gezocht en gegist, maar men kan niet zeggen dat zij het zeker weten.

Het best dat men doen kan om die wonderlijke lichtveranderingen te verklaren, is dat men zich herinnert, dat onze zon ook eene vaste ster is, en wij moeten dus nader vragen: wat weten wij van onze zon? Is dat ook eene veranderlijke ster of niet? En kunnen wij door de zon te bestudeeren, ook nagaan wat de oorzaak der lichtveranderingen der veranderlijke sterren is?

Maar wij moeten ook eerst meer van de veranderlijke sterren weten. Nu, zooals ik u de vorige keer vertelde, er zijn er omtrent 160 bekend, en sommige sterrekundigen hebben die vrij geregeld waargenomen.

Wat is nu daarvan het resultaat? Antwoord:

1°. dat er slechts een klein aantal eene periode hebben van weinige dagen, maar dat de meeste eene periode hebben die eenige maanden omvat;

2°. dat die perioden zelden altijd even lang zijn, maar meestal dan eens wat grooter dan eens wat kleiner zijn;

3°. dat ook vele veranderlijke sterren als zij haar grootste licht bereiken, niet altijd even helder zijn;

4°. dat hetzelfde ook plaats heeft bij het kleinste licht.

Laat ons nu eens nagaan, wat wij van onze zon weten; dan zullen wij moeten vragen, kunnen wij daarmede verklaren hetgeen wij van de sterren zien, die veranderlijk licht hebben.

Ik heb u reeds medegedeeld dat onze zon haar licht alleen krijgt door de ontzettende hitte die zij heeft, zoodat hoogstwaarschijnlijk de oppervlakte niet eens vast of vloeibaar, maar een gas, en wel een brandend of althans een gloeiend gas is.

Nu kan men natuurlijk vragen: Is er verder op die oppervlakte der zon niets te zien? Met het bloote oog zeker niet; ziet men de zon door een dikken nevel heen, dan ziet men niets dan een witten bol, slechts zeer enkele keeren is het gebeurd, dat men er eene kleine of grootere zwarte vlek op gezien heeft. Maar geheel anders is het, als men de zon met een kijker beziet.

Toen in het jaar 1608 de verrekijkers door den brillenslijper Lippershey te Middelburg in Zeeland waren uitgevonden, vernam Galilei dit en hij maakte spoedig zelf een kijker. Hij gebruikte dien toen voornamelijk om de planeten, de maan en de sterren te bezien. Ik heb u reeds verteld, dat hij toen dadelijk zag, dat de melkweg aan den hemel alleen uit kleine sterretjes bestond; later, in 1611, bekeek hij ook de zon, als zij onderging; datzelfde deed ook nog vóór hem een ander sterrekundige, Fabricius, in Oostfriesland. Tegenwoordig kan men de zon ook wel bezien, als zij hoog aan den hemel staat, maar dan gebruikt men voor het oog een zeer donker gekleurd

glas, of andere hulpmiddelen om het zonnelicht te verzwakken; die middelen waren toen nog niet bekend.

En wat zagen Fabricius en Galilei toen aan de zon? Dat er van tijd tot tijd zwarte vlekken op waren, die niet alle dagen op dezelfde plaats stonden, maar zich integendeel op de zon schenen te bewegen.

Let nu eens goed op, wat die waarnemers zagen. Dat was niet in alle maanden van het jaar hetzelfde. Er waren twee tijden in het jaar, namelijk Juni en December, dan schenen die vlekken zich in eene rechte lijn over de zon te bewegen, de overige tijden schenen zij eene gebogene lijn te volgen, en in Maart en September was die bocht het sterkste. Zie eens deze figuren: fig. 409 stelt voor hoe zulk een vlek zich in Maart bewoog. De lijn *A B* beteekent hier de zonsweg of ekliptika; *C* is het middelpunt der zon, *D E F G* de omtrek der zon, en *D H I K L M F* de baan, die een zonnevlek op de zon scheen af te leggen. Voor dien weg *D F* had zoo een zonnevlek bijna 14 dagen noodig, en bij *F* gekomen verdween zij, maar kwam meestal na bijna 14 dagen bij *D* weerom.

Fig. 409.

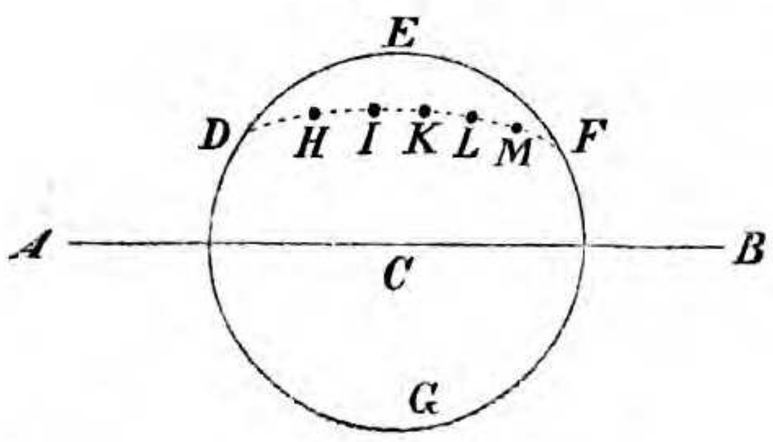
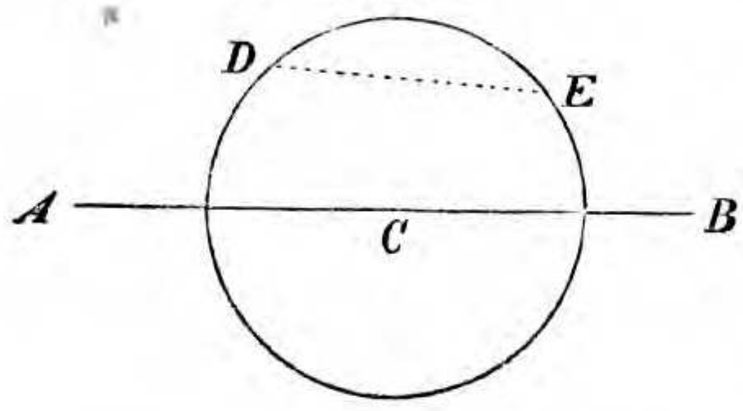
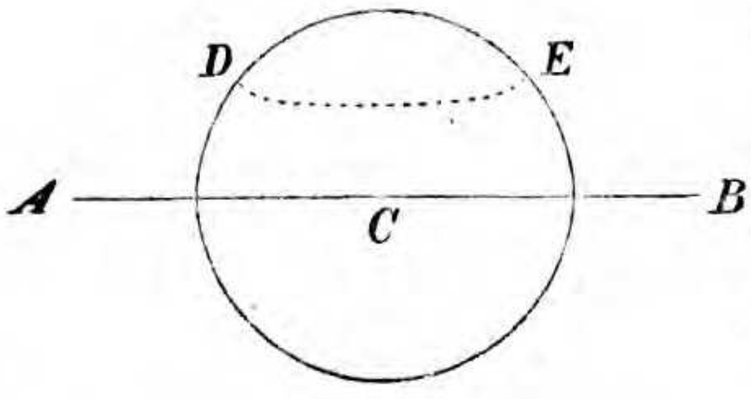


Fig. 410.



In Juni was de schijnbare loop eener zonnevlek geheel anders; zij scheen dan, zie fig. 410, eene rechte lijn te beschrijven, doch naar de ekliptika te naderen. Werd er eene in *D* zichtbaar, dan was zij evenzoo na bijna 14 dagen in *E*.

Fig 411.

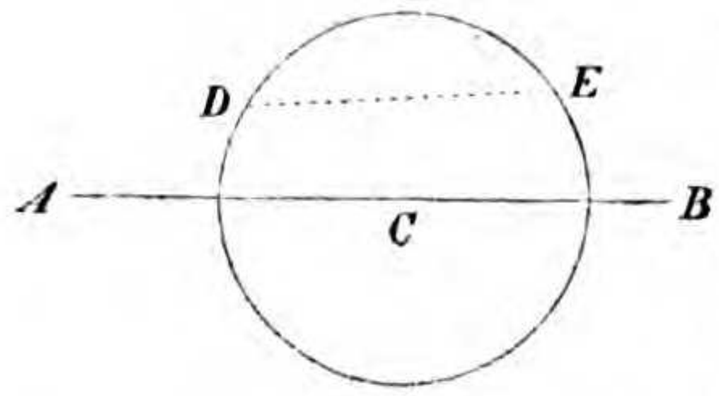


In September was de baan der vlek weer krom, maar met de holle zijde naar boven, zie fig. 411.

In December eindelijk was zij weder recht, maar de zonnevlek scheen zich van de ekliptika te

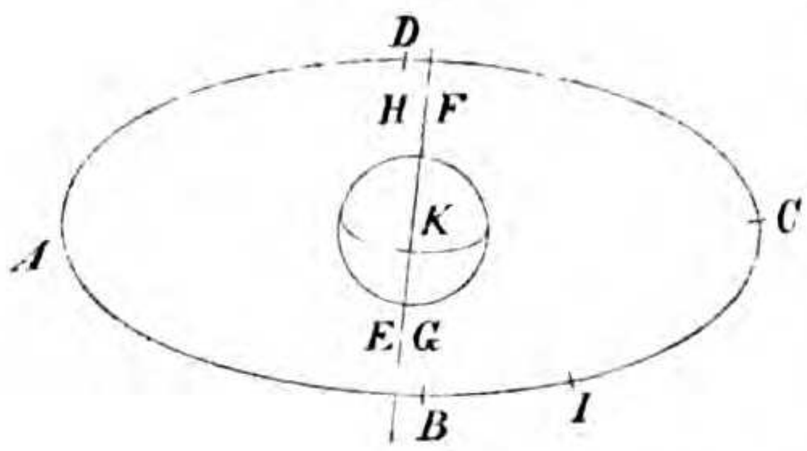
verwijderen, zie fig. 412. Ook in de twee laatste gevallen was de tijd, dien eene zonnevlek gebruikte, om de zon te doorloopen, altijd bijna 14 dagen.

Fig. 412.



Nu moet gij weder bedenken, welk onderscheid er tusschen is, of men in Maart, Juni, September of December de zon beziet. Dit onderscheid bestaat daarin, dat de aarde in die vier gevallen in vier verschillende punten van hare loopbaan is, zie fig. 413, waar *K* de zon voorstelt en *A B C D* de loopbaan der aarde, in de schuinte gezien.

Fig. 413.



Stel nu, dat de aardbol

in Maart in *A*,
in Juni in *B*,
in September in *C*,
in December in *D*

is, dan zult gij zelf wel begrijpen welke gevolgtrekking wij daaruit en uit de u gegevene teekeningen behooren te maken; eenvoudig deze, dat de beweging van die zonnevlekken zonder eenigen twijfel komt van de draaiing der zon om hare as, en dat die as schuin staat naar dien kant, waar de aarde in September staat.

De as *E F* der zon maakt met de loodlijn *G H* op de ekliptika een hoek, die niet grooter is dan 7 graden, maar toch toereikend om te doen zien dat de zonnevlekken in Maart niet langs denzelfden weg schijnen te loopen als in September, en in Juni niet evenals in December.

ABDULLAH. Dus de zon draait evenals de aarde om eene as?

DE HEER. Ja, en in hoeveel tijd zult gij wel kunnen nagaan, als gij u herinnert hoe lang ik u gezegd heb, dat eene zonnevlek noodig heeft om van den linker- naar den rechterkant over de zonneschijf te komen.

ABDULLAH. O, u hebt gezegd omtrent 14 dagen, dus ik zou zeggen, dat de zon dan 28 dagen noodig had om om hare as te wentelen.

DE HEER. Dat is toch niet juist. Het zou wel juist zijn, ingeval de aarde stil stond, maar de aarde beweegt zich. Als de aarde bijv. den 6^{en} Juni zich bevindt in B dan bevindt zij zich 28 dagen later in I. Als dus een zonnevlek, die den 6^{en} Juni aan den linkerrand der zon verschenen en den 20^{en} aan den rechterrand verdwenen is, dan weer den 4^{en} Juli, als de aarde in I is, aan den linkerrand der zon terugkomt, dan heeft die zonnevlek niet eene heele omwenteling volbracht, maar eene heele, plus nog $\frac{28}{365}$ eener omwenteling. Als men daarop let, dan blijkt het, dat de zon niet 28, maar slechts 26 dagen noodig heeft om om hare as te draaien.

Ziedaar dus reeds ééne eigenschap van de zon bekend; dat zij, in 26 dagen, om hare as wentelt.

---

§ 221.

OVER DE ZONNEVLEKKEN. HAAR ONTSTAAN, VOORKOMEN EN DUUR.

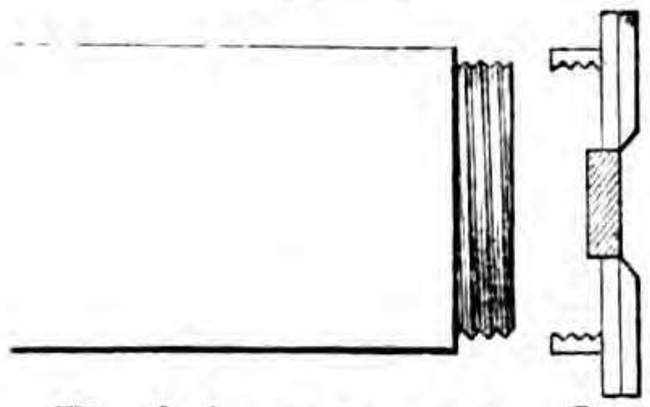
ABDULLAH. Maar mijnheer, wat zijn nu toch die vlekken, die men dan soms op de zon ziet.

DE HEER. Wel, dat is eene vraag die nog zoo gemakkelijk niet beantwoord is. Ik zal u eerst eens vertellen, wat men zoo al van die zonnevlekken gezien heeft. Met het bloote oog zijn zij zeer zelden te zien; daarvoor zijn zij meestal te klein; enkele keeren slechts is dat het geval geweest, dan kon men op de zon een zwart puntje zien, als de zon opkwam of onderging, of ook als zij achter eene wolk stond.

De sterrekundigen die dus de zonnevlekken willen zien en bestudeeren, moeten daartoe verrekijkers gebruiken; nu is het licht der zon veel te sterk om erin te zien, zoowel onmiddellijk als in een kijker; daarom hebben de sterrekundigen verschil-

lende middelen bedacht, om dat licht te temperen, zoodat men het kan bezien, zonder nadeel voor de oogen. Een van die middelen is, dat men tusschen het oogglas en het oog nog een donker gekleurd glas plaatst. In de kijkers, waarmede men de zon bezien wil, wordt het eenvoudig op de oogbuis geschroefd; daarvoor is het stukje donker glas gevat in een rond plaatje koper dat op de oogbuis geschroefd wordt, zie fig. 414.

Fig. 414.

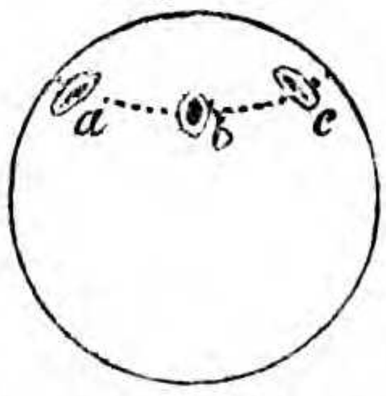


Beziet men nu door zulk een kijker de geheele zon, dan ziet men duidelijk, dat het licht der zon in het midden het sterkst is, en aan de randen daarentegen het zwakst, plaat V.

Op deze plaat ziet gij nu ook een paar groepen van zonnevlekken. Meestal namelijk zijn die zonnevlekken met meerdere in eene groep vereenigd, maar ook dikwijls zijn zij alleen.

In de zonnevlekken, die de figuur doet zien, ziet gij duidelijk een zwarte kern, en een grauwen rand. Zijn die zonnevlekken klein, dan is er dikwijls geen kern, en ziet men enkel een grauwe vlek. Ook wanneer een zonnevlek pas ontstaat, dan ziet men een kleine grauwe vlek, en eerst later na eenige dagen, komt er een zwart puntje in, dat langzamerhand grooter en grooter wordt; dit is dan de kern. Zoo blijft een zonnevlek soms dagen of weken achtereen, maar ondergaat dikwijls veranderingen in haar omtrek. In fig. 415, plaat VI, ziet gij een voorbeeld, hoe zoo een zonnevlek er wel in een kijker uitziet. In den grauwen rand zijn dikwijls strepen, die van binnen naar buiten gericht zijn.

Fig. 416.



Als nu zoo eene zonnevlek dicht bij het midden der zon er rond uitziet, zie *b*, fig 416, dan wordt haar vorm aan den rand der zon langwerpig, zie *c*; maar dat is heel natuurlijk, en alleen een gevolg daarvan, dat de zon een bol is; toen ik u vroeger uitlegde, hoe de aarde er uitzag, gezien van verre, heb ik u daar ook op doen letten, dat de landen aan den omtrek er noodzakelijk misvormd uitzien.

Maar in de meeste gevallen wordt, als de vlek aan den zonnerand komt, de rand van de vlek aan den binnenkant het smalst, en aan den buitenkant breeder, zooals ook in de figuur geteekend is.

Zoudt gij nu daaruit kunnen opmaken of de zonnevlek eene verdieping of eene verhevenheid is ?

ABDULLAH. Wel ja, mijnheer, natuurlijk eene verdieping, want als het eene verhevenheid was, dan zou de rand aan den binnenkant het breedste blijven.

DE HEER. Juist zoo, het zijn bepaald verdiepingen, maar dikwijls is die rand toch niet zeer steil naar beneden, want menigmaal is de rand aan den binnenkant nagenoeg even breed als aan den buitenkant.

Zulk een zonnevlek duurt soms slechts weinige dagen, maar de groote duren dikwijls langer zoodat, als zij in *c* aan den rand verdwijnen, zij ook na 14 dagen bij *a* weer terugverschijnen. Ook gebeurt het wel, dat een zonnevlek verscheidene malen terugkeert; dan duurt haar bestaan twee of meer maanden.

Als nu eene zonnevlek haar grootste uitgebreidheid verkregen heeft, dan vermindert zij langzamerhand in omvang; dat doet zoowel de kern als de rand, en eindelijk verdwijnt zij langzamerhand, en wel eerst de kern en daarna de rand.

---

§ 222.

OVER DE PERIODE IN DE ZONNEVLEKKEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, zijn die vlekken nu altijd op de zon ?

DE HEER. Neen, niet altijd; er zijn tijden dat er veel vlekken op de zon zijn, dan ziet men er bijna alle dagen een aantal van, en er zijn andere tijden, dat zij zeer zelden zijn. De sterrekundigen, die zich met die zonnevlekken veel hebben bezig

gehouden, hebben gezien dat de tijden dat er veel zonnevlekken zijn, regelmatig na ruim elf jaar terugkomen, tusschen twee zulke tijden in ligt dan een tijdvak, dat er *weinig* zonnevlekken zijn. Maar het gaat langzaam in elkander over.

In Europa zijn er sommige sterrekundigen geweest, en zij zijn er nog, die vele jaren achter elkander de zon trouw hebben waargenomen; onder anderen Secchi te Rome, die nu dood is en opgevolgd is door Tacchini; Wolf te Zurich, die nog leeft, en die ook het eerst die periode van 11 jaar in de zonnevlekken opgemerkt heeft; Paschen te Schwerin, enz. Die Secchi heeft onder anderen het volgende lijstje bekend gemaakt van het aantal zonnevlekken, die in één jaar tijd te Rome gezien zijn:

1859	257	zonnevlekken,
1860	251	„
1861	251	„
1862	168	„
1863	165	„
1864	97	„
1865	86	„
1866	81	„
1867	32	„
1868	92	„
1869	198	„
1870	305	„
1871	304	„
1872	292	„

. . . . . .

Hieruit ziet gij wel, dat er in 1859 zeer veel zonnevlekken waren, en in 1870 weder, daar zijn nu elf jaar tusschenbeide.

Onmiddellijk vóór het jaar 1859 zijn te Rome de zonnevlekken niet geteld geworden, maar volgens andere waarnemers waren er in 1857 minder dan in 1858 en in 1858 minder dan in 1859.

In 1859 waren dus meer zonnevlekken dan een jaar vroeger

en dan een jaar later. Men zegt dan, met een latijnsch woord, dat in dat jaar een *maximum* [1]) was. Evenzoo was er in 1870 een *maximum.*

Daarentegen waren er in 1867 minder zonnevlekken dan een jaar vroeger en dan een jaar later. Men noemt dit evenzoo, dat er dan een *minimum* [1]) van zonnevlekken was.

Elf jaar later, in 1878, is er ook een *minimum* geweest; zelfs in 1879 waren er nog zeer weinig zonnevlekken. Het is nu te verwachten dat de zonnevlekken weer zullen toenemen, en dat men in 1881 of 1882 weder een maximum hebben zal [2]). Dat kan men zoo juist niet vooruit zeggen; die periode van 11 jaar is ook niet altijd even lang, het is wel eens 10 jaar, en ook wel eens 12.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is toch zeer zonderling! En waardoor komt dat nu, dat die zonnevlekken er nu eens veel en dan eens weinig zijn?

DE HEER. Dat is tot nog toe geheel onbekend. Het eenige middel om daar ooit achter te komen is dat de sterrekundigen ijverig voortgaan met ze waar te nemen, af te teekenen, vooral goed na te gaan, hoe zij ontstaan of veranderen, enz. enz. Voorloopig heb ik u alleen maar willen laten zien, dat er ook op de zon vlekken te zien zijn, dat die vlekken hebben geleerd, dat de zon om eene as draait, en dat die zonnevlekken dan eens in grooten getale dan eens in klein getal aanwezig zijn, en dat er tusschen de maxima een tijdperk is van ruim elf jaar.

---

[1]) Het meervoud van maximum is maxima, van minimum: minima.

[2]) Dit werd gsschreven in 1880; de voorspelling is volkomen bewaarheid geworden.

§ 223.

TERUGKEER TOT DE VERANDERLIJKE STERREN.

En nu moet gij u nog maar eens herinneren, waarover ik u verteld heb, vóórdat ik u over de zon ben gaan spreken. Weet gij dit nog wel?

ABDULLAH. O ja, mijnheer, over de veranderlijke sterren. Ik vroeg u nog, hoe het kwam dat zij van licht veranderen.

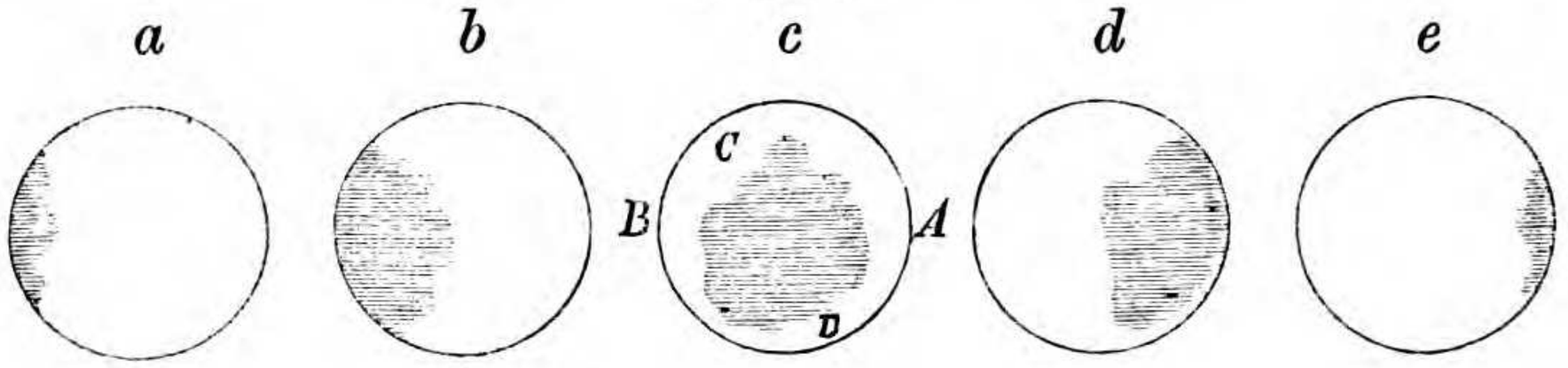
DE HEER. Juist zoo, en toen zeide ik u, dat wij er wellicht iets van zouden te weten komen, als wij de zon bestudeerden. En nu hebben wij twee oorzaken leeren kennen, waardoor wellicht het veranderlijke in het licht dier vaste sterren verklaard kan worden, 1° dat zij om eene as draaien; 2° dat zij een soortgelijk verschijnsel hebben als onze zon, dat er namelijk vlekken op hare oppervlakte ontstaan, maar dat die vlekken dan eene grootere uitgebreidheid hebben dan op onze zon. Daarbij moet men dan ook aannemen, dat die vlekken een dergelijken regelmatigen terugkeer hebben als op onze zon het geval is.

ABDULLAH. Maar mijnheer, mij dunkt, die zaak is toch wel eenvoudig. Ik geloof dat het wel zal zijn, dat zoo eene veranderlijke ster om hare as draait. Als dan eene donkere kant naar ons toekomt, dan is zij zwak van licht, evenals bij die ster Algol gebeurt, en dat komt dan regelmatig terug.

DE HEER. Jawel, dat zou zeker heel eenvoudig zijn, en het is zelfs waarschijnlijk, dat er veranderlijke sterren zijn, die alleen daarom veranderlijk zijn, omdat zij niet aan alle zijden even helder zijn, en omdat zij om hare as draaien. Maar het is lang niet zeker, dat dit bij *alle* veranderlijke sterren de reden is. Die ster Algol bijv. is eene ster, waarvan de verduisteringen zeer regelmatig terugkomen, en daarom zou men juist bij haar denken, dat zij door eene wenteling om eene as ontstaan, maar dan is het toch zeer vreemd, dat die verduistering zoo kort duurt. Want stel eens dat ik een lichtgevenden bol heb, A B, en dat daar eene zwarte vlek C D op is,

fig. 417; en stel dat die bol om eene as draait, dan zal wel,

Fig. 417.



als die vlek precies van voren in het midden zichtbaar is, (zoo als in de middelste figuur *c*) het licht van dien bol het meest verminderd worden, maar dat kan dan toch niet zoo plotseling zijn als bij Algol. Bij het wentelen om de as, moet tusschen het tijdstip, waarvoor fig. *a* geldt, en dat waarvoor fig. *c* geldt, het licht langzaam verminderen, en evenzoo tusschen dat laatste tijdstip, en dat, waarvoor *e* geldt, langzamerhand weer toenemen. Het is niet mogelijk, die vlek zoo groot te denken, dat als de bol in 2 dagen en 21 uren om zijne as draait, het licht dan gedurende 2 dagen en 13 uren onveranderd blijft, en dan in den tijd van 4 uren tot het kleinste licht komt, zoodat de geheele verandering van licht slechts acht uren duurt.

Dus ziet gij wel, dat de verklaring niet zoo gemakkelijk is, en dat de omwenteling om eene as alleen niet toereikend is om de lichtvermindering van Algol te verklaren.

Maar nog eene andere moeielijkheid geven andere veranderlijke sterren. Er zijn een aantal veranderlijke sterren, waarvan de periode zeer veranderlijk is. Dan eens duurt zij kort, dan eens duurt zij lang. En nu is juist eene aswenteling van een vast lichaam iets wat zeer standvastig is. Onze aardbol bijv. wentelt om hare as in een sterredag, zooals gij u nog wel herinneren zult; en nu is het zoo goed als zeker, dat die tijd van omwenteling in 2000 jaar geen honderdste sekonde is veranderd.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe kan men dat weten?

DE HEER. Wel bedenk maar eens, dat de tijd, waarin de aarde om hare as wentelt, de sterredag is, en dat daarvan geheel afhangt de middelbare zonnedag, die de maat is, waarmede

wij den tijd meten. Als ik nu een weg meet met een meter, die te lang is, dan krijg ik te weinig meters en is mijn meter te kort, dan krijg ik te veel meters. Evenzoo, als ik een tijdvak meet met een dag, die te lang is, dan krijg ik te weinig dagen, en als ik het meet met een dag, die te kort is, dan krijg ik te veel dagen. Nu weten wij, door de nauwkeurige waarnemingen der sterrekundigen van deze eeuw en der vorige, zeer nauwkeurig hoe lang de omloopstijd der aarde om de zon, en hoe lang de omloopstijd der maan om de aarde is, uitgedrukt in dagen, en daardoor kunnen wij zeer nauwkeurig vooruitberekenen, wanneer er eene zoneklips beginnen en eindigen zal; dit heb ik al vroeger met u besproken. Evenzoo kan ik zeer nauwkeurig berekenen, wanneer in vroegere tijden eene eklips begonnen is, en dat komt ook, zoover de waarnemingen van die eklipsen bekend zijn, vrij goed uit. Maar als ik nu eene eklips wil berekenen, die zeer lang geleden is, bijv. 2000 jaar, en als het dan ook vrij goed uitkomt, dan weet ik daardoor ook tegelijk, dat de maat, waarmede ik dat lange tijdvak gemeten heb, namelijk de dag, onveranderd gebleven is.

Want stel eens dat de dag 2000 jaar geleden ééne sekonde kleiner geweest was dan nu, dan zou mijn maat ééne sekonde te groot geweest zijn, ik zou dan te weinig dagen, van toen af tot nu rekenen, en ik zou dus de eklips te laat krijgen. Maar hoeveel zou dat wel schelen? Laat ons dat eens uitrekenen. Als de dag voor 2000 jaar *ééne sekonde* kleiner was dan nu, en als die dag gelijkmatig langer en langer geworden was, dan zou het verschil over het geheele tijdvak *gemiddeld een halve sekonde* bedragen. Nu is 2000 jaar = 2000 × 365 dagen; het verschil of de fout die ik maken zou, zou dus bedragen

2000 × 365 × een halve sekonde
d. i. 365000 sekonden,
of 6083 minuten,
of 101 uren,
of 4 dagen ruim.

Maar nu zijn er maaneklipsen bekend, die in Babylon zijn waargenomen nog veel vroeger dan 2000 jaar geleden, en de tijd van die eklipsen kan men nu zeer goed met de berekening terugvinden, zonder dat het een uur scheelt, er is dus geene kwestie van, dat de dag in 2000 jaar niet eene sekonde, maar zelfs een honderdste gedeelte eener sekonde korter of langer geworden is.

De zoogenaamde zonderlinge ster in den Walvisch nu, is dikwijls zeer onregelmatig in hare afwisselingen; de eene keer blijft zij eene maand langer zichtbaar dan de andere keer, soms blijft zij ook langer onzichtbaar dan men verwachtte.

Nu is het niet geheel onmogelijk, dat hare afwisseling van licht daarvandaan komt, dat zij in ongeveer 11 maanden om hare as draait; maar dan moet men, om de onregelmatigheden te verklaren, bedenken, dat de sterren overeenkomen met onze zon, dat de zon soms zwarte vlekken vertoont, en dat die wel eene periode van elf jaar hebben, maar toch buitendien dan eens in groot getal op de zon te zien zijn, dan eens in klein aantal. Wellicht bestaan er op die ster nu en dan soortgelijke vlekken, dan eens veel, dan eens weinig, maar die oorzaak zijn dat de ster dan eens helderder schijnt, dan eens minder helder.

Het zou ook kunnen gebeuren, dat die vlekken evenzoo afwisselen als bij de zon, en dat daarvan de veranderlijkheid van licht kwam, maar dan zouden die vlekken veel grooter moeten zijn met betrekking tot de oppervlakte dier ster, dan de vlekken op de zon met betrekking tot de oppervlakte der zon.

Maar gij kunt wel zelf begrijpen, dat wij daar niets van weten, en het zal zeker nog lang duren, eer wij eene juiste verklaring van de lichtveranderingen van Algol, β van de Lier, en zoo vele anderen bezitten, en wij moeten ons voorloopig erbij bepalen, ze goed na te gaan, en aan te teekenen, wanneer hun licht verandert, en hoe.

§ 224.

UIT DE VERANDERLIJKHEID DER ZONNEVLEKKEN LEIDT MEN AF, DAT DE OPPERVLAKTE DER ZON VLOEIBAAR OF GASVORMIG IS.

ABDULLAH. Mijnheer, ik zou u gaarne iets vragen. U hebt mij nu wel verteld dat die vlekken op de zon ontstaan en later weer verdwijnen; u hebt mij ook verteld, dat men erdoor gevonden heeft, dat de zon om eene as wentelt; en ook dat zij nu eens veel, dan eens weinig zijn, maar u hebt mij nog niet gezegd wat zij eigenlijk zijn? Waardoor zijn zij zoo zwart? Is dat ook bekend?

DE HEER. Er is in het wezen der zon nog zeer veel, dat wij niet goed kennen. Ik heb u reeds vroeger gezegd dat de zonnevlekken verdiepingen waren, maar wel zeer te recht vraagt gij, waarom zijn zij zoo zwart?

Volledige zekerheid bestaat daaromtrent niet, maar ik zal trachten u mede te deelen, wat daaromtrent tegenwoordig als waarschijnlijk wordt aangezien. Als men nader met het wezen der zon wil bekend worden, moet de eerste vraag zijn: is de zon vast, vloeibaar, of gasvormig? Daarop kunnen wij althans dit vrij waarschijnlijke antwoord geven: de zon is niet vast; noch aan hare oppervlakte, noch inwendig.

Zonder twijfel zult gij vragen: hoe wij dit kunnen weten, en het het antwoord is daarop: Ten eerste: doordien op die hooge temperatuur van eenige duizenden graden Celsius alle stoffen, die wij kennen, zonder twijfel gesmolten of gasvormig zijn; en ten tweede, juist door de zonnevlekken. Het is namelijk eene onmogelijkheid dat in eene vaste oppervlakte zulke groote diepten ontstaan, en zich zoo spoedig weer opvullen, als wij dat met de zonnevlekken zien gebeuren. Er zijn zonnevlekken, die zoo groot zijn dat, als zij diepten zijn, er met gemak 20 aardbollen in kunnen. Soms zijn zij 10 000 duitsche mijlen, d. i. ongeveer 40 000 paal, in middellijn. Is nu zoo

eene zonnevlek in het afnemen, dan is in weinige dagen die gansche diepte weder aangevuld, en gij kunt begrijpen, met welk eene ongeloofelijke snelheid en kracht de stoffen van alle kanten moeten toestroomen, om die diepte weder te vullen.

---

§ 225.

DOOR VERSCHILLENDE ZONNEVLEKKEN VINDT MEN VERSCHILLENDE OMWENTELINGSTIJDEN DER ZON OM HARE AS. OOK DAAROM IS HET ONMOGELIJK DAT DE OPPERVLAKTE DER ZON VAST IS. WAT DE ZONNEVLEKKEN WAARSCHIJNLIJK ZIJN.

Maar nu is er nog eene derde reden, waaruit wel blijkt dat de buitenste oppervlakte der zon, die wij zien, niet vast is.

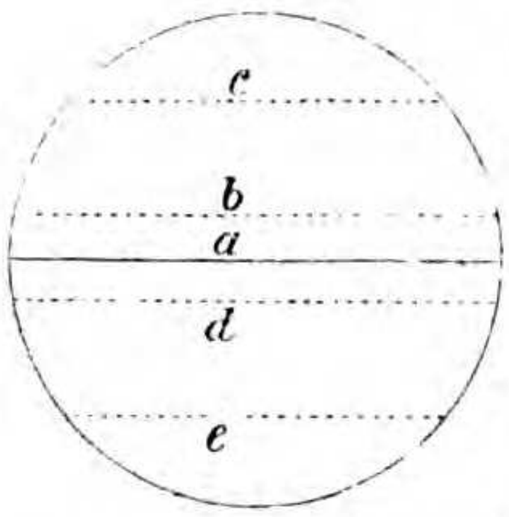
Ik heb u namelijk vroeger medegedeeld, dat de sterrekundigen door de beweging van de zonnevlekken hebben kunnen zien, in hoeveel tijd de zon om hare as wentelt. Ik heb u toen maar kortheidshalve gezegd, dat het schijnt te zijn in 28 dagen, maar dat het, als men er op let, dat de aarde in dien tijd om de zon draait, dan blijkt, dat de ware omwentelingstijd der zon om hare as is 26 dagen.

Maar nu hebben verschillende sterrekundigen hetzelfde willen beproeven, en ziet wat gebeurde er? Telkens kregen zij eene andere uitkomst, en na een langdurig onderzoek is eindelijk het volgende gebleken:

Omdat de zon om eene as draait, moet de zon ook twee polen hebben, ééne noordpool en ééne zuidpool. Nu kan men denken dat er een cirkel over de oppervlakte der zon loopt, die evenals de evennachtslijn op de aarde, overal even ver van de beide polen afstaat. Men noemt dien cirkel ook de *evennachtslijn* der zon. Wordt er nu eene vlek op de zon gezien, dan kan men uit die vlek een boog op de zon getrokken denken, loodrecht op die evennachtslijn, en die boog de *breedte* der

zonnevlek noemen. Eene afplatting wordt op de zon niet gezien; die boog is dus hetgeen men op den aardbol de geographische breedte noemt, als men de aarde ook als een bol beschouwt, en dus niet let op de afplatting.

Fig. 418.



Nu heeft men ten eerste bemerkt, dat de zonnevlekken slechts zeer zelden bij de evennachtslijn der zon gezien worden, en ook zeer zelden op grootere noorder- of zuiderbreedte dan 45°, maar meestal tusschen 10 en 40°, zoowel noorder- als zuiderbreedte, d. i. meestal tusschen de parallellen *b* en *c*, en tusschen de parallellen *d* en *e*, zie fig. 418.

Maar wat nu het merkwaardigste is, als men eene zonnevlek toch dicht bij de evennachtslijn *a* ziet, en men wil door die vlek vinden, in hoeveel tijd de zon om hare as draait, dan vindt men 25 dagen, zelfs iets minder.

Kiest men daarvoor eene zonnevlek, die zich op 10°, 20°, 30° breedte bevindt, dan krijgt men telkens een grooteren omwentelingstijd, bijv. men vindt:

Door zonnevlekken van noorder- of zuiderbreedte.	Omwentelingstijd.
0°	24,9 dagen.
10°	25,2 „
20°	25,7 „
30°	26,4 „
40°	27,5 „

Dit verschil zou nooit kunnen plaats hebben, indien de zon een vast lichaam ware. Ook bewegen de vlekken zich dikwijls, hetzij oostwaarts hetzij westwaarts, soms ook noordwaarts of zuidwaarts. De oppervlakte moet dus noodzakelijk òf vloeibaar òf gasvormig zijn, want op eene vaste oppervlakte is dat alles niet mogelijk.

Het waarschijnlijkste is nog dat de gloeiende oppervlakte die wij zien, gasvormig is; want de hitte, die op de zon

heerscht is zoo groot, dat zelfs metalen als ijzer, bij die hitte geheel verdampen. Er zijn zelfs tegenwoordig instrumenten, waarmede men het licht der zon kan onderzoeken, en door de eigenschappen ervan kan bepalen, welke van die stoffen erin zijn, die wij hier op de aarde kennen; zoo hebben de sterrekundigen al lang kunnen bewijzen, dat in den dampkring der zon ijzerdampen aanwezig zijn.

En wat nu die zonnevlekken aangaat, dat zijn diepten, die hoogstwaarschijnlijk ontstaan door geweldige werkingen van de binnenste massa der zon, waardoor uitbarstingen van dampen van allerlei stoffen, ook van ijzer en andere metalen naar buiten plaats hebben. En wel is waar zijn, met betrekking tot de zon, de zonnevlekken niet zeer diep, maar toch bedraagt hare diepte wel een paar duizend mijlen en nu is de damp, waarmede die diepte gevuld is, ondoorschijnend genoeg om geen of zeer weinig licht door te laten; zelf schijnt die ijzerdamp, al is hij ook gloeiend, niet zoo lichtgevend te zijn, als het overige van de zon, en zoo is het dan te verklaren, dat de zonnevlekken er donker uitzien met betrekking tot de zon.

---

§ 226.

DE ZON IS VOLGENS SOMMIGEN EEN GASBOL. HOE DE DICHTHEID IN ZULK EEN BOL VAN DE DIEPTE ONDER DE OPPERVLAKTE EN VAN DE STERKTE DER ZWAARTEKRACHT AFHANGT.

ABDULLAH. Maar mijnheer, binnen in de zon, zou daar niet een bol zijn, die, evenals onze aarde vast is?

DE HEER. In welken toestand de zon van binnen is, is voor ons moeielijk te zeggen. Maar voorzoover wij daaromtrent iets kunnen gissen, is het waarschijnlijk, dat de groote hitte die op de oppervlakte der zon heerscht, ook binnen in de zon aanwezig is, en dan is het bijna zeker, dat de zon ook van binnen of gasvormig of vloeibaar is.

Om daaromtrent iets naders te weten, hebben de sterrekundigen getracht te onderzoeken, hoe zwaar de stof wel is, waaruit de zon bestaat, en nu is het gebleken, dat die stof bijna anderhalf maal zwaarder dan water was, dus nog niet zoo zwaar als zand of marmer of andere steensoorten. Het is zelfs gebleken dat die stof omtrent viermaal lichter is dan gemiddeld de stoffen waaruit de aarde bestaat, en nu zou men, omdat de zon in het midden van het zonnestelsel staat, eerder verwacht hebben, dat zij juist uit zeer zware stoffen bestond.

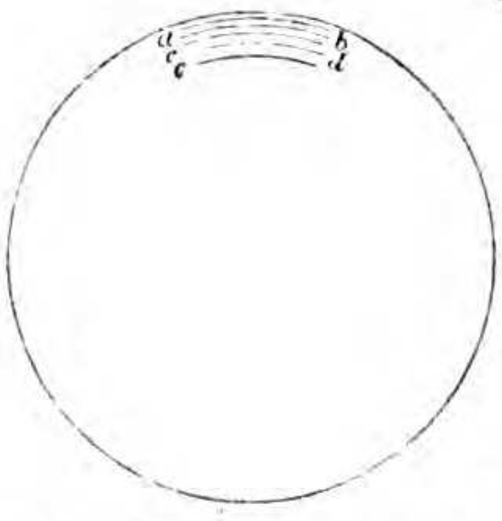
Werkelijk hebben de natuurkundigen het licht der zon bestudeerd, en daaruit gevonden, zooals ik u reeds verteld heb, dat er ook ijzerdampen in den dampkring der zon voorkomen, dus zal er wel eene groote hoeveelheid ijzer in de zon zelve ook zijn; en toch is de zon zoo licht. Dit kan men alleen verklaren door de geweldige hitte der zon, die alle stoffen, waaruit de zon bestaat, tot damp doet overgaan.

ABDULLAH. Maar mijnheer, zou dan de zon geheel uit zulken damp bestaan?

DE HEER. Er zijn sterrekundigen geweest die het beweerd hebben, maar zie eens hier.

Ik heb immers vroeger (3e stukje, § 143) met u gesproken over den dampkring der aarde. Toen heb ik u uitgelegd, dat de lucht, waaruit onze dampkring bestaat, op groote hoogte zeer dun is, en lager, dat is dichter bij den grond, ook veel dikker, of zooals men gewoonlijk zegt *dichter*. Dat komt dan omdat die lucht *a*, fig. 419, door de lucht, die erboven hangt, zoo gedrukt wordt.

Fig. 419.



Als nu eens de geheele aardbol een bol van lucht was, maar toch evenveel massa had als thans, dan zou, als men nog dichter bij het middelpunt kwam, er al spoedig eene luchtlaag *b* komen, die dubbel zoo sterk gedrukt werd; de luchtlaag tusschen *b* en *a* zou dan evenveel moeten wegen als de luchtlaag boven *a*. Nog dieper gaande zou men eene luchtlaag doorgaan, die weder

evenveel gewicht had als dezelfde luchtlaag *a b*, en men zou komen in *c*, waar dan de drukking 3 maal sterker was.

Nu hebben de natuurkundigen gevonden, dat als die lucht tweemaal, driemaal enz. zoo sterk gedrukt wordt, zij ook tweemaal, driemaal, enz. minder plaats inneemt, en dus de dichtheid dier lucht ook tweemaal, driemaal enz. sterker wordt.

Dus zou de lucht in *b* tweemaal zoo dicht zijn als in *a*, en de lucht in *c* zou driemaal zoo dicht zijn als in *a*; daaruit volgt ook, dat de dikte der lagen, tusschen *a* en *b*, tusschen *b* en *c*, enz., hoe langer hoe kleiner zou zijn, en dat men al spoedig zou komen tot lucht, die zeer sterk samengeperst was.

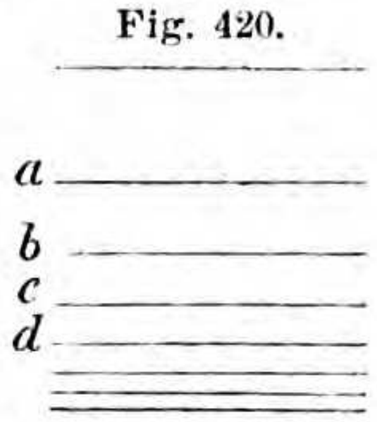
Nu is lucht, zooals die aan de oppervlakte der aarde is, bij de temperatuur van Java, 850 maal lichter dan water, en dergelijke lucht wordt gedrukt door den geheelen dampkring, die op de aarde rust; en als nu in een bol van lucht, de dichtheid, naar binnen voortgaande, hoe langer hoe grooter werd, dan zou men al betrekkelijk vrij spoedig op eene plaats komen, waar de lucht 850 maal sterker werd samengeperst dan op de oppervlakte der aarde en daar zou dus de lucht zoo zwaar worden als water.

Langen tijd heeft men niet geweten wat er dan wel met lucht gebeurde als zij zoo sterk samengeperst werd. Het is niet gemakkelijk toestellen te maken, waaarmede men dat doen kan, want zulke toestellen kunnen licht springen en ongelukken veroorzaken. Er zijn een aantal gassen, die men al lang, enkel door ze samen te persen in eene vloeistof veranderd heeft; maar er zijn andere gassen, en daaronder juist de twee gassen, zuurstof en stikstof, waaruit onze dampkring bestaat, die men nog maar niet tot eene vloeistof kon samenpersen; maar nu niet lang geleden is het twee natuurkundigen, één Zwitser, den heer Pictet, en één Franschman, den heer Cailletet, omtrent te gelijker tijd gelukt, die gassen tot eene vloeistof samen te persen.

Als nu in fig. 420, *a* voorstelt de plaats, waar de dampkring der aarde zoo dicht is als wij haar kennen, bij de opper-

vlakte, dan kunnen wij licht berekenen, waar de dichtheid tweemaal, driemaal, enz., ja, 850 maal zoo sterk zou zijn; als de aarde namelijk geheel uit lucht bestond, en even sterk aantrok als thans. En dan zou bijv. reeds op 58000 meters diepte beneden a, die lucht 850 maal zoo sterk gedrukt worden, dus zoo zwaar moeten zijn als water, en derhalve zonder twijfel zelf vloeibaar zijn.

Fig. 420.



ABDULLAH. Maar mijnheer, waarom zegt u er bij: als de aarde even sterk aantrok als thans? Doet dat er dan wat toe?

DE HEER. Wel zeker, herinner u maar eens waarom ik u vroeger zeide, dat men niet spreekt van het gewicht der aarde, maar van de massa der aarde. Het gewicht van een lichaam hangt niet alleen af van dat lichaam zelf, maar ook van de hoegrootheid der aantrekkingskracht of zwaartekracht die op dat lichaam werkt. Dit is niet alleen waar voor een vast voorwerp, zooals een stuk ijzer, maar evenzoo voor een vloeibaar lichaam, zooals eene hoeveelheid water, en even goed voor een gasvormig lichaam, zooals de lucht.

Nu wordt elke kubieke decimeter lucht, hier aan de oppervlakte der aarde gedrukt door den geheelen dampkring, en tengevolge van die drukking heeft die lucht eene zekere dichtheid, waarvan wij ons het best een denkbeeld kunnen maken, als wij zeggen dat een kubieke decimeter van die lucht $\frac{1}{850}$ kilogram of 1,18 gram weegt.

Maar als de aantrekkingskracht der aarde eens tweemaal zoo sterk was, dan zou het gewicht van denzelfden dampkring ook tweemaal zoo sterk zijn, en elke kubieke decimeter lucht, beneden dien dampkring zou door dien dampkring tweemaal sterker samengeperst worden, en derhalve tweemaal dichter zijn, d. i. hij zou $2 \times 1{,}18$ gram, d. i. 2,36 gram wegen.

§ 227.

DE DICHTHEID HANGT OOK VAN DE TEMPERATUUR AF.

ABDULLAH. Maar mijnheer, mag ik u iets vragen? U zeidet daar dat een kubieke decimeter lucht $\frac{1}{850}$ kilogram of 1,18 gram weegt; maar u hebt mij vroeger laten zien, dat die lucht, als zij warm wordt uitzet, dan wordt zij immers lichter?

DE HEER. Natuurlijk, maar ik heb van de warmte niet dadelijk gesproken, om de zaak niet te ingewikkeld te maken. Dat gewicht van 1,18 gram heeft onze dampkringslucht, bij de drukking die zij ondergaat, als de barometer op 76 centimeter staat, en als de thermometer 28° Celsius wijst, zooals hier op Java veelal het geval is. Dat moet er eigenlijk altijd bijgezegd worden, maar men laat het kortheidshalve wel eens weg.

Is nu de drukking der lucht grooter, dan wijst ook de barometer meer aan, of, zoo als men het noemt, dan staat de barometer hooger; en dan is elke decimeter lucht hier beneden naar evenredigheid zwaarder.

Wijst daarentegen de thermometer hooger dan 28°, dan is de dichtheid der lucht minder, want de lucht zet bij vermeerdering van warmte uit, neemt dus dan meer plaats in en wordt dus lichter.

Elke graad Celsius zet de lucht 0,003665 van haar volume bij 0° uit, een kubieke decimeter lucht bij 0° wordt dus

bij	1° :	1,003665	kub. decimeter
„	2° :	1,00733	„ „
„	3° :	1,010395	„ „
	enz.		
„	27° :	1,095955	„ „
„	28° :	1,099620	„ „
„	29° :	1,103285	„ „

bij 100° : 1,3665 kub. decimeter
„ 200° : 1,733 „ „
„ 300° : 2,0995 „ „
enz., enz.

maar dit is altijd in de vooronderstelling dat de drukking dezelfde blijft.

Verandert nu zoowel de drukking als de temperatuur, dan moeten beide deze invloeden in rekening gebracht worden om te weten hoe dicht de lucht is.

Als wij nu zouden willen nagaan hoe, in een bol als de zon, indien die geheel uit gas bestond, de dichtheid van dat gas toenam naarmate dat gas dieper onder de oppervlakte was, dan zouden wij moeten in rekening nemen:

1°. hoe warm het gas daar is,

2°. hoe veel gas of lucht er boven aanwezig is, waardoor het gedrukt wordt,

3°. hoe groot de zwaartekracht is, waardoor die bovenlucht wordt aangetrokken.

---

§ 228.

MASSA DER ZON.

Gij ziet wel dat er heel wat noodig is, eer men bijv. precies zou kunnen berekenen, hoe diep onder de oppervlakte der zon, (als die van lucht was,) de lucht zoo zwaar als water zou zijn. Hoe groot de zwaartekracht is, waardoor de bovenste luchtlagen worden aangetrokken weten wij, maar de temperatuur, dat heb ik u al meermalen gezegd, is zeer onzeker.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe is dan die zwaartekracht op de zon bekend?

DE HEER. Wel, gij herinnert u wel dat ik u vroeger medegedeeld heb, dat een bol even sterk aantrekt, alsof al zijne massa vereenigd was in zijn middelpunt. Nu is dus eerstens de vraag: hoe groot is die massa? en dan is de vraag: hoe

groot is de afstand van den omtrek tot het middelpunt of met andere woorden hoe groot is de straal der zon?

Om die vragen goed te begrijpen, moeten wij ook bepalen, welke de eenheden zijn, waarmede wij die massa en dien afstand zullen meten.

Voor de eenheid om de massa der zon te meten, zullen wij kiezen de massa der aarde, en voor de eenheid om den straal der zon te meten, zullen wij kiezen den straal der aarde.

Nu heb ik u vroeger al eens uitgelegd hoe men den straal der zon gevonden heeft, herinnert gij u dit nog?

ABDULLAH. O jawel, mijnheer, door de voorbijgangen van Venus voorbij de zon.

DE HEER. Juist zoo, daardoor was gevonden dat de straal der zon 107,7 maal den straal der aarde bedroeg, en dat de afstand van de zon tot de aarde gemiddeld bedroeg iets meer dan 23000 maal den straal der aarde (juister 23138).

Nu is nog de vraag: hoe kan men de massa der zon bepalen?

Die vraag schijnt zeer moeilijk te beantwoorden, en toch is zij het niet. Ik heb u immers al eens gezegd, dat men de massa van een hemellichaam daardoor alleen kan vinden, door te onderzoeken, hoe groot zijne aantrekking is. Het spreekt van zelf dat men altijd vergelijkenderwijs moet te werk gaan. Ik wil weten hoeveel maal de massa der zon grooter is dan de massa der aarde, dan moet ik ook nagaan, hoeveel maal de aantrekking der zon grooter is dan de aantrekking der aarde.

Maar daarbij moet natuurlijk de afstand, waarop de aantrekking plaats heeft, gelijk zijn, want op grooteren afstand, dit weet gij immers, is de aantrekking kleiner. Herinnert gij u nog, hoe die aantrekking verandert, als de afstand verandert?

ABDULLAH. O ja, mijnheer, als de afstand 2 of 3 maal grooter wordt, dan wordt de aantrekking 4 of 9 maal kleiner, enz.

DE HEER. Juist zoo, men noemt dat, dat de aantrekking omgekeerd evenredig is aan de tweede macht der afstanden. Nu weet ik van de aarde wel, hoeveel die aantrekt op zekeren afstand, want ik weet dat een steen op hare oppervlakte in

eene sekonde bijna 5 meters valt. Hoe zal ik nu nagaan, hoe sterk de zon aantrekt? daarvoor moet men juist zoo te werk gaan, als ik u vroeger heb uitgelegd, toen ik u over de derde wet van Keppler sprak (3e stukje § 114). Toen hebben wij uit fig. 216 en 217 afgeleid dat men, als eene planeet in een cirkel om de zon loopt, altijd zal hebben:

$$\text{aantrekking} \times \text{dubbele straal} = (\text{snelheid})^2.$$

Nu is de straal, die hier bedoeld wordt, de straal van de loopbaan der aarde, en die is 23138 maal de straal der aarde zelve, of zooals wij toen berekend hebben, (§ 106) 19 886 000 geogr. mijlen.

Maar hoe groot is nu de snelheid der aarde? Gij moet u herinneren, dat wij hier als eenheid van tijd aannemen de sekonde van middelbaren d. i. van den gewonen tijd. Door de snelheid der aarde versta ik dus het aantal mijlen of meters, die de aarde in ééne sekonde doorloopt.

Nu kennen wij den straal van den cirkel, dien de aarde om de zon doorloopt, en de wiskunde leert hoe groot dan de omtrek is; die is namelijk 3,141 592 65 maal de middellijn, of omdat de middellijn = 2 × de straal is,

$$= 6{,}283\,185\,3 \text{ maal de straal.}$$

De omtrek van de loopbaan der aarde, is dus gelijk aan 6,2831 853 × 19 886 000 geographische mijlen d. i. 124 948 000 geogr. mijlen. En dien geheelen omtrek doorloopt de aarde in 365 dagen, 6 uren, 9 minuten, 9,5 sekonden, (§ 115) of 31 558 149,5 sekonden. De snelheid der aarde in ééne sekonde is dus

$$\frac{124\,948\,000}{31\,558\,149{,}5} = 3{,}9593$$

geogr. mijlen. Nu is elke geogr. mijl = 7420,44 meters, dus is de snelheid der aarde per sekonde

$$= 3{,}9593 \times 7420{,}44 = 29\,379{,}75 \text{ meters.}$$

Gij ziet nu eens, welke snelheid dat is. Een kanonskogel heeft, als hij pas den mond van het geschut verlaat, eene snelheid van 300, 400 of 500 meters; het laatste cijfer aannemende, dan gaat de aarde nog altijd 60 maal sneller.

Nu moeten wij den straal der loopbaan ook nog in meters uitdrukken. Vermenigvuldigen wij dus 19 886 000 met 7420,44 meters, en zetten wij alleen de zes eerste cijfers aan, terwijl wij verder het getal met nullen aanvullen, dan verkrijgen wij:

147 563 000 000 meters.

Wij moeten dus nu 29379,75 × 29379,75 d. i.

863 169 000

deelen door 2 × 147 563 000 000

of 295 126 000 000

en dan verkrijgen wij

aantrekking der zon op de aarde in ééne sekonde

0,002 925 meters,

d. i. ongeveer 3 millimeters.

Nu trekt de aarde een steen aan de evennachtslijn zoo sterk aan, dat hij in eene sekonde 5 meters of nauwkeuriger

4,9

meters valt. Als men nu dien steen op denzelfden afstand van het middelpunt der aarde bracht als de afstand der aarde van de zon bedraagt, dan zou die afstand 23 138 maal grooter worden dan vroeger; en derhalve zou de aantrekking

23138 × 23138 of 535 367 000

maal zwakker worden, d. i. in eene sekonde zoude die steen dan naar de aarde vallen

$$\frac{4,9}{535\ 367\ 000} = 0,\ 000\ 000\ 009\ 16 \text{ meters.}$$

Nu is het gemakkelijk te vinden hoeveel maal de massa der zon grooter is dan de massa der aarde. Daartoe behoef ik nu die twee aantrekkingen maar te deelen, en dan krijg ik:

$$\frac{0{,}002\ 925}{0{,}000\ 000\ 009\ 16} = \frac{29\ 2500\ 000}{916} = 319\,300$$

of bijna 320 000 maal; ziedaar dus hoeveel de massa is der zon, vergeleken bij die der aarde.

---

§ 229.

DICHTHEID DER ZON.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is toch verschrikkelijk zwaar. En is nu toch de stof, waaruit de zon bestaat, viermaal lichter dan die, waaruit de aarde bestaat?

DE HEER. Dat is nu zeer licht te berekenen, herinner u nu maar eens dat de straal der zon 107,7 maal de straal der aarde bedraagt, en zeg mij dan eens, kunt gij nu ook uitrekenen, hoeveel maal de zon meer inhoud heeft dan de aarde?

ABDULLAH. Als het in plaats van bollen blokken waren, zou ik zeggen: de zon heeft 107,7 maal meer hoogte, 107,7 maal meer lengte en 107,7 maal meer breedte, dus zij heeft

$$107{,}7 \times 107{,}7 \times 107{,}7$$

maal meer inhoud dan de aarde. Maar ik weet niet of men met bollen ook zoo moet rekenen.

DE HEER. Wel zeker, want de bollen zijn een bepaald gedeelte van de kubieke bakken, waarin zij passen, en waarin ook die blokken zouden passen, die gij bedoelt, dus dezelfde reden die er bestaat tusschen de inhouden van twee kubieke bakken, bestaat er ook tusschen de inhouden van twee bollen, die er in passen. Dus heeft de zon

$$107{,}7 \times 107{,}7 \times 107{,}7 \text{ d. i.}$$

$$1\,249\,243$$

maal meer inhoud dan de aarde. Indien zij nu uit eene stof bestond, die dezelfde dichtheid bezat als de stof, waaruit de aarde samengesteld is, dan zou zij ook zooveel meer massa hebben. Maar zij heeft slechts omtrent 320 000 maal meer massa, dus ziet gij wel, dat de stof, waaruit de zon bestaat, ongeveer 4 maal lichter is dan de stof, waaruit de aarde bestaat.

---

§ 230.

HOE GROOT DE AANTREKKINGSKRACHT DER ZON OP HARE OPPERVLAKTE IS.

Nu wij dit weten, is het gemakkelijk om ook te berekenen hoe groot de aantrekkingskracht van de zon op hare oppervlakte is. Want wij weten nu, dat de zon 319 300 maal meer massa heeft dan de aarde, dus op denzelfden afstand trekt zij ook zooveel maal sterker aan dan de aarde. Als het voorwerp, dat aangetrokken wordt, op hare oppervlakte of buiten haar ligt, dan moet men dien afstand altijd meten van het middelpunt af.

Nu is de straal der zon 107,7 maal grooter dan de straal der aarde aan de evennachtslijn, de aantrekkingskracht wordt dus om die reden

$$107{,}7 \times 107{,}7 \text{ of } 11\,599$$

maal kleiner.

Als nu die aantrekkingskracht der zon wegens de grootere massa der zon 319 300 maal sterker is, en dan weder, wegens

den grooteren afstand, waarop zij werkt 11599 maal kleiner is, dan is zij in werkelijkheid

$$\frac{319\,300}{11\,599} = 27{,}5$$

maal sterker, dan de aantrekkingskracht hier op de aarde.

ABDULLAH. Valt dus een lichaam zooveel maal sneller?

DE HEER. Ja zeker, terwijl een steen hier op de oppervlakte der aarde 4,9 meters in ééne sekonde valt, zou dezelfde steen op de oppervlakte der zon 27,5 × 4,9 of bijna 135 meters in ééne sekonde vallen.

En wat gij u ook wel herinneren zult, ik heb u vroeger immers medegedeeld hoe groot wel de snelheid is, die een steen heeft als hij na ééne sekonde op den grond neerkomt? (1c stukje § 22).

ABDULLAH. O ja mijnheer, 10 meters.

DE HEER. Juist zoo, het dubbele der doorgevallene hoogte. Welnu, evenzoo zou het op de zon zijn en een steen, die van eene hoogte van 135 meters afviel, zou in ééne sekonde beneden zijn, en beneden gekomen, eene snelheid hebben van 270 meters in de sekonde, dus eene snelheid, als die van een kogel uit een klein stuk geschut.

Maar nog een ander gevolg heeft die sterke aantrekkingskracht. Stel eens dat iemand sterk genoeg is om hier op de aarde 55 kilogram op te lichten; als dan diezelfde persoon zich op de zon kon verplaatsen dan zou hij daar niet meer dan 2 kilogram kunnen oplichten, want die 2 kilogram hebben daar hetzelfde gewicht als hier 55 kilogram.

Een brievenweger, waarmede, door middel van een veer, brieven gewogen worden, zou met een dun velletje papier dat 0,55 gram woog, bezwaard, even diep doorzinken als wanneer er hier een brief van 15 gram op gelegd werd.

Een rijtuig, dat hier op zijne veeren met gemak gedragen wordt, zou op de zon verplaatst, — stel namelijk, dat het niet dadelijk verbrandde, — 27,5 maal zwaarder wegen en dus de veeren waarschijnlijk wel platdrukken.

Boomen, zooals zij hier groeien, zouden daar niet kunnen bestaan, want al de takken zouden 27½ maal zwaarder zijn, en takken die hier dus zeer goed hun gewicht kunnen dragen, zouden op de zon dus 27½ maal meer te dragen hebben, en onder die vracht bezwijken. De geheele groei van de boomen zou daar dus van het begin af anders gaan, en de takken veel meer langs den grond groeien dan hier het geval is.

Van menschen en dieren zouden de beenen ook 27½ maal meer gewicht te dragen hebben, en er is geen twijfel aan, dat wij met onze tegenwoordige krachten dat niet zouden kunnen verdragen.

Maar wat zeer merkwaardig is, op de dampkringslucht zou zulk een toestand ook een grooten invloed hebben. Als er namelijk op de zon een dampkring bestond, evenals op onze aarde, namelijk zoo, dat ook op elken vierkanten decimeter oppervlakte 103 kilogram lucht drukte, dan zou dat gewicht toch 27,5 maal zwaarder zijn dan hier, en het gevolg zou zijn dat de onderste luchtlaag op de zon, 27,5 maal dichter was dan hier; elke kubieke decimeter lucht, die bij 0° C. en 760 m.m. barometerstand hier 1,3 wichtje weegt, zou daar onder dezelfde omstandigheden 35,75 wichtjes wegen, d. i, 27½ maal meer; werkelijk zouden er ook in één kubieken decimeter 27½ maal meer luchtdeeltjes te zamengeperst zijn.

---

§ 231.

HOE NU DE DICHTHEID DER ZON, ONDER HARE OPPERVLAKTE, NAAR HET MIDDELPUNT TOE MOET TOENEMEN, INGEVAL DE ZON EEN BOL VAN GLOEIEND GAS IS.

DE HEER. Als gij nu alles goed begrepen hebt, wat ik u nu heb uitgelegd, dan is het niet moeilijk om te begrijpen hoe de dichtheid in de zon toeneemt, als men in gedachte van

de oppervlakte naar het middelpunt gaat, en als men vooronderstelt, dat de zon een bol is, bestaande uit gloeiend gas. Dat gas, waaruit de zon bestaat, moet dan, zooals de onderzoekingen van het zonnelicht in den laatsten tijd bewezen hebben, een mengsel zijn van de dampen van ijzer en van een aantal andere metalen, met een zeer licht gas, het waterstofgas, dat een bestanddeel is onder anderen van water, en ook van het lichtgas, dat te Batavia, Pasoeroean en op andere plaatsen in de huizen gebrand wordt in stede van lampen.

Dat mengsel is zoo samengesteld, en de samenstelling ervan is zoo onzeker, dat wij niet kunnen zeggen, hoe dat gasmengsel verandert, naarmate het aan de oppervlakte of op eenige diepte is.

Maar om toch een weinig na te gaan, wat wij ervan kunnen weten, zal ik eens onderstellen, dat de zon in plaats van uit dat gasmengsel uit lucht bestaat, geheel dezelfde lucht, die wij op de aarde kennen. Stel nu eens, wij zijn zoo diep onder de oppervlakte, dat er boven een vierkanten decimeter juist zooveel lucht is als hier boven een vierkanten decimeter op de oppervlakte der aarde.

Dan zou op de zon op die hoogte de lucht, zooals ik u reeds heb uitgelegd, toch 27½ maal meer worden samengeperst, omdat de lucht, die erboven is, door eene 27½ maal sterkere kracht wordt aangetrokken.

Maar aan den anderen kant is die lucht veel heeter dan de lucht hier op de oppervlakte der aarde. Laat ons nu eens rekenen, dat de warmte daar 4000 graden Celsius bedraagt, zooals de heer Crova meende gevonden te hebben. Op Java is de lucht op het heetst van den dag slechts 30 of 31° Celsius warm; er is dus een overmaat van zeer nabij 4000 graden Celsius. Voor elken graad Celsius zet de lucht 0,003 665 gedeelte van haar inhoud uit, dus voor 4000 graden 14,66 maal haar inhoud, dat wil zeggen: elke kubieke decimeter lucht wordt dus door die warmte van 4000 graden Celsius tot 15,66 kubieke decimeters uitgezet.

Hier werken dus weder twee tegenovergestelde krachten op de lucht. Door de eene kracht wordt zij bijna 16 maal uitgezet, door de andere tot eene $27\frac{1}{2}$ maal kleinere ruimte samengeperst. De laatste kracht wint het, en het resultaat is dus, dat de lucht wordt samengeperst, en wel dat de ruimte $27\frac{1}{2}$ gedeeld door 16, of 1,7 maal kleiner wordt.

Maar dit is nu in de vooronderstelling, dat de temperatuur der zon is, zooals de heer Crova die gevonden heeft. Maar gij herinnert u, dat ik u verteld heb, dat andere geleerden tot een ander resultaat geleid zijn, en dat onder anderen de heer Rossetti vond, dat de temperatuur der zon 20 000° Celsius was. In dat geval zou de uitzetting door de warmte het winnen; maar hoe men dit ook wil aannemen, niettegenstaande de verschrikkelijke hitte op de zon, moet het gas, waaruit de zon misschien bestaat, toch spoedig onder de oppervlakte zeer dicht worden, en dat neemt natuurlijk zeer toe. Op eene zekere diepte wordt de drukking, waaraan het gas onderworpen is, zoo groot, dat een kubieke decimeter 10, 20, 30, 40, 50 maal enz. meer luchtdeeltjes moet inhouden dan in een kubieken decimeter bevat is van de lucht, die wij inademen. Is de samenpersing nog sterker bijv. zoo, dat een kubieke decimeter 770 maal zooveel lucht bevatten moet als de lucht hier op de oppervlakte der aarde, dan zou die samengeperste lucht zoo zwaar als water zijn.

Nu is dus de vraag, of die lucht dan een gas of eene vloeistof zou zijn. En dezelfde vraag moet ook gedaan worden als wij het denkbeeld, dat wij met lucht te doen hebben, laten varen en ons herinneren, dat de zon uit een mengsel van allerlei dampen bestaat, waaronder van een aantal metalen.

En nu is nog niet lang geleden ontdekt geworden, dat voor elke stof eene temperatuur is aan te wijzen, die de eigenschap heeft, dat, als de stof zoo hoog of hooger verwarmd wordt, zij niet meer vloeibaar kan worden, maar altijd gasvormig blijft. Of dus binnen de zon nog een vloeibare kern is, dan wel of de zon geheel uit gas bestaat, hangt geheel af van de tempe-

ratuur, die er heerscht, en van den aard der stoffen, die in dampvorm aanwezig zijn.

Gij begrijpt wel, dat wij noch het een, noch het ander met juistheid weten, en het is ons dus niet mogelijk die vraag te beslissen.

Het is mogelijk, dat de temperatuur in het binnenste der zon zoo hoog is, dat, niettegenstaande de sterke drukking, toch al de stoffen, waaruit de zon bestaat, gasvormig zijn; het is ook mogelijk, dat die temperuur niet zóó hoog is, en dat er dus een vloeibare kern is.

Vloeistoffen worden niet meer zoo gemakkelijk samengeperst als gassen; zoodra dus een gas door drukking een vloeistof geworden is, vermeerdert het veel langzamer in dichtheid.

Maar ook al is de zon geheel gasvormig, het is niet zeker, ja niet waarschijnlijk, dat gassen zich voortdurend laten samendrukken volgens de wet, welke ik u reeds herhaaldelijk heb medegedeeld, en die men de wet van Mariotte noemt. Waarschijnlijk neemt, evenals bij de vloeistoffen, de dichtheid bij hooge drukkingen niet meer zoo snel toe als bij geringe drukkingen.

Als men nu den toestand der zon op die wijze beschouwt, dan is het eenigszins mogelijk te begrijpen hoe het komt, dat de zon zoo licht is, niettegenstaande zij toch in het midden van het zonnestelsel staat. Want gij zult u herinneren, dat ik u heb uitgelegd, dat de stof, waaruit de zon bestaat, over haar geheel genomen ¼ van de dichtheid bezit van de aarde. En de dichtheid van de aarde is 5,66 maal die van water, dus is de dichtheid van de zon slechts bijna anderhalf maal de dichtheid van water.

VIJFDE HOOFDSTUK.

Over de massa, de dichtheid en de grootte der aarde.

---

§ 232.

HOE MEN DE DICHTHEID OF HET SOORTELIJK GEWICHT DER LICHAMEN VINDT. METHODE VAN ARCHIMEDES. DEZE IS NIET TOEPASSELIJK OP DE AARDE.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe heeft men dat ooit kunnen weten, hoe groot de dichtheid der aarde was? Men kan haar toch niet wegen?

DE HEER. Neen, natuurlijk niet. Heeft men een voorwerp, waarvan men de dichtheid bepalen wil, en dat voorwerp is klein genoeg, om het te wegen, dan heeft men een eenvoudig middel, om de dichtheid ervan te vinden, als het maar zoo een vorm heeft, dat ik zijn inhoud gemakkelijk berekenen kan.

Heb ik bijvoorbeeld een vierkant blok djatihout, lang 2 decimeters, breed 1½ decimeters en hoog 1 decimeter, dan heeft het een inhoud van

$$2 \times 1\tfrac{1}{2} \times 1$$

d. i. van 3 kubieke decimeters. Als ik daarvan nu de dichtheid wil bepalen, behoef ik het slechts te wegen; indien dat

blok, in plaats van van djatihout, van water was, dan zou het 3 kilogram wegen, dit hebt gij zeker wel op de school geleerd; maar nu weeg ik het en bevind bijv., dat het slechts 2,1 kilogram weegt, dan deel ik die 2,1 kilogram door 3 kilogram, en ik verkrijg voor uitkomst 0,7; dat is dus de dichtheid van het djatihout, met betrekking tot water.

Heb ik een blok lood, dat één kubieken decimeter inhoud heeft, en ik weeg het, dan bevind ik, dat het 11,35 kilogram weegt, en ik besluit er dus uit dat het lood 11,35 maal zwaarder is dan water, of anders gezegd, dat de dichtheid van lood 11,35 is.

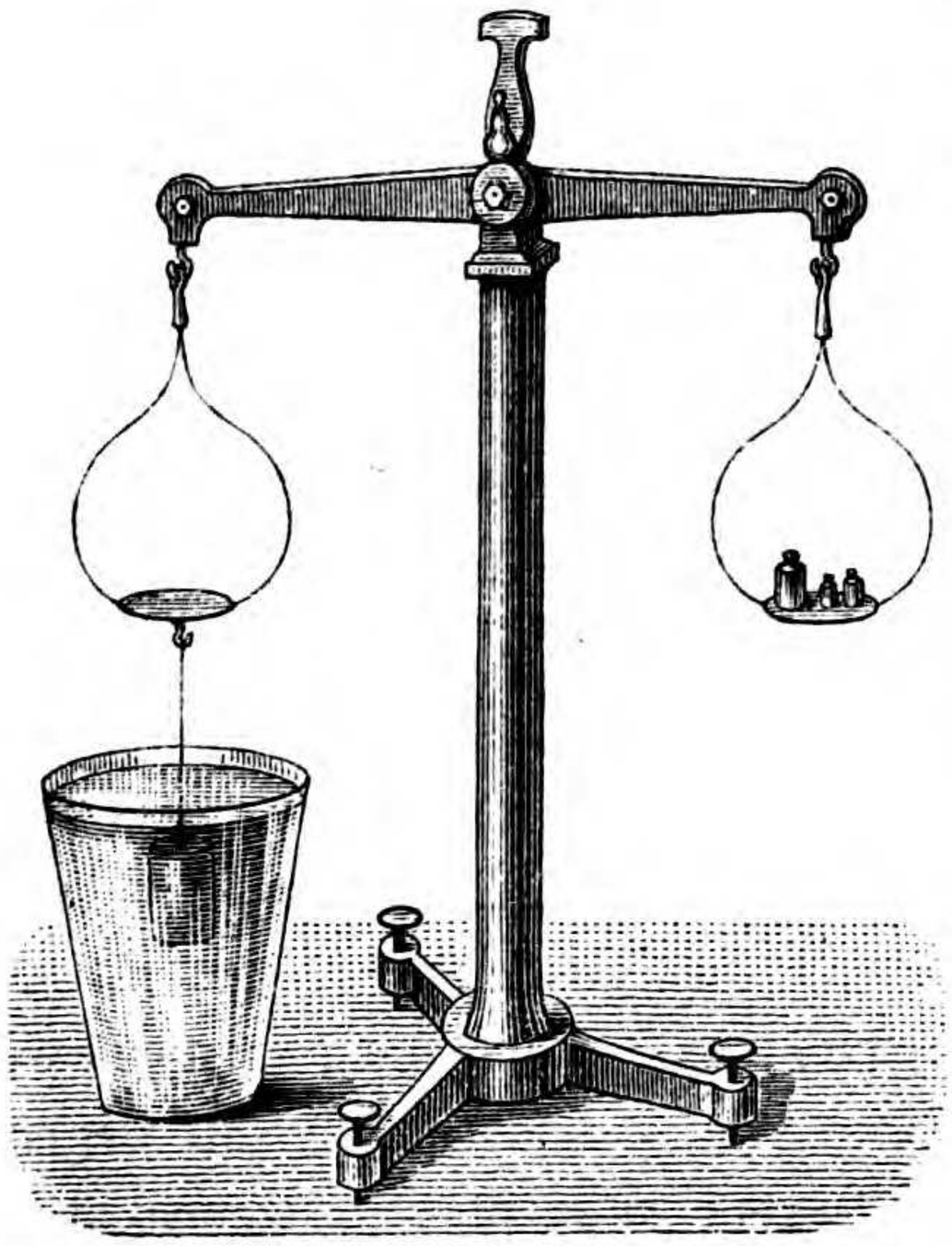
Maar zelden heeft men van eene stof, zoo een vierkant blok, waarvan men den inhoud zoo gemakkelijk berekenen kan. Meestal heeft men een stuk van een geheel onregelmatigen vorm, bijv. als ik een stuk van eene rots afhouw; om nu van zulk een stuk steen de dichtheid te bepalen moet men ook wel het stuk wegen, maar om te vinden hoeveel het zou wegen, indien het van water was, daarvoor moet men een geheel anderen weg inslaan, als wij met die blokken gedaan hebben.

De manier, om dat te doen, is uitgevonden door een beroemd natuurkundige in Syracuse, op het eiland Sicilië, met name Archimedes, omtrent 225 j. v. Christus, of omtrent 840 j. voor de Hedsjra. Die manier is als volgt. Archimedes merkte op, dat hij zelf, in het bad zijnde, lichter was dan buiten het bad; daarover nadenkende vond hij dat alle lichamen, die in eene vloeistof gedompeld worden, lichter worden, en wel juist zooveel, als het lichaam zou wegen, als het van water was. Weeg ik dus een kubieken decimeter van de eene of andere stof, hetzij metaal of steen, eerst buiten het water, en daarna in het water, dan is het in het water één kilogram lichter geworden, omdat één kubieke decimeter water één kilogram weegt.

Heeft men nu een stuk steen, en wil men daarvan de dichtheid bepalen, dan weegt men dat stuk eerst op de gewone wijs op eene weegschaal; daarna moet men het in het water wegen; men gebruikt daarvoor eene weegschaal, evenals in

fig. 421 is afgebeeld, waar een haakje onder aan een der schalen is ingeschroefd; daaraan hangt men nu het voorwerp aan een zeer dunnen draad, en laat het nu in water hangen, nu is het lichter dan vroeger; het verschil is juist hetgeen het in water verliest, en dit is zooveel het wegen zou, als het van water was.

Fig. 421.



Stel bijv. eens, dat ik een stuk marmer heb, dat juist 1,3 kilogram weegt. Nu bind ik er een zeer fijnen draad om heen en weeg het weder, terwijl het in het water hangt; stel dat het nu weegt 0,8 kilogram, dan heeft het, in het water hangende, 0,5 kilogram van zijn gewicht verloren. Deel ik nu 1,3 door 0,5, dan verkrijg ik 2,6 voor de dichtheid van het marmer.

De natuurkundigen hebben van de meeste stoffen de dichtheid bepaald. Men noemt die dichtheid ook wel het *soortelijk gewicht*, bij vaste en vloeibare lichamen is dit ook hetzelfde, maar voor gassen is de naam dichtheid veel beter, omdat die zoo verandert, naarmate van de drukking waaraan zij onderworpen zijn, en van de temperatuur, die zij bezitten.

Van alle bekende stoffen werden het zwaarst bevonden eerstens het platina, en vervolgens eenige metalen, die meestal tegelijk met het platina in de bergen of het zand gevonden worden en eindelijk het goud. Naar de dichtheid gerangschikt, volgen zij elkander aldus op:

Iridium 22,38,
Osmium 22,47,
Platina 21,45,
Goud 19,36.

Minder zwaar zijn de metalen, die veel in het dagelijksch gebruik zijn, maar toch behooren zij tot de zeer zware lichamen, als

Kwik 14,39,
Lood 11,35,
Zilver 10,47,
Koper 8,9 ,
IJzer 7,79,
Tin 7,29,
Zink 7,19.

En een aantal metalen, die gij niet kent, en die ook weinig gebruikt worden. Slechts zeer weinige metalen zijn lichter dan water.

De rotssoorten waaruit de bergen bestaan, zijn veel lichter; meestal zijn zij slechts bijna driemaal zwaarder dan water, bijv. *graniet*, waarvan groote blokken wel op Bangka en Celebes voorkomen, op Java daarentegen slechts zeer zelden; zijn soortelijk gewicht is slechts 2,63 tot 2,75.

Het *trachiet*, waarvan de meeste vuurbergen op Java zijn, en waaruit ook het grint bestaat, dat voor het begrinten der wegen gebruikt wordt, heeft een soortelijk gewicht van 2,70 tot 2,80; marmer en andere kalksteenen hebben evenzoo een soortelijk gewicht van 2,65 tot 2,74.

Al deze soortelijke gewichten worden lichtelijk gevonden volgens de manier, door Archimedes uitgevonden.

Maar niet zoo gemakkelijk vindt men het soortelijk gewicht van de aarde of een hemellichaam. Wat onze aarde aangaat, wel kunnen wij van hare oppervlakte een gedeelte afnemen, en daarvan het soortelijk gewicht bepalen, maar ten eerste is daar zelf eene groote verscheidenheid in; want de zee behoort

ook tot hare oppervlakte en het scheelt natuurlijk veel of men een kubieken decimeter zeewater of een kubieken decimeter graniet of klei of kalksteen neemt, en ten tweede is nog de vraag, wat zich wel in het binnenste der aarde bevindt.

Als de sterrekundige het soortelijk gewicht van de aarde of de zon wil weten, dan bedoelt hij de geheele aarde of de geheele zon, en niet een gedeelte.

Ongelukkig is het nu niet mogelijk, de methode van Archimedes op de aarde toe te passen, en wij moeten dus een anderen weg inslaan, namelijk eerst den inhoud der aarde berekenen, en verder de massa zoeken. De inhoud kan door de wiskunde gemakkelijk berekend worden, als men maar weet, hoe groot de straal van de evennachtslijn en hoe groot de afplatting is; en die zijn bekend geworden door de metingen van de lengte van een breedtegraad, zooals ik u later zal uitleggen. En wat de massa van de aarde aangaat, die kan men alleen bepalen door de aantrekking, die de aarde uitoefent, te vergelijken bij de aantrekking die een lichaam van bekend gewicht op een bekenden afstand uitoefent.

---

§ 233.

BEPALING VAN DE MASSA EN DE DICHTHEID DER AARDE. OPMERKING VAN NEWTON DAT DE AANTREKKING VAN EENEN BERG MISSCHIEN WEL MEETBAAR IS. EERSTE POGING, HIERTOE GEDAAN DOOR DE LEDEN EENER FRANSCHE COMMISSIE IN PERU, IN HET JAAR 1738.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is alles wel duidelijk, maar hoe is het mogelijk, dat uit te voeren? Want u hebt mij vroeger eens gezegd dat van een ster bijv. de aantrekking veel te gering was, om ooit door ons te worden waargenomen.

DE HEER. Dat is ook zoo, maar herinner u maar eens goed,

dat ik u tevens heb gezegd, (1e stukje § 5) dat men toch gevonden had, dat een berg wel degelijk aantrok, en dat een steen, die naast een berg gehangen wordt, een klein weinig scheef hangt (fig. 15).

Ook zeide ik u toen, dat iemand in Engeland groote looden ballen had laten gieten, van omstreeks een voet middellijn, en toen de aantrekking van die looden ballen werkelijk heeft kunnen zien.

Die aantrekkingen nu zijn niet alleen gezien, maar ook gemeten, en beide die metingen van de aantrekking eens bergs, en van de aantrekking van looden ballen, zijn juist uitgevoerd om de massa van de aarde te bepalen. Ik zal u dit eens nader uitleggen. Gij weet nog wel, dat het de groote Newton geweest is, die de algemeene wet ontdekt heeft, dat *alle* lichamen elkander aantrekken. Welnu het is ook Newton geweest, die het eerst het denkbeeld geopperd heeft, om de aantrekking van een berg te meten.

Newton stierf in 1726, en twaalf jaren na zijn dood hebben fransche geleerden het eerst beproefd, dat denkbeeld van hem uit te voeren Die geleerden waren in commissie gezonden naar Peru, in Zuid-Amerika, om daar, dicht bij de evennachtslijn, te meten, hoe lang één graad van den meridiaan was.

Eene andere fransche commissie ging naar Lapland in het Noorden van Europa, om daar ook de lengte van een graad te meten. Als gij u wel herinnert, wat ik u vroeger daaromtrent verteld heb, (2e stukje § 81) dan zult gij ook nog wel weten welke graad het langste van de twee was?

ABDULLAH. O ja, mijnheer, dicht bij de pool is een graad breedte het langst, dus zeker in Lapland.

DE HEER. Juist zoo, en die commissies gingen juist naar Lapland en Peru om het verschil van die twee graden te vinden, ten einde te onderzoeken of de aarde werkelijk afgeplat was, zooals Newton beweerd had, dat het geval moest zijn. Welnu, in Peru, waar die eene fransche commissie heenging, zijn verscheidene hooge bergen, behoorende tot het

Andes-gebergte, en onder anderen ook de Chimborasso, die toen ter tijd voor den hoogsten berg der aarde gehouden werd, en toen hebben de heeren van die commissie, met name Bouguer, la Condamine en Godin getracht te onderzoeken, of de aantrekking van dien berg ook merkbaar was.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe konden zij dat doen?

DE HEER. Wel dat zal ik u uitleggen. Stel eens dat men op zijde van een hoogen berg een bolletje lood of ander metaal aan een draad heeft hangen, *A B*, fig. 422; als nu die berg er niet was, dan zou die draad niet langs *A B* maar langs *A C* gespannen worden, en ingeval wij nu konden vinden hoe groot de hoek *B A C* was, dan zouden wij ook kunnen vinden hoeveel malen de aantrekkingskracht der aarde grooter was dan de aantrekkingskracht van den berg.

Fig. 422.

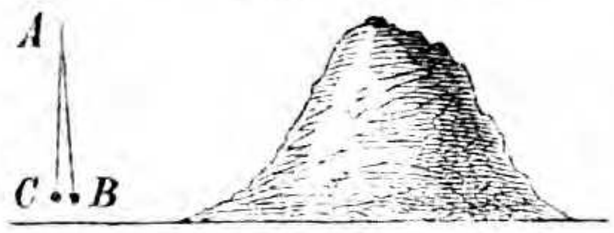


Fig. 423.

Want stel eens, fig. 423, dat op een lichaam *A* eene kracht werkt in de richting van *A* tot *C*, en dat op datzelfde lichaam *A* eene andere kracht werkt in de richting van *A* tot *D*; en stel, men wil weten hoe die beide krachten te gelijk werken; dan moet men aldus handelen. Men neme langs die richtingen twee stukken *A C* en *A D*, die in dezelfde verhouding zijn, als de beide krachten waarvan sprake is. Als men dan nu *C B* trekt evenwijdig aan *A D*, en *D B* evenwijdig aan *A C*, dan ontmoeten die lijnen elkander in een punt *B*. Zulk een vierhoek waarvan de overstaande zijden *A C* en *B D*, *A D* en *C B* evenwijdig zijn, noemt men in de wiskunde een *parallelogram*. Als men nu het punt *A* met het punt *B* vereenigt door eene rechte lijn, *A B*, dan noemt men zulk eene lijn eene *diagonaal* van den vierhoek *A C B D*.

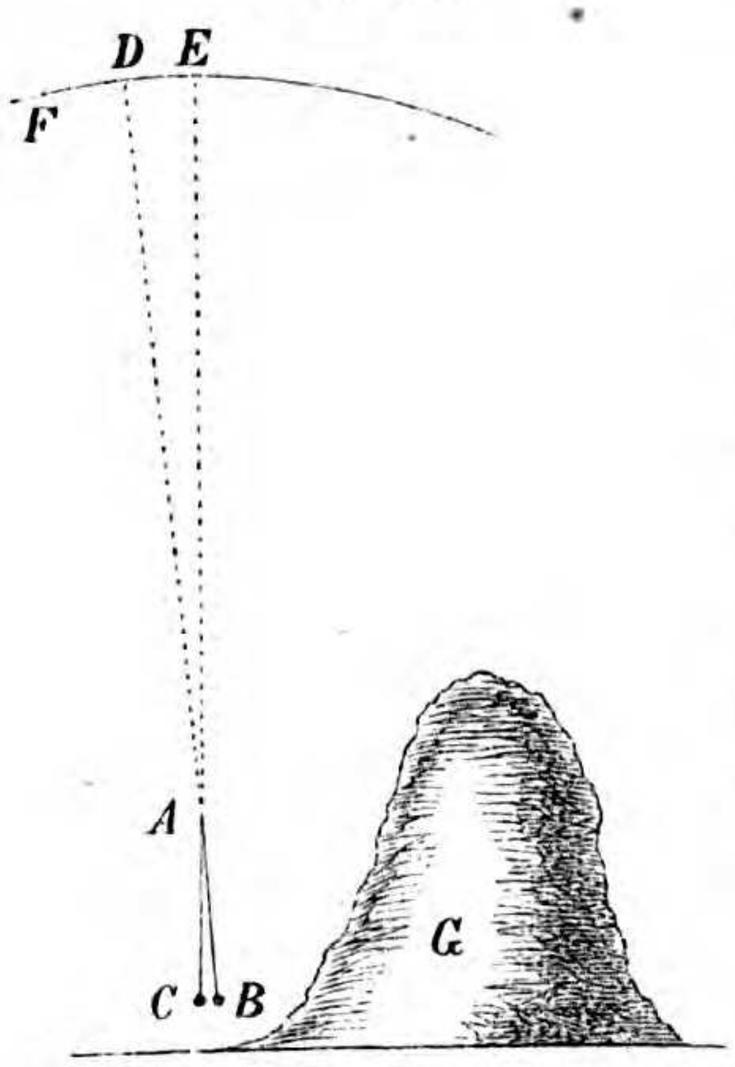
En nu duidt die diagonaal aan, niet alleen in welke richting het punt *A* aangetrokken wordt, en zich bewegen zal, maar ook de sterkte van eene kracht, die even sterk aan zou

trekken als die twee oorspronkelijke krachten vereenigd, indien namelijk de eene langs $A\ C$, de andere langs $A\ D$ aantrekt.

Gij ziet dus wel, dat die heeren van de fransche commissie zeer gemakkelijk zouden hebben kunnen vinden, wat zij zochten, namelijk hoeveel maal de massa der aarde die van den berg overtreft, indien zij hadden kunnen meten: hoeveel hetzij $C\ B$ was, hetzij de hoek $C\ A\ B$; maar dat konden zij onmogelijk doen, want wel was de draad $A\ B$ zichtbaar, waar het paslood hing, maar niet de lijn $A\ C$, langs welke het paslood zou gehangen hebben, indien de berg er niet geweest was.

Zie nu eens hier, hoe zij toch hun doel trachtten te bereiken. Gij herinnert u, dat ik u vroeger wel eens medegedeeld heb, dat als men denkt, dat het paslood $A\ C$, fig. 424, naar boven verlengd is, het dan uitkomt in het zenith E van de plaats waar men zich bevindt.

Fig. 424.



Stel nu dat de berg G zeer dicht bij en juist ten noorden van de plaats is waar men zich bevindt, en dat $E\ D\ F$ een boog van den meridiaan van den hemel is, dan zal het paslood naar het noorden afwijken, en in de richting van $A\ B$ hangen; maar dan wordt ook door dat paslood niet het eigenlijke zenith E, maar een verkeerd zenith D aangegeven, dat zuidelijk ligt van het zenith E.

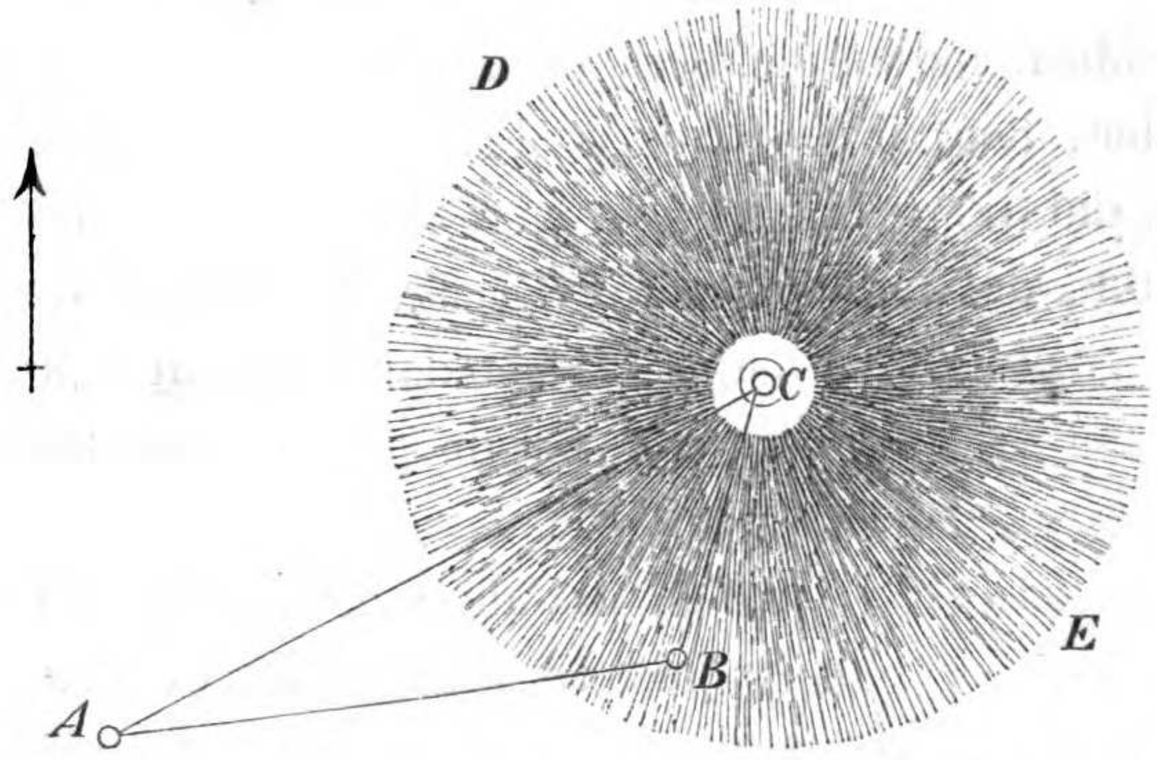
Is nu F de plaats, waar de evennachtslijn van den hemel den meridiaan snijdt, dan is $F\ E$ de boog van den meridiaan die aan de breedte gelijk is, maar dien boog $F\ E$ kan men nu onmogelijk vinden, want de sterrekundige instrumenten, die met een paslood of iets dergelijks moeten gesteld worden, geven in plaats van de hoegrootheid van $F\ E$, de hoegrootheid van $F\ D$. Men vindt dus de breedte van de plaats in dat geval *te zuidelijk*.

Is nu de berg in plaats van dichtbij, veraf, dan wordt de fout die men begaat al spoedig onmerkbaar, ligt de berg, in plaats van ten noorden, ten oosten of ten westen van de plaats waar men zich bevindt, dan is de werking geheel en al gelijk nul.

Ziehier nu, hoe de leden der fransche commissie in het jaar 1738 in Peru handelden, om te onderzoeken of zij de aantrekking van den Chimborasso konden vinden.

Zij in fig. 425 *D E* de berg Chimborasso van boven gezien,

Fig. 425.



dan kozen zij eene plaats *A* uit, op eenigen afstand van den berg gelegen, en bepaalden daar zeer nauwkeurig de breedte. Gij herinnert u nu wel, hoe dit geschieden kan, ik heb u dit vroeger uitgelegd, toen wij over de zonnewijzers spraken, (2e stukje § 65—69); het instrument, dat die fransche commissie gebruikte, kwam het meest overeen met het instrument, dat in het 2e stukje van dit werkje, in fig. 129, afgebeeld is, behalve dat in die figuur de schuine lijn, die uit het middelpunt *a* naar graad 19 van den rand getrokken is, de schaduw van eene naald voorstelt, die in het middelpunt *a*, gestoken is, terwijl in het instrument, dat die fransche commissie gebruikte, aan die naald een kijker hing, die in de richting van die schuine lijn gebracht werd, om dan op eene ster gericht te worden, die juist door den meridiaan ging.

Door zulk een instrument konden zij dus meten hoeveel graden, minuten en sekonden afstand van hun zenith eene ster door den meridiaan ging.

Nu verplaatsten zij zich nagenoeg oostwaarts naar een punt *B*, dat reeds op de helling van den berg lag, en waar dus

de aantrekking van den berg reeds merkbaar moest zijn, terwijl het punt A zoo ver van den berg af was, dat de aantrekking daar bijna niet merkbaar was.

Maar niet alleen, dat de aantrekking van den berg op het punt A zeer gering was, ook de richting $A\ C$, waarin het zenith van A door de aantrekking van den berg verplaatst werd, was niet die van den meridiaan; zij kwam integendeel meer overeen met de richting Oost-West, dan met de richting Noord-Zuid; daarom was de invloed, dien de aantrekking van den berg op het zenith van het punt A had, geheel onmerkbaar.

Het punt B daarentegen, lag op de helling van den berg zelve, en indien nu het punt C het middelpunt van den berg beteekent, dan ziet gij dat B dicht bij C lag, en ook nagenoeg ten zuiden van C, zoodat daar althans de aantrekking van den berg wel merkbaar was, en tengevolge moest hebben, dat het paslood van onderen naar het noorden toe getrokken werd. Daardoor werd het zenith zuidelijker gevonden dan het zijn moest en de afstand der sterren tot het zenith werd gevonden kleiner als de sterren ten zuiden van het zenith door den meridiaan, en daarentegen grooter als de sterren ten noorden van het zenith door den meridiaan gingen.

Indien er nu geene aantrekking van den berg bestond, en indien B op dezelfde parallel lag als A, dan zou men in B dezelfde breedte hebben moeten vinden als in A. Het verschil tusschen de parallel van A en de parallel van B konden zij licht in voeten meten, en als zij dus wisten, hoeveel voeten elke sekonde breedte was, was het gemakkelijk, dit in rekening te brengen. Zoo vonden zij nu, dat het zenith van het punt B $25\frac{1}{2}''$ noordelijker was dan dat van het punt A, maar de parallellen van de plaatsen A en B lagen 3030 fransche voeten, of volgens onze tegenwoordige maat, 984,3 meters uit elkander, nu is vlak bij de evennachtslijn $1''$ breedte $= 30{,}712$ meters, dus werd verwacht dat het breedteverschil tusschen de punten A en B zou bevonden worden te bedragen $32''{,}0$ sekonden. Maar de sterren hadden slechts een verschil in

breedte gegeven van 25″,5, en dit verschilt van het voorgaande getal 7″,5, zoodat de leden van de fransche commissie tot de gevolgtrekking kwamen, dat het zenith van het punt *B* 7″,5 te zuidelijk gevonden werd, en dat dus de aantrekking van den berg het paslood van het instrument, dat zij gebruikt hadden, zooveel naar het noorden had aangetrokken.

ABDULLAH. En kan men daar nu uit berekenen hoeveel de massa der aarde bedraagt?

DE HEER. Ja, dat zou kunnen, maar daarvoor is meer noodig. Ten eerste moeten de instrumenten nauwkeuriger zijn, dan de instrumenten, waar die fransche geleerden over konden beschikken. De kunst om instrumenten te vervaardigen, is in de laatste drie eeuwen aanhoudend vooruitgegaan, en de instrumenten, die in het jaar 1738 voor zeer nauwkeurig golden, zouden nu stellig slecht genoemd worden. Die instrumenten konden eene grootheid van $7\frac{1}{2}$ sekonde ter nauwernood aangeven; daarvoor waren zij te grof.

Dan kwam er bij, dat die Chimborasso geen zeer geschikte berg voor die proef is; evenmin als alle vulkanen, want het is best mogelijk dat er in het binnenste van zoo een berg eene holte is. Daardoor zou de berg eene kleinere massa hebben, dan hij anders zou bezitten, en zou men dus ook eene te kleine massa van de aarde afleiden; het is dus voor die proef beter een berg te kiezen, die geen vulkaan is.

Dan is de geheele streek, waar die Chimborasso voorkomt, een hoogland, waarboven hij uitsteekt; dat land heeft zelf eene zeer onregelmatige oppervlakte; er zijn vele bergen en dalen in. Het is doelmatiger een berg uit te kiezen, die in de vlakte staat; en de leden der fransche commissie zeiden zelve, dat het wenschelijk was, de proef te herhalen met een berg in Frankrijk of Groot-Brittannië, die op zich zelf in eene vlakte stond; ook merkten zij op, dat men liever aan weerszijden namelijk ten noorden en ten zuiden van den berg, de waarnemingsplaatsen moest kiezen, dan zou men de breedte

van het noordelijkste station te groot, en de breedte van het zuidelijkste station te klein vinden, en dus eene dubbele uitwerking te meten hebben.

---

§ 234

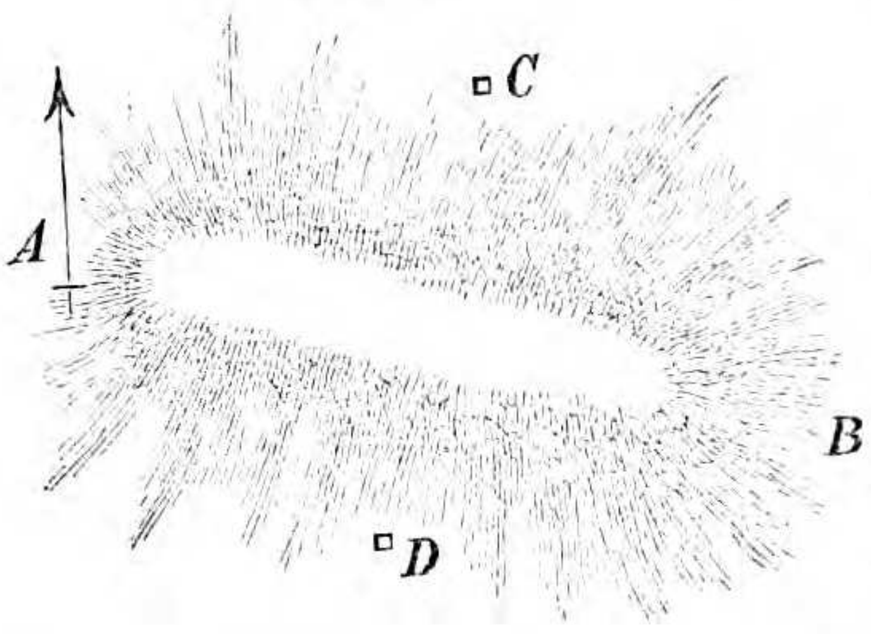
BEPALING VAN DE DICHTHEID DER AARDE DOOR VERGELIJKING VAN DE AANTREKKING DER AARDE MET DE AANTREKKING VAN DEN SCHEHALLIEN IN SCHOTLAND.

ABDULLAH. En is dat toen gebeurd?

DE HEER. O ja, in het jaar 1774. Het vorige jaar werd eerst, door het Koninklijke Genootschap te Londen, iemand uitgezonden om een geschikten berg uit te zoeken, en na een groot gedeelte van Groot-Brittannië doorgereisd te hebben, werd er eindelijk een door hem in het graafschap Perthshire in Schotland gevonden, de Schehallien genaamd. Die berg staat geheel vrij in eene vlakte, evenals de berg Gadjah in Tagal, die ook wellicht voor eene dergelijke proef zeer geschikt zou zijn.

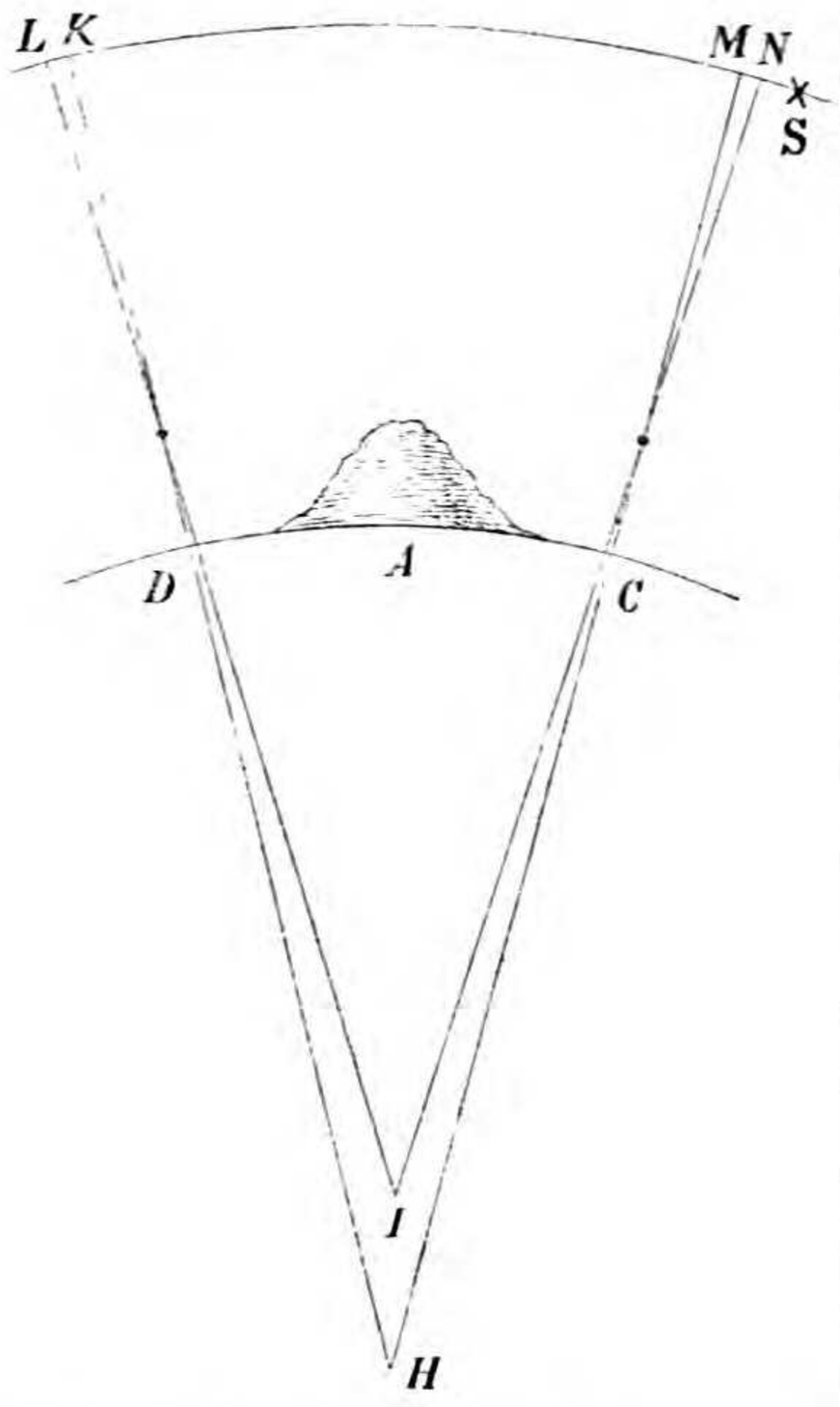
In fig. 426 ziet gij een kaartje van het terrein. *A B* stelt den Schehallien voor, die langwerpig en nagenoeg Oost-West gericht is. *C* en *D* zijn de beide plaatsen, waar de breedtebepalingen gedaan werden door Maskelyne, den toenmaligen bestuurder der sterrewacht te Greenwich. Zij lagen wel niet juist Noord-Zuid van elkander, maar dat kwam er niet op aan, daar kon men bij de berekening wel op letten.

Fig. 426.



Zie nu eens deze figuur, fig. 427. Hier hebt gij nu eene doorsnede van dit terrein, in de richting Noord-Zuid; de boog *L K M N* stelt dan een gedeelte van den meridiaan aan den hemel voor; *D* en *C* de beide plaatsen; *A* den berg tusschen beide; *H* het middelpunt van den boog *C D*; *I* het punt, waar de paslooden elkander, van onderen verlengd, snijden; *S* eene ster bij haren doorgang door den meridiaan.

Fig. 427.



Als nu de berg niet tusschen de punten *C* en *D* bestaan had, dan zouden de paslooden van de instrumenten, die in *C* en *D* gebruikt waren, naar de benedenzijde verlengd, gericht zijn geweest naar het punt *H*, het middelpunt van den boog *C D*. Maskelyne zou dan van die ster gemeten hebben in *C* den afstand tot het zenith *M*, en in *D* den afstand tot het zenith *K*, en het verschil tusschen de afstanden *S M* en *S K* zou gegeven hebben het ware verschil in breedte, *M K*, van de punten *C* en *D*.

Maar door de aantrekking van den berg werden de paslooden naar den berg toe getrokken, en wezen nu niet meer naar de zenithen *M* en *K*, maar naar de punten *N* en *L*.

Maskelyne vond dus van diezelfde ster de afstanden *S N* en *S L*, waarvan het verschil is de boog *L N*. Hij vond dus te veel, en het verschil tusschen *L N* en *M K* is juist gelijk aan de som der beide bogen *L K* en *M N*, die de beide aantrekkingen aanduiden van den berg, op het paslood in *C* en op het paslood in *D*.

Maar hoe nu de grootte van $K\,M$ te vinden, want aan den hemel waren K en M niet zichtbaar. Dit werd door eene triangulatie en opmeting gedaan; geheel op de wijze als ik u dat vroeger heb uitgelegd, toen ik u over de opmeting van Java sprak (2e stukje, § 78). De afstand van de parallellen van de punten C en D werd op die wijs bekend in engelsche voeten; toen ter tijd was ook al vrij nauwkeurig bekend, hoeveel engelsche voeten ééne sekonde in den meridiaan op elke willekeurige breedte en dus ook op de breedte van den Schehallien (56°40′) bevatte. Daardoor werd nu bekend, hoeveel het verschil in breedte der twee plaatsen C en D was.

Zoo werd gevonden:

door de sterrekundige waarnemingen	54″,6 ,
door de triangulatie en opneming	42 ,94 ,
gevende dus een verschil van	11″,66 ,

en dit verschil kwam nu van de aantrekking van den berg. Het was de som van de beide aantrekkingen op de paslooden, ten noorden en ten zuiden van den berg.

Om nu daaruit de dichtheid van de aarde te vinden, werd aldus gehandeld. Maskelyne had niet alleen die breedten op de stations C en D bepaald, maar hij had ook den geheelen berg opgenomen, dat wil zeggen de hoogte bepaald boven de vlakte, waar hij waarnam, van een groot aantal punten op den berg. De inhoud van den berg kon dus vrij goed berekend worden. Ook had hij staaltjes medegenomen van de steensoorten, waaruit de berg bestond.

De berekeningen, die nu nog noodig waren, om de uitkomst te verkrijgen, werden door een ander geleerde, met name Hutton, uitgevoerd. Eerst vooronderstelde hij, dat de aarde uit dezelfde steensoorten bestond, en dus dezelfde dichtheid bezat als de berg; en in die vooronderstelling berekende hij, hoeveel de aantrekking van den berg bedroeg op de noordelijke waarnemingsplaats afzonderlijk en op de zuidelijke waarnemingsplaats afzonderlijk, die aantrekkingen bij elkander

tellende, vond hij het 9933e gedeelte van de aantrekkingskracht der aarde.

Maar als die aantrekkingen te zamen zoo groot waren, dan zouden ook de beide afwijkingen van de paslooden grooter geweest zijn; want gij herinnert u nog wel het tafeltje, dat ik u vroeger eens gegeven heb, toen wij over de zonnewijzers spraken. (2e stukje, blz. 122). Uit dat tafeltje kunt gij zien, dat als in fig. 423 $AC = 200$ millimeters en CB 3,5 millimeters is, hoek CAB dan een graad is: dus als ik AC 60 maal grooter neem, nl. 12 000 millimeters en CB even groot laat, dan is die hoek CAB 60 maal kleiner, en dus eene minuut; neem ik AC weer 60 maal grooter dus 720 000 millimeters, en CB altijd $= 3,5$ millimeters dan is die hoek CAB weer 60 maal kleiner dus $= 1''$, maar dan is

$$CB = \frac{1}{206000} AC.$$

Deze waarde is niet geheel juist, omdat die 3,5 millimeters uit de tafel van bl. 122, 2e stukje, niet geheel juist zijn, als men het nauwkeuriger hebben wil, moet men nemen

$$CB = \frac{1}{206265} AC.$$

Als ik CB nu $\frac{1}{9933} AC$ maak, dan moet ik opmerken dat deze noemer van AC, 20,8 maal kleiner is dan 206265, dus zou, indien ik $AC = 9933$ en $BC = 1$ maakte, de hoek $BAC = 20'',8$ zijn.

Maar Maskelyne had gevonden slechts $11''6$; de berg trok dus de paslooden niet zoo sterk uit hun lood als volgens die berekening; hij was dus in vergelijking tot de aarde niet zoo zwaar, hij bestond dus niet uit dezelfde stof als de aarde, maar uit eene lichtere; of men kan het ook zoo uitdrukken: de aarde is in vergelijking met den berg veel zwaarder dan wij aangenomen hebben.

De steensoorten, waaruit de berg bestond, waren, door elkander genomen, $2\frac{3}{4}$ maal zwaarder dan water; nu was de aantrekking van den berg $\frac{11,6}{20,8}$ gevonden van hetgeen zij zou

geweest zijn, als de aarde gemiddeld uit dezelfde steensoort als de berg bestond. Dit was dus een teeken, dat de steensoort van den berg ook slechts $\frac{116}{208}$ maal de dichtheid had van de aarde, of wat hetzelfde beteekent, dat de aarde $\frac{208}{116}$, d. i. $\frac{52}{29}$ maal de dichtheid had van den berg. Derhalve gaf de proef van Maskelyne, dat de dichtheid der aarde

$$\frac{52}{29} \times 2\frac{3}{4} \text{ of } \frac{52}{29} \times \frac{11}{4} = \frac{572}{116} = 4{,}9$$

maal de dichtheid van water bedroeg.

---

§ 235.

LATERE BEPALING, DOOR DE AANTREKKING DER AARDE TE VERGELIJKEN MET DIE VAN LOODEN BALLEN.

DE HEER. Ik heb u de vorige keer medegedeeld, hoe de engelsche sterrekundige Maskelyne beproefd heeft, de dichtheid van de aarde te bepalen. Gij zult u herinneren dat de uitkomst, die uit zijne metingen verkregen werd, was dat die dichtheid gemiddeld bedroeg 4,9, dat wil dus zeggen dat de aarde bijna vijfmaal meer weegt, dan zij zou wegen indien zij van water was.

Maar de methode, daarbij gevolgd, was ingewikkeld. Er moesten sterrekundige waarnemingen gedaan worden om het sterrekundig breedteverschil tusschen de twee waarnemingsplaatsen te bepalen; er moest eene triangulatie worden uitgevoerd om te zien hoeveel voeten de parallellen van die twee plaatsen van elkander af lagen, men moest meten hoeveel voeten ééne sekonde breedte was, om die voeten in sekonden te herleiden; er moest eene opname van den geheelen berg worden uitgevoerd, niet alleen van den omtrek, maar zeer nauwkeurig van de hoogte van de afzonderlijke deelen van dien berg. Dan moesten van de verschillende steensoorten, waaruit die berg bestond, de dichtheid of het soortelijk gewicht

bepaald worden, en eindelijk moest de aantrekking berekend worden op elk der beide waarnemingsplaatsen afzonderlijk.

Gij ziet dus welk een omslachtige arbeid dit alles was. En dan was het toch nog onmogelijk om een geheel nauwkeurige uitkomst te verkrijgen, want niemand kon zeggen hoe de berg van binnen was samengesteld, hoeveel van de eene en hoeveel van de andere steensoort er was en waar die zich bevonden.

Ook is het later gebleken, dat, al is er geen berg, het toch dikwijls gebeurt, dat er verschillen gevonden worden, tusschen de breedte eener plaats, onmiddellijk gevonden door sterren, en de breedte derzelfde plaats, gevonden uit de bekende breedte van eene andere plaats en verder door opneming; die verschillen moeten dan een gevolg zijn van aantrekkingen van zware steenmassa's onder den grond, hetzij van de aanwezigheid van lichtere steenmassa's of holligheden.

Daarom was het wel een schoon denkbeeld dat John Michell, een engelsch geleerde, omtrent het jaar 1783 had, om al dien omslag te vermijden en in plaats van zoo een berg een looden bal te nemen, en dan te onderzoeken, hoeveel maal de aarde sterker aantrekt dan die looden bal op een kleinen afstand.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als zoo een berg al zoo weinig aantrok, hoe moet het dan wel met de aantrekking van een looden bal zijn? Die zal dan toch niet licht merkbaar zijn,... of hoe groot was dan die looden bal wel.

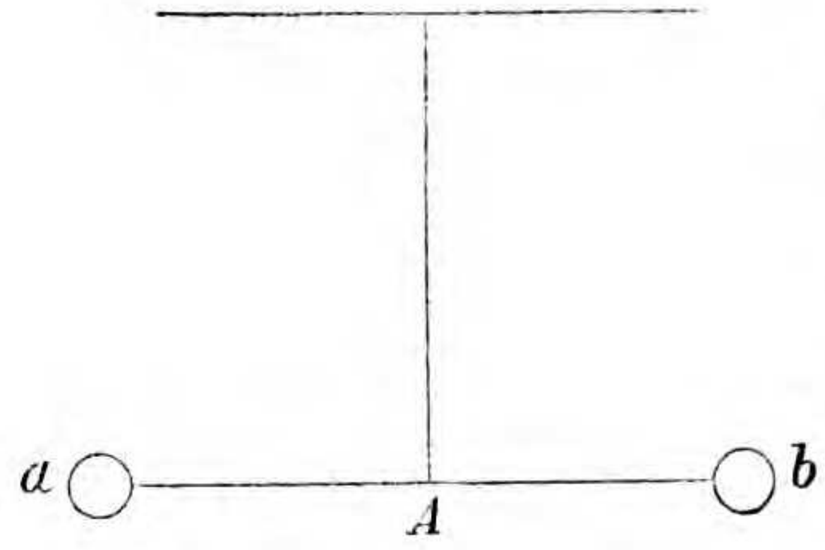
DE HEER. Voor de proef van Michell werden twee ballen gebruikt, en die waren zoo groot niet; hun middellijn was slechts iets meer dan 3 decimeters, en ieders gewicht bedroeg slechts ongeveer 172½ kilogram; dus dat komt in geene vergelijking met het gewicht van eenen berg, die wellicht een billioen kilogram weegt. En toch verzon die geleerde, John Michell, een middel om te vinden, hoeveel de aantrekking van zulk een bal kleiner was dan de aantrekking der aarde. Dat middel was het volgende:

Gij hebt zeker wel eens gezien, dat als men het een of ander zwaar voorwerp aan een koord, of eenen draad of ketting op-

hangt, het dan eenigen tijd heen en weer draait, en eindelijk stil hangt; maar als men het dan even op zijde draait, dat het dan weder heen en weer slingert. Gij kunt dat dagelijks zien aan eene hanglamp, zooals die hier in Indië in elk huis zijn, of nog beter aan een lampenkroon, die hangen wel meestal aan twee kettingen, maar als zij aan éénen ketting hingen zouden zij het evenzoo doen.

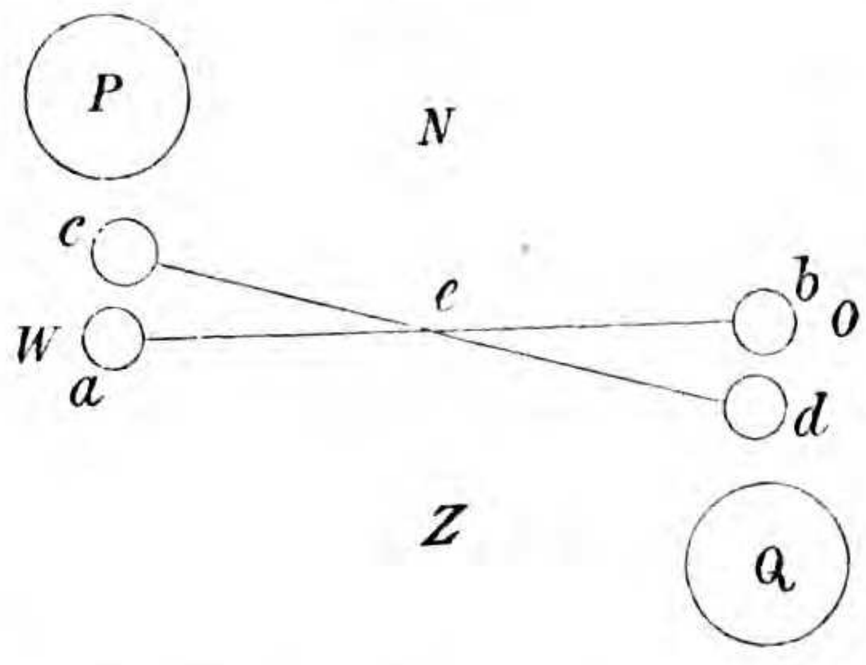
Welnu datzelfde gebeurt niet alleen met eene lamp die aan een paar kettingen hangt, maar evenzoo met elk ander voorwerp, al hangt het aan een fijnen draad. Het instrument van Michell bestond nu uit eene zeer dunne lat, ongeveer twee meters lang, die hij aan een draad aan de zoldering eener kamer ophing, zie fig. 428; aan de beide uiteinden van die lat

Fig. 428.



waren twee bollen a en b bevestigd van ongeveer 5 of 6 centimeters middellijn; die bollen waren van glas, van ivoor of van metaal, namelijk van zink, lood, geel koper of platina. Nadat nu die lat eenigen tijd zoo gehangen en heen en weer geslingerd had, kwam zij tot rust, en was dan in eene zekere richting, bijv. van West naar Oost gericht. Maar als nu in eens op zijde van die twee bollen a en b, de twee groote looden ballen P en Q gebracht werden, zooals fig. 429 aantoont (die de lat, van boven bezien, voorstelt) dan stelde zich de lat met de bollen a en b in beweging, en ging heen en weer slingeren; kwam zij nu tot rust, dan was zij in den toestand van rust niet gericht evenals vroeger van West naar Oost, in de figuur van a naar b, maar in de richting $c\ d$; nu was de toestel van Michell erop ingericht

Fig. 429.



om te meten hoever die bollen a en b van hunnen vorigen stand waren afgetrokken; er werd dus gemeten de afstand $a\,c$ of wel de hoek $a\,e\,c$, naar verkiezing.

Deze proef, die door Michell bedacht was, gelukte volkomen, mits men slechts zooveel mogelijk alle tocht of wind in de kamer onmogelijk maakte, en door die proef was dus aangetoond, dat men wel degelijk de aantrekking van een looden bal, van $172\frac{1}{2}$ kilogram zichtbaar kon maken.

Dat was nu trouwens niet genoeg. Er moest ook gemeten worden, hoeveel die aantrekking zwakker was dan de aantrekking der aarde. En juist daarvoor was die toestel van Michell zoo uitnemend geschikt.

---

§ 236.

OVER DE VEERKRACHT DER LICHAMEN.

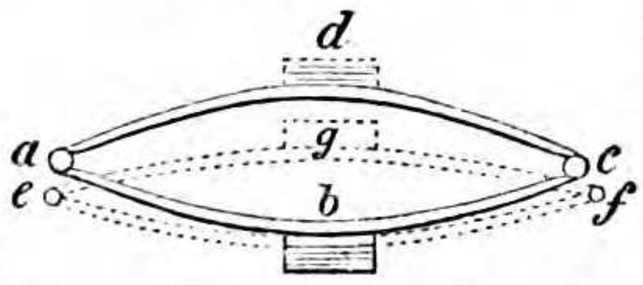
Om dat nu te begrijpen, moet gij mij eerst eens zeggen: Waarom denkt gij wel, dat die lat heen en weder slingert?

ABDULLAH. Wel mijnheer, als u die lat beweegt, dan draait u den draad, en dan wil de draad terugdraaien.

DE HEER. Juist zoo; maar nu is nog altijd de vraag, waarom wil die draad terugdraaien? Er is eene eigenschap, die alle lichamen bezitten, de vaste lichamen het meest, om wel door eene kracht van vorm te veranderen, maar toch dadelijk weer den vorm aan te nemen, dien zij vroeger hadden, zoodra de kracht opgehouden heeft, die erop werkte.

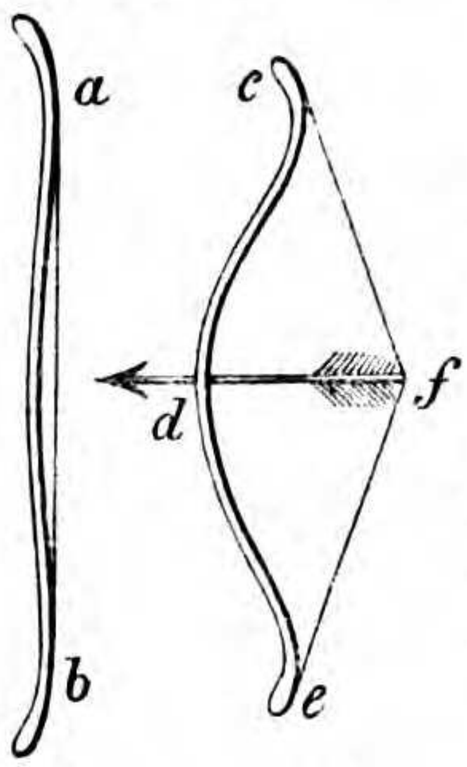
Die eigenschap heet *veerkracht*, en die kracht wordt in het dagelijksch leven honderden malen gebruikt. Denk maar eens aan de veeren van rijtuigen. Oorspronkelijk heeft zoo een rijtuigveer bijv. de gedaante $a\,b\,c\,d$, fig. 430; komt er nu eene zwaarte op, d, dan wordt zij ingedrukt, en krijgt den vorm $e\,b\,f\,g$, maar als die belasting weggenomen wordt, dan neemt de veer dadelijk haren ouden vorm, $a\,b\,c\,d$, weer aan.

Fig. 430.



Met een boog is het precies hetzelfde. Als de pees niet gespannen is, zijn zoowel de boog zelve als de pees zooveel mogelijk rechtuit, zie *a b*, fig. 431, maar wordt er een pijl opgezet en de boog dan gespannen, dan wordt de boog zelf krommer, *c d e*, en de pees wordt in twee rechte einden, *c f* en *f g*, gespannen en ook uitgerekt. Laat men nu echter plotseling den pijl los dan vliegt hij vooruit, omdat de pees met veel kracht hare vroegere rechte gedaante wil hernemen.

Fig. 431.



Alle muziekinstrumenten werken alleen door de veerkracht der lichamen. De snaar eener viool wordt, evenals de pees van den boog, uit haren toestand van rust gebracht, en trilt dan heen en weder, totdat zij weder tot dien toestand van rust teruggekomen is, en dit gebeurt daarom tamelijk spoedig, omdat zij bij hare trillingen telkens de lucht moet wegduwen, waardoor zij veel kracht verliest. Met de gongs en trommels van den gamelang is het precies hetzelfde.

Diezelfde veerkracht nu bezit de draad ook, waaraan zoo een lat hangt. Als de lat geheel in rust gekomen is en ik breng een der uiteinden een weinig op zijde, dan zal die draad, zooals gij zeer juist hebt opgemerkt, gedraaid worden, en laat men nu de lat los, dan is de veerkracht van den draad de oorzaak, dat hij wil terugdraaien.

Maar als hij nu terugdraait, dan geeft hij aan de lat eene draaiende beweging, en als nu die lat in haren vorigen toestand van rust gekomen is, dan heeft zij eene zekere snelheid verkregen en, omdat de lat traag is, gaat zij door, maar nu wordt zij weer in tegengestelden zin gedraaid, en draait dus ook in tegengestelden zin terug, zoodat de lat weldra ophoudt in hare beweging en terugslingert.

Als gij u nu herinnert, wat ik u vroeger van een steen heb medegedeeld, die aan een draad hing, (1e stukje, § 5), dan ziet

gij wel, dat die lat precies hetzelfde doet als die steen. Korte slingeringen en lange slingeringen van die lat duren even lang, zooals met de slingeringen van dien steen ook het geval is. Hoe dunner de draad, hoe zwakker zijne veerkracht is, en hoe langzamer de lat ook zal slingeren.

Als nu die draad zeer dun is, bijv. een koperdraad van $\frac{1}{4}$ millimeter dikte, en er hangt een lat aan, die aan weerszijden bezwaard is met zulke metalen bollen, dan kunt gij wel begrijpen, dat de veerkracht van dien draad zeer zwak is; de slingeringen van de lat duren dan ook drie of vier minuten; maar juist, omdat die veerkracht zoo zwak is, wilde Michell haar als hulpmiddel gebruiken, om te vinden hoeveel maal grooter de aantrekkingskracht der aarde was dan die van een looden bal.

Daarvoor was het noodig: 1°. om de aantrekkingskracht der aarde, of, zooals men gewoonlijk zegt, de zwaartekracht, te vergelijken met de veerkracht van den draad; 2°. om de veerkracht van den draad te vergelijken met de aantrekking van een looden bal.

ABDULLAH. Maar mijnheer, wat bedoelt u met vergelijken?

DE HEER. Wel, door vergelijken versta ik zoeken, hoeveel maal de eene kracht sterker is dan de andere. Door den toestel van Michell werd dus gemeten 1°. hoeveel maal de zwaartekracht sterker was dan de veerkracht van den draad; 2°. hoeveel maal de veerkracht van den draad sterker was dan de aantrekking van een looden bal.

---

§ 237.

VERGELIJKING VAN DE ZWAARTEKRACHT MET DE VEERKRACHT VAN EEN DRAAD.

Nu is het licht te begrijpen hoe het mogelijk was om de veerkracht van den draad te vergelijken met de zwaartekracht. Want de geheele lat met de twee bollen, bestond uit twee

helften, aan weerszijden van het ophangpunt. Beide die helften slingeren en beide de slingeringen worden door de veerkracht van den draad veroorzaakt.

Stel nu eens dat ik de eene helft van de lat, aan de punt bezwaard met dien bol van metaal, glas of ivoor, ophang aan het uiteinde *a*, fig. 432, dat eigenlijk het midden der geheele lat was, en stel dat ik die lat kleine slingeringen laat volbrengen, en stel eens dat men nauwkeurig waarnam in hoeveel tijd die lat, met het bolletje er aan, eene geheele slingering volbracht; dit zou men kunnen doen door bijv. op een horloge nauwkeurig te zien, hoeveel sekonden een groot aantal, bijv. 100 slingeringen van de lat noodig hadden.

Fig. 432.

Laat bijv. gevonden worden, dat 100 slingeringen in 101 sekonden volbracht werden, dan is dit voor elke slingering 1,01 sekonde.

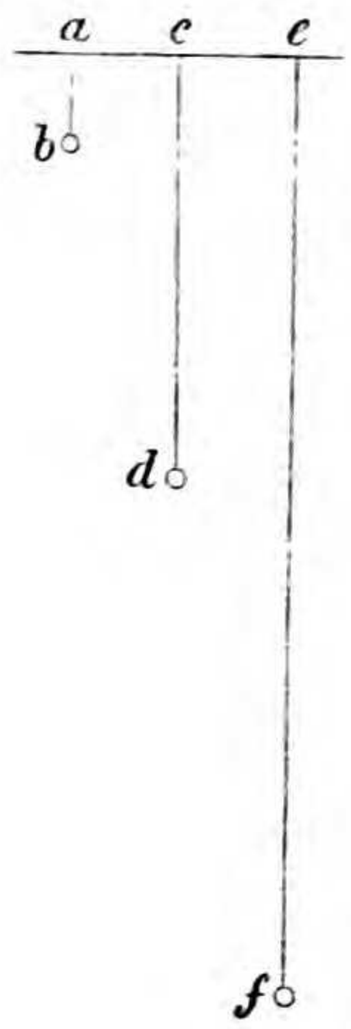
Ongeveer zooveel tijd zou de halve lat in den toestel noodig gehad hebben om te slingeren. Maar bij sommige proeven had onze lat, als zij aan een koperdraad hing, met de bollen aan haar eind, ruim 4 minuten noodig om eene slingering te volbrengen, dat is dus ongeveer 240 maal langzamer. Hoe komt dat nu, dat die slingering door de veerkracht van den draad zoo veel langzamer geschiedde, dan de slingering door de zwaartekracht? Natuurlijk omdat die veerkracht zoo zwak is. Maar nu moeten wij ook vragen: hoeveel maal zwakker zou wel de aantrekkingskracht moeten zijn, opdat eene slingering 240 maal langzamer geschiedde dan thans het geval is.

Dit hebben de natuurkundigen zoowel door proefneming als door redeneering onderzocht.

Eerst hebben zij bolletjes opgehangen aan draden van verschillende lengte, en die laten slingeren. Zulk een draad met bolletje er aan noemt men een *slinger*. Als men nu den draad *c d*, fig. 433, omtrent een meter lang neemt, dan volbrengt het bolletje *d*, dat eraan hangt, in omtrent ééne sekonde eene

slingering (dus in twee sekonden slingert het heen en weder); als men nu beproeft, hoe lang men den draad moet nemen, om eene slingering een halve sekonde te doen duren, dan vindt men, dat de draad $a\,b$ bijna $\frac{1}{4}$ meter lang moet zijn. De draad $c\,d$ is dus 4 maal langer dan de draad $a\,b$, en de slingertijd is 2 maal langer.

Fig. 433.



Maakt men den draad $e\,f$ 9 maal langer dan den draad $a\,b$, dan slingert hij 3 maal langzamer.

Dit is eene proef, die gij zelf gemakkelijk nemen kunt. Gij hangt daartoe maar twee steentjes of sleuteltjes op aan twee draden, waarvan de een 4 maal langer is dan de andere, en gij zult zien, dat de eene slinger dan ook 2 maal langzamer slingert dan de andere.

Kan men er bollen voor nemen, die dan een haakje of een oogje moeten hebben om ze aan op te hangen, dan moet men bij die berekening voor de lengte van den draad aannemen den afstand van het ophangpunt tot het middelpunt van den bol.

Maar laat ons nu eens nagaan, hoe wij de sterkte van de zwaartekracht kunnen uitdrukken. Als gij u herinnert, wat ik u vroeger heb medegedeeld, dan zult gij nog wel weten, dat een vallende steen in ééne sekonde 5 (nauwkeuriger 4,9) meters doorloopt; men kan die 4,9 meters nu als eene maat van de zwaartekracht aanzien, maar men neemt liever het dubbele, dus 10 (of nauwkeuriger 9,8) meters aan, omdat dit de snelheid is die de zwaartekracht in ééne sekonde aan een vallend lichaam mededeelt (1e stukje § 22).

Als wij nu die 10 meters als de maat van de zwaartekracht aannemen, dan zien wij dat een slinger, die één tiende van de lengte van die maat lang is, ééne sekonde voor eene slingering noodig heeft. En wij komen dan tot het vermoeden, dat als de zwaartekracht eens tweemaal zwakker werd, de

slinger ook tweemaal korter zou moeten zijn, om in denzelfden tijd te slingeren; dit wordt ook bevestigd door andere proeven en door redeneeringen, die ik u nu niet alle kan mededeelen, want dit zou ons te ver afleiden.

Maar wij komen dus ook tot het resultaat, dat als de zwaartekracht zelve 4 maal, 9 maal, enz., sterker werd, een sekondeslinger 4 meters, 9 meters, enz., langer zou moeten zijn.

En daaruit volgt weder dat als de zwaartekracht 4 maal, 9 maal, enz. sterker werd, een slinger van één meter, $\frac{1}{2}$ sekonde of $\frac{1}{3}$ sekonde noodig zou hebben om te slingeren.

Als dus de zwaartekracht 4 maal, 9 maal, enz. zwakker werd, zou een slinger van een meter 2 sekonden, 3 sekonden, enz. noodig hebben om te slingeren.

En keeren wij deze redeneering weer om, dan besluiten wij, dat, als een slinger, die anders in ééne sekonde slingert, daarvoor 2 sekonden, 3 sekonden, enz. 240 sekonden gebruikt, de kracht die op dien slinger werkt, dan 2×2 of 4 maal, 3×3 of 9 maal, 240×240 of 57 600 maal zwakker is dan de kracht die er vroeger op werkte.

En dat was nu het geval met den toestel van Michell. De halve lat met één bol er aan zou door de zwaartekracht geslingerd hebben in ééne sekonde; de heele lat met twee bollen, aan elk uiteinde één, slingerde aan een koperdraad opgehangen in 240 sekonden. Als er nu slechts de helft der lat met één bol er aan, door den draad aan het slingeren gebracht was, dan zou men ook moeten besluiten dat de veerkracht van den draad voor die lat 240×240 of 57 600 maal zwakker was dan de zwaartekracht, maar nu de draad de geheele lat met *twee* bollen aan de uiteinden, in dien tijd heeft doen slingeren, nu heeft hij ook tweemaal zooveel werk gedaan, en zijn veerkracht moet dus dubbel zoo sterk aangenomen worden, dat wil zeggen 28 800 maal zwakker dan de zwaartekracht.

Gij moet nu wel in acht nemen dat dit getal verandert als

er aan de uiteinden der lat andere bollen geplaatst worden. Hoe zwaarder die bollen zijn, hoe langzamer die lat slingert, het getal 28 800 geldt dus maar voor ééne bepaalde lat met één bepaald paar bollen.

Fig. 434.

Men kan dat getal ook aldus uitleggen: Als men, fig. 434, de halve lat $e\,a$, met het bolletje a er aan, eene zekere afwijking $a\,c$ geeft, dan wil de zwaartekracht die lat met eene zekere kracht naar den vorigen stand $e\,a$ terugdrijven, en wil men dus de lat in den stand $e\,c$ houden, dan moet men in c eene zekere kracht uitoefenen, in de richting van a naar c. Als men nu verder de geheele lat met de beide bollen eraan, aan den metaaldraad ophangt, dan kan men de lat ook *evenveel* van haren stand van rust afbrengen, en dan is de veerkracht van den draad, die de lat naar dien stand van rust wil terugbrengen 28 800 maal zwakker dan de kracht, die wij zoo aanstonds beschouwd hebben, en de kracht, die noodig is, om die lat in den nieuwen stand terug te houden, is 28 800 maal zwakker dan de kracht, die noodig is om den slinger $e\,c$ tegen te houden.

---

§ 238.

VERGELIJKING VAN DE VEERKRACHT VAN DEN DRAAD BIJ DE AANTREKKINGSKRACHT DER LOODEN BOLLEN.

DE HEER. Nu heb ik u nog het tweede gedeelte van de bewerking mede te deelen, namelijk hoe men nu de veerkracht van den draad bij de aantrekkingskracht der looden bollen kan vergelijken.

Dit werd zeer eenvoudig gedaan. Stel eens, dat als de lat fig. 429 aan de zoldering hing, zoodat haar midden in e was, de beide bolletjes, die aan haar einde bevestigd waren, zich in a en b in rust bevonden. Zooals gezegd is, stelt de figuur

die lat voor, van boven bekeken. Stel dat nu die twee groote looden ballen, van 172½ kilogram ieder, P en Q, naast die bolletjes a en b gebracht worden, wat zal er dan gebeuren? Dan wordt het bolletje a door den looden bal P, en het bolletje b door den looden bal Q aangetrokken, de lat zal met de bollen die er aan bevestigd zijn, gaan slingeren, en de toestand van rust van de lat zal niet meer zijn $a\ b$ maar $c\ d$.

Wij hebben nu hetzelfde geval als vroeger bij de aantrekking van den berg. Als de lat uit haren toestand van rust $e\ a$ getrokken wordt door den bal P, en zij komt in den stand $e\ c$, dan is de kracht, die de lat in den stand $e\ a$ wil houden, zooveel maal grooter dan de aantrekkingskracht van den bol P, als $e\ a$ grooter is dan $a\ c$.

Maar dan moet in acht genomen worden dat de afstand, waarop die aantrekking van P werkt, is de afstand $P\ c$.

Bij die proef, waarin de lat 4 minuten noodig had om te slingeren, was de afwijking, hoek $c\ e\ a$, bijna 3 minuten, dus slechts $\frac{1}{20}$ van een graad; daaruit kan men berekenen dat de lijn $a\ e$ 1160 maal grooter was dan de lijn $a\ c$.

De aantrekking der looden ballen was dus ook 1160 maal zwakker dan de werking van de veerkracht van den draad op de lat met de bollen.

Maar wij hebben gevonden dat deze 28 800 maal zwakker was dan de zwaartekracht; dus vinden wij: dat de aantrekking der looden ballen op de metalen bollen:

$$28\,800 \times 1160 = 33\,400\,000$$

maal zwakker was dan de zwaartekracht.

---

§ 239.

AFLEIDING VAN HET RESULTAAT.

Nu moeten wij nog in aanmerking nemen dat de afstand $P\ c$ (fig. 429) van de looden ballen tot de metalen bolletjes zeer

gering was, die was in den toestel, dien wij hier beschrijven, van middelpunt tot middelpunt juist 11 engelsche duimen of 0,2794 meters. Maar als wij de aarde als een bol beschouwen, dan trekt zij aan evenzoo sterk, alsof hare geheele massa in haar middelpunt vereenigd was, en dat middelpunt ligt op een afstand van 6 366 000 meters van de oppervlakte verwijderd, dit is dus 22 785 000 maal verder dan de bal *P* van het bolletje *c*. Als nu de bal *P* ook zoover verwijderd werd, dan zou zijne aantrekking

$$22\,785\,000 \times 22\,785\,000$$

of

519 billioen

maal zwakker worden. Nu reeds is die aantrekking

33,4 millioen

maal zwakker, dus dan zou de aantrekking van de looden ballen

$$33{,}4 \text{ millioen} \times 519 \text{ billioen}$$

of

17 340 trillioen

maal zwakker zijn dan de aantrekkingskracht der aarde.

Het gewicht der beide looden ballen te zamen genomen was 345 kilogram, dus moeten wij voor de aarde aannemen een gewicht van

$$17\,340 \text{ trillioen} \times 345$$

of zeer nabij

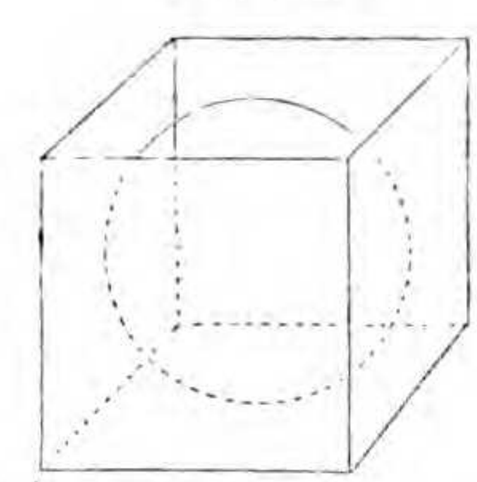
6 quadrillioen

kilogram.

Maar als de aarde van water was, hoeveel zoude zij dan wegen? De wiskundigen hebben gevonden dat als men een kubieken bak *A B* heeft, fig. 435, en een bol die daar juist

in past, dat dan die bol een inhoud heeft, die een *bepaald* gedeelte is van den inhoud van dien kubieken bak, en dat gedeelte wordt uitgedrukt door de breuk

Fig. 435.



$$0{,}5236 \ldots$$

Nu is de zijde $A\,C$ van dien kubieken bak gelijk aan de middellijn van den bol; als dus die bol de aarde was, zou de zijde van den kubieken bak gelijk zijn aan $2 \times 6\,366\,000$ meters, d. i. 12 732 000 meters. De inhoud van den kubieken bak is dus =

$$12\,732\,000 \times 12\,732\,000 \times 12\,732\,000$$

dat is:

2064 trillioen kubieke meters,

en hiervan 0,5236 gedeelte, verkrijgen wij voor den inhoud van den aardbol:

1081 trillioen kubieke meters.

Maar één kubieke meter is gelijk 1000 kubieke decimeters, dus is de inhoud van den aardbol

1 081 000 trillioen kubieke decimeters,

dat is bijna

1,1 quadrillioen

kubieke decimeters.

Nu weegt één kubieke decimeter water één kilogram, als dus de aarde van water was, zou zij 1,1 quadrillioen kilogram wegen, maar zooeven hebben wij uit de beschrevene proef gevonden, dat zij bijna 6 quadrillioen kilogram weegt, zoodat wij tot het besluit komen, dat de aarde gemiddeld ongeveer $5\frac{1}{2}$ maal zwaarder is dan water, of zooals men gewoon is te zeggen, dat de dichtheid der aarde is $5\frac{1}{2}$.

Dat is ook de uitkomst, die de toestel van Michell heeft

opgeleverd. Hij heeft dien toestel wel uitgevonden, maar de dood heeft hem verhinderd er de proeven mede te doen. Toen heeft in 1798, een beroemd engelsch natuurkundige, met name Cavendish, het eerst met een dergelijken toestel proefnemingen gedaan, maar nog beter en volkomener zijn de proeven overgedaan in 1838 door Reich in Saksen en in 1841 en 42 door Baily in Engeland.

Vooral de proeven van Baily zijn beroemd geworden, omdat hij allerlei soort van draad gebruikte, om de lat aan op te hangen, en bollen van verschillende stoffen om aan de lat te bevestigen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, uit welken steen bestaat de aardbol van binnen wel? Want u hebt mij nog niet lang geleden gezegd, dat marmer, graniet en al die soorten van steenen, waaruit hier de bergen bestaan, nog niet driemaal zwaarder zijn dan water, en nu zegt u dat men gevonden heeft, dat de aarde gemiddeld 5½ maal zwaarder is dan water.

DE HEER. Ja, dat is ook zoo, het is vreemd genoeg. Maar gij moet wel bedenken, dat er stoffen bestaan, die nog veel zwaarder zijn dan graniet of marmer, voornamelijk al de metalen, die ik u vroeger eens heb opgenoemd. Welnu, uit die groote dichtheid der aarde moet men noodzakelijk besluiten, dat inwendig, dat wil zeggen, dicht bij het middelpunt, zich die zware stoffen in groote hoeveelheid bevinden. En dat is ook niet te verwonderen, daar het, zooals ik u al vroeger heb opgemerkt, bijna zeker is, dat de aarde vroeger gloeiend en vloeibaar geweest is; niets is natuurlijker dan dat toen de zwaarste stoffen naar het middelpunt gezakt zijn, en de lichtere aan de oppervlakte gebleven zijn.

§ 240.

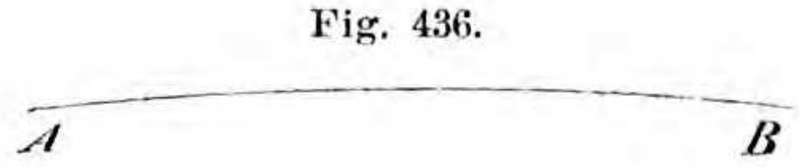
OVER DE GROOTTE DER AARDE, INDIEN MEN HAAR ALS BOLVORMIG BESCHOUWT.

DE HEER. Wel Abdullah, hebt gij nu nog wel onthouden wat ik u de vorige keer heb medegedeeld?

ABDULLAH. Ja mijnheer, ik heb het ook wel begrepen, die manier van Michell is wezenlijk vernuftig uitgedacht; maar er is toch nog iets dat u mij zoudt uitleggen, en dat wenschte ik toch ook gaarne te weten, namelijk: U hebt al eens gezegd dat de straal der aarde was, ik meen iets meer dan 6 millioen meters, de geheele middellijn moet dus meer dan 12 millioen meters zijn. Hoe heeft men dat toch kunnen vinden?

DE HEER. Wel dat zal ik u nu eens mededeelen. Eerst moet ik u eens deze vraag doen; stel eens dat ik u een cirkelboog liet zien, fig. 436, dat ik u daarbij de lengte van dien cirkelboog opgaf, bijv. deze boog is 40 mm. lang, en tevens hoeveel graden die boog van den cirkel uitmaakt, waartoe hij behoort, bijv. dat deze boog $2\frac{1}{2}°$ bevatte, en indien ik u eens vroeg mij te zeggen, hoe groot de straal was van den cirkel, waartoe die boog behoorde, zoudt gij daar kans toe zien?

Fig. 436.



ABDULLAH. Wel mijnheer, ik zou wel kans zien, om u te zeggen hoe lang de omtrek van den geheelen cirkel was, want dan zou ik zeggen: de geheele omtrek is 360 graden, als nu $2\frac{1}{2}$ graad is 40 millimeters, dan is 5 graden 80 millimeters, en 360 graden is 72×5 graden; dus de geheele omtrek is 72×80 dat is 5760 millimeters, maar om nu de middellijn of den straal te vinden: ik zie nog niet zoo schielijk in, hoe dat gaat.

DE HEER. Wel, dat zal ik u eens uitleggen. Reeds in de oudste tijden, 2 a 3000 jaren geleden, hebben de wiskundigen wel begrepen, dat er eene vaste verhouding bestaan moest tusschen de middellijn van een cirkel en zijn omtrek. Als ik

bijv. twee cirkels trek, één hebbende eene middellijn van eenen meter, en een anderen, hebbende eene middellijn van eenen decimeter; dan is het duidelijk, dat de omtrek van den eersten cirkel evenveel meters lang zal zijn als die van den tweeden cirkel decimeters.

Beproeft men nu door een touwtje of bandje, hoe lang de omtrek van een cirkel is, die eene middellijn van bijv. een decimeter heeft, dan vindt men iets meer dan drie decimeters, maar hoe groot nu die breuk is, die bij het getal 3 behoort, dat is juist de moeilijke vraag, die den wiskundigen nog al vrij wat moeite gekost heeft. Langs verschillende wegen hebben zij dit onderzocht, en zijn tot het besluit gekomen, dat die verhouding van de middellijn tot den omtrek niet precies in twee geheele getallen is uit te drukken; als men de middellijn gelijk neemt aan één decimeter, dan is de omtrek gelijk aan

3,141 592 653 . . .

decimeters, d. i. iets meer dan 314 millimeters, maar met deze negen cijfers is de breuk niet ten einde, die breuk loopt altijd door met weer andere cijfers, die elkander geheel en al onregelmatig opvolgen.

Men kan wel twee geheele getallen vinden, die *ten naaste bij* dezelfde verhouding hebben. Dergelijke getallen zijn 7 en 22, deel ik namelijk 7 in 22, dan is de uitkomst.

3,142 857 142 8 . . .

dus, zoo als gij ziet, slechts twee cijfers achter het decimaalteeken zijn goed, en het derde is al fout. Toch is die verhouding van 7 en 22 al vrij nauwkeurig, en zij wordt dan ook veel door verschillende arbeidslieden zooals smids, blikslagers, enz. gebruikt, die dikwijls in hun bedrijf de lengte van den omtrek van een cirkel moeten berekenen. Voor een cirkel van een decimeter middellijn geeft die verhouding bijv. 314,28 millimeters, d. i. slechts 0,13 millimeters te veel, eene lengte die nauwelijks zichtbaar is. Die verhouding 7 tot 22, is het

eerst gevonden door Archimedes, denzelfden, van wien ik u onlangs verhaald heb, dat hij door weging van een lichaam, op de gewone wijze en in water, de dichtheid van dat lichaam leerde bepalen.

Eene nauwkeuriger verhouding is in de 16e eeuw gevonden door den nederlandschen wiskundige Adriaan Metius, namelijk de verhouding 113 tot 355; deelt men van deze getallen het eerste op het tweede, dan verkrijgt men

3,141 592 92 . . .

dus de zes eerste cijfers zijn goed, eerst het 7e cijfer is foutief.

Ook is het een Nederlander geweest, genaamd Ludolf van Keulen, die eenigen tijd later de juiste verhouding, tot meer dan 30 cijfers heeft uitgerekend.

Als nu van een cirkel de middellijn bekend is, dan behoeft men de lengte van die middellijn slechts met dat getal 3,141 592 65, en als van een cirkel de straal bekend is, dan behoeft men de lengte van den straal slechts met een tweemaal grooter getal, dus 6,283 185 3 . . . te vermenigvuldigen, om ook de lengte van den omtrek te verkrijgen.

Maar stel nu eens, dat ik den omtrek van een cirkel weet, hoe vind ik dan de middellijn of den straal?

Natuurlijk door de lengte van dien omtrek te deelen door 3,141 592 65 . . ., als ik de middellijn, en door het dubbele, 6,283 185 3, als ik den straal wil kennen.

Stel nu dat de omtrek eens cirkels is één meter, en ik deel dien éénen meter door 3,141 592 653 . . . dan verkrijg ik

0,318 309 886 . . .

meter. En is nu de omtrek eens cirkels een ander aantal meters groot, dan behoef ik dat aantal dus maar met diezelfde breuk te vermenigvuldigen om de lengte van de middellijn te vinden.

Keeren wij dus eens terug tot den cirkelboog *A B*, fig. 436,

waarvan ik zooeven gesproken heb. Gij hebt mij zelf voorgerekend dat de omtrek van den cirkel, waartoe hij behoorde, 5760 millimeters lang was, welnu, willen wij nu de middellijn van dien cirkel weten, dan vermenigvuldigen wij die 5760 millimeters slechts met 0,3183 . . . en dan verkrijgen wij 1833,4 millimeters, dat is dus de middellijn des cirkels, en deelen wij dit getal door 2, dan hebben wij voor den straal des cirkels, waartoe het boogje $A\ B$ behoort, 916,7 millimeters.

Evenzoo kan men nu met de aarde ook rekenen. Als men nu aanneemt, dat de omtrek der aarde 40 000 000 meters is, dan verkrijgt gij op dezelfde wijze dat de middellijn

$$40\,000\,000 \times 0{,}318\,309\,886$$

of 12 732 395 meters

bedraagt, dus dat is voor den straal

6 366 197,5

meters. Maar dit is nu alles in de vooronderstelling, dat de aarde een bol is, en dus de doorsnede een cirkel.

ABDULLAH. Dat begrijp ik nu alles zeer goed, mijnheer, maar u hebt daar nu nog maar gezegd, als men aanneemt, dat de omtrek der aarde 40 millioen meters is, en dat heb ik op de school ook wel eens gehoord, maar hoe komt men daar nu aan?

DE HEER. Wel, dat zal ik u eens uitleggen, dat is zeer merkwaardig om te weten. Als gij u nu herinnert, wat ik u zooeven van dien cirkelboog $A\ B$, fig. 436, verteld heb, dan zult gij toch wel inzien, dat men, om te komen tot de kennis van den geheelen omtrek der aarde, slechts heeft behoeven te weten een gedeelte van dien omtrek, dus de lengte van zulk een boog op de aarde. Dat hebben reeds de Grieken begrepen, 2000 jaar geleden, en zoo is het ook een grieksch sterrekundige, Eratosthenes geweest, die het eerst beproefd heeft de grootte der aarde te bepalen. En hoe deed hij dat? Hij had opgemerkt dat den 20 Juni, als de zon zoo noorde-

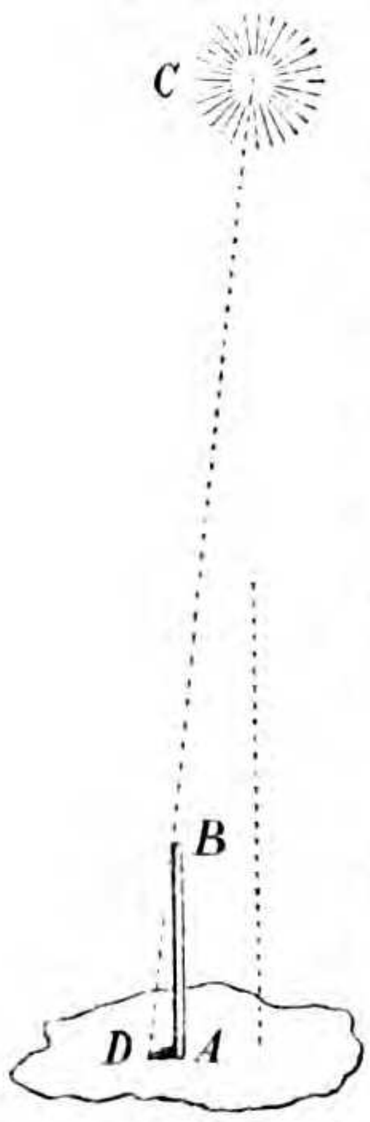
lijk mogelijk was, de zon juist over het toppunt van Syene, eene stad in Egypte, doorging.

Fig. 437.

Dat wist men daardoor, dat als men dan op dien dag, op den middag in eene diepe put zag, men de zon zich juist in het water van de put zag spiegelen. En wanneer men eene stift $A\,B$, fig. 437, met behulp van een paslood recht overeind zette, dan gaf die stift op hetzelfde oogenblik van den middag geene schaduw, omdat de zon in de richting van die stift zelve in C stond.

Maar in Alexandrië, dat insgelijks in Egypte, maar noordelijk lag, bleef de zon ook in Juni nog altijd ten zuiden van het zenith, zie fig. 438, zoodat de schaduw van eene dergelijke recht opstaande stift $A\,B$ aan de noordzijde viel, namelijk langs $A\,D$, en iets langer was dan één achtste gedeelte van $A\,B$, zoodat Eratosthenes daaruit besloot

Fig. 438.



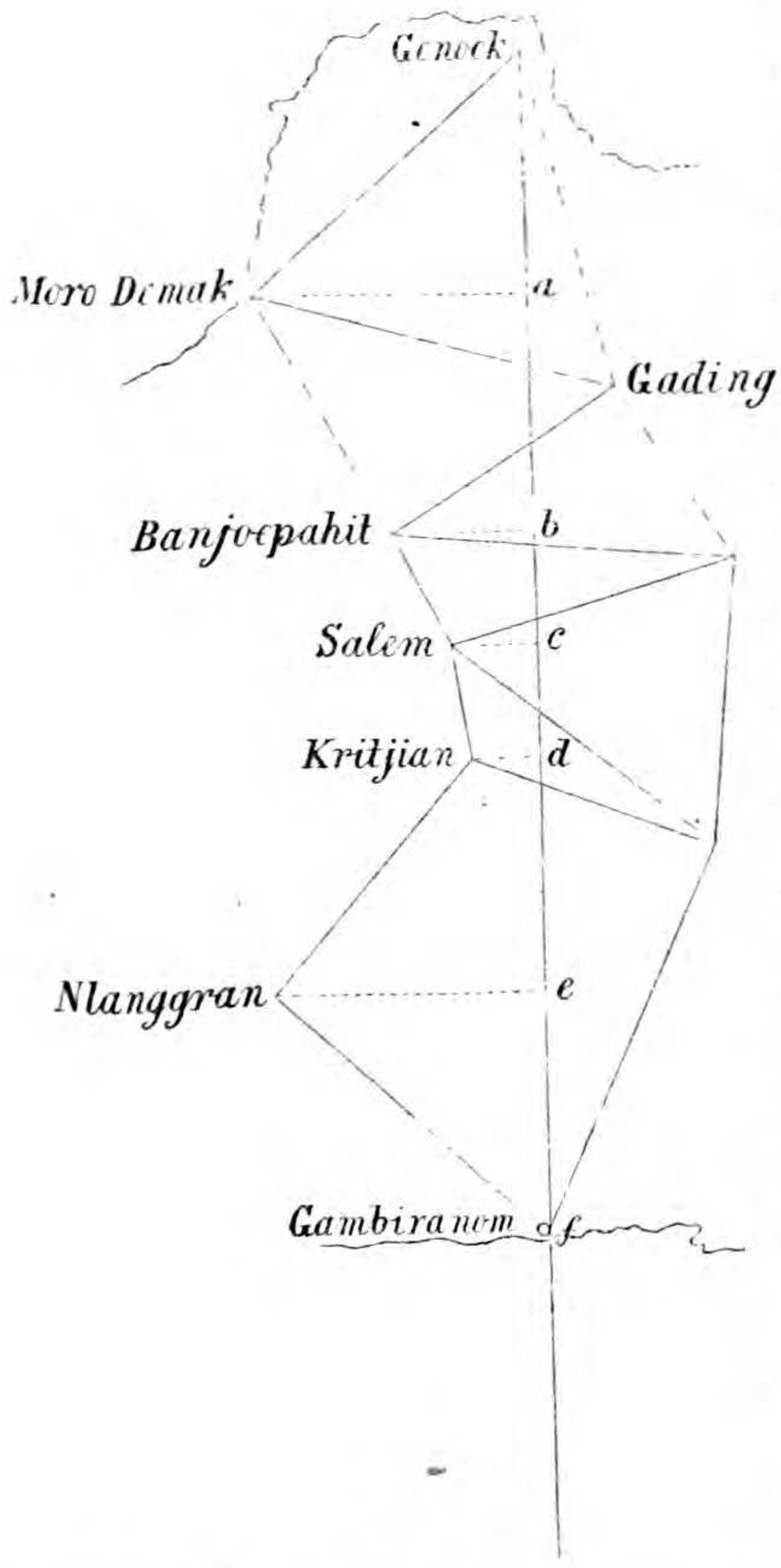
dat de hoek $A\,B\,D$ groot was $7^\circ\ 12'$. Dit is nu juist één vijftigste gedeelte van 360 graden, dus besloot hij dat de omtrek der aarde 50 maal grooter moet zijn dan de afstand van Alexandrië tot Syene, die door reizigers van dien tijd werd opgegeven, 5 000 stadiën te bedragen. Dus, redeneerde Eratosthenes, is de omtrek der aarde $50 \times 5\,000$ of 250 000 stadiën. Ongelukkig is het niet juist bekend, hoe groot de stadië was, die toen ter tijd in Egypte in gebruik was, maar als men de waarde daarvoor aanneemt, die men aan sommige opgaven van grieksche schrijvers ontleenen kan, namelijk dat 1 stadië = 185 meters nagenoeg is, dan blijkt het, dat die meting van Eratosthenes een weinig te groote uitkomst heeft opgeleverd.

Na Eratosthenes is nog eens door een anderen griekschen wiskundige eene dergelijke proef gedaan, maar die proeven

waren zeer onvolkomen. Want die twee steden, Alexandrië en Syene, lagen niet eens op denzelfden meridiaan, en de weg, dien de karavanen volgden, om van Alexandrië naar Syene en terug te reizen, was geen rechte weg. Gij zult dus wel begrijpen, dat de uitkomst onmogelijk goed kon zijn.

Later heeft men dat dan ook beter gedaan, en een hollandsch geleerde, met name Snellius, die te Leiden hoogleeraar was, een zeer beroemd man, heeft het eerst den weg aangewezen dien men moest volgen, om juist de lengte van een boog van den meridiaan te meten. Want daar men toch moeilijk langs een meridiaan, over bergen en dalen, rivieren en meren heen, groote einden kan afmeten, moet daarvoor een kunstmiddel gebruikt worden en dat kunstmiddel bedacht Snellius. Het bestaat in niets anders dan de triangulatie, waarvan ik u vroeger reeds een denkbeeld gegeven heb. (2e stukje, § 78.) Ik heb u toen eene figuur, 159, laten zien, waaruit toen bleek, dat Genoek in Japara en Gambiranom in Patjitan nagenoeg noord-zuid van elkander liggen. Als nu door de methode, die ik u uitlegde, toen ik u die figuur liet zien, al de zijden van het driehoekennet bekend zijn, en als dan ook bekend is,

Fig. 439.



hoe de lijn Genoek-Moro Demak gericht is, dan kan men zich verbeelden, dat er, fig. 439, over Java de meridiaan van Genoek getrokken is, Genoek *a b c d e f*. Voorts kan men zich voorstellen dat uit eene reeks hoekpunten Moro Demak, Banjoepahit, Salem, Kritjian, Nglanggran, Gambiranom loodlijnen op dien meridiaan getrokken zijn, die in de punten *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* uitkomen, en dan kan men door de wiskunde licht berekenen, hoe groot de stukken Genoek-*a*, *a b*, *b c*, *c d*, *d e*, *e f*, zijn; telt men die op, dan verkrijgt men de geheele lengte Genoek-*f* in meters.

Maar nu stel ik, dat, zoowel te Genoek als te Gambiranom, de poolshoogte der plaats door middel van sterren bepaald is, en dat men bijv. verkregen heeft

Genoek	6°	26′	53″,2	Z.	Breedte.
Gambiranom	8	9	25 ,4	„	„ .

Dan vindt men door aftrekking hoeveel graden tusschen Genoek en Gambiranom in liggen, en deelt men nu het aantal meters door het aantal graden, dan verkrijgt men hoeveel meters op Java één graad bedraagt.

En als de aarde een bol was, of als men niet naar de hoogste nauwkeurigheid verlangt, dan behoeft men die lengte slechts met 360 te vermenigvuldigen om den geheelen omtrek der aarde te kennen, en daaruit zou men dan de middellijn en den straal kunnen afleiden.

---

§ 241.

OVER DE GROOTTE DER AARDE, LETTENDE OP HARE AFGEPLATTE GEDAANTE. HOE DE METER ONTSTAAN IS.

ABDULLAH. En heeft men op die wijze dan gevonden, dat de omtrek der aarde 40 millioen meters was?

DE HEER. O neen, toen in de achttiende eeuw de verschil-

lende triangulaties gedaan werden, waaruit men den omtrek der aarde wilde afleiden, bestond de meter nog niet, die is eerst later ingevoerd, zooals ik u zal vertellen.

Bij die triangulaties werd als maat gebruikt de fransche voet, of liever eene maat van 6 fransche voeten, de zoogenaamde fransche *toise*.

En bij het berekenen van den omtrek der aarde werd in aanmerking genomen dat de aarde niet bolrond was, maar afgeplat.

Gij zult dit wel gemakkelijk begrijpen, als gij u maar herinnert wat ik u al vroeger heb uitgelegd.

Ik heb u namelijk vroeger, 2e stukje, § 81, medegedeeld, dat als een reiziger zich van de evennachtslijn noord- en zuidwaarts begeeft, en als hij van de noodige instrumenten voorzien is, om door middel der sterren de hoogte der pool boven zijnen horizon te bepalen, en indien hij dan telkens, wanneer hij een graad noordelijker (of zuidelijker) gekomen is, eenen pilaar in den grond zet, dat hij dan bij het nameten bemerken zou, dat de afstand van twee op elkander volgende pilaren grooter en grooter werd, naarmate hij zich van de evennachtslijn verwijderde.

Fig. 167 (in het 2e stukje) strekte om dit duidelijk te maken. A is een punt in de evennachtslijn en van A tot F, is de toename der poolshoogte even groot als van G tot H, en als van I tot C, maar op de oppervlakte der aarde gemeten, bezat $A\,F$ een kleiner aantal meters dan $G\,H$ en $G\,H$ weder een kleiner dan $I\,C$.

Ik heb u vroeger eens gesproken van twee fransche commissies, waarvan de eene naar Peru in Zuid-Amerika, de andere naar Lapland ging, beide met het doel om de lengte van een graad te meten. Beide die fransche commissies hebben ook dergelijke triangulaties verricht als waarvan fig. 159 u een voorbeeld gaf, en beide hebben op diezelfde wijze de lengte van één graad gemeten. Zooals ik u zeide was de maat, die zij daarbij gebruikten, de fransche toise.

De peruaansche commissie kreeg als einduitkomst dat aan de evennachtslijn één graad gelijk was aan 56749 toises.

Evenzoo vond de commissie, die naar Lapland vertrokken was, dat aldaar een graad in den meridiaan = 57438 toises was. Het midden van den gemeten boog was op 66° 20′ noorderbreedte.

Daaruit alleen kan men door de wiskunde al berekenen, hoeveel het verschil is tusschen de middellijn $A\,B$ van de evennachtslijn en de middellijn $C\,D$ die tusschen de polen begrepen is.

Maar sedert dien tijd hebben de regeeringen der verschillende staten in verschillende werelddeelen een aantal dergelijke metingen van bogen van een meridiaan doen uitvoeren.

Zeer beroemd zijn de nauwkeurige metingen die op het einde der achttiende eeuw in Frankrijk en Spanje zijn uitgevoerd. Toen werden door fransche geleerden, tusschen Duinkerken en Barcelona een aantal driehoeken gemeten, op dezelfde wijze als ik u omtrent Java uitgelegd heb. Men vond tusschen die twee plaatsen een verschil van 9,6738 graden en in toises: 551584,72 toises. Gij ziet welk een groote arbeid dit geweest is, de lengte van geheel Java, van Javahoofd (de westpunt bij Prinsen-eiland) tot het schiereiland Blambangan, in Banjoeangie is nog iets minder lang.

Uit deze meting en die van Peru, werd afgeleid dat de afplatting bedroeg $\frac{1}{334}$, dat wil zeggen, dat als de middellijn van de evennachtslijn was 334, alsdan de middellijn tusschen de polen was 333, en evenzoo dat de omtrek van de geheele aarde, over den meridiaan gemeten = 20 522 963 toises was.

Nu bestond er toen ter tijd in de maten en gewichten eene groote verwarring, niet alleen in Frankrijk, maar ook in Nederland en in andere staten. Elke koopstad had hare eigene maten, dus voor de geweven goederen hare *el*, voor alles, wat gewogen werd, haar *pond*, voor hetgeen gemeten werd haar *mud* of *schepel*. Voor de lengte waren er evenzoo een aantal voeten in gebruik. Dit alles gaf in den handel veel last, en men verlangde er sterk naar, dat er in die maten en gewichten éénheid kwam.

Daarom werd toen in Frankrijk besloten in plaats van de toises eene nieuwe maat in te voeren, die den naam zou dragen van *meter*. Men nam aan, dat de geheele omtrek der aarde = 40 000 000 meters zou zijn; daardoor werd dus die meter gelijk aan een 40 000 000ste gedeelte van 20 522 963 of aan

0,513 074

toise.

Toen werden in Frankrijk niet alleen de fransche ellen, maar ook een aantal andere maten en gewichten afgeschaft. Voor de lengtematen werd aangenomen de *meter*, de veelvouden en de onderdeelen van den meter; voor de inhoudsmaten de *liter*, waarvan de inhoud gelijk is aan een kubieken decimeter, zooals gij dit alles op de school geleerd hebt; evenzoo voor het gewicht werd als eenheid aangenomen het *kilogram*, dat zoo zwaar is als een liter water, dat op 4° Celsius warmte gebracht is, op welke temperatuur het het meest ingekrompen is. De ponden, mudden, schepels van vroegeren tijd werden, evenals de ellen, die in verschillende steden anders waren, afgeschaft.

Nederland en Italië waren de eerste staten, die het voorbeeld van Frankrijk volgden; in Nederlandsch-Indië zijn echter nog verscheidene der oude maten en gewichten in gebruik. Maar dit alles hebt gij op de school zeker wel geleerd.

ABDULLAH. O ja, mijnheer, maar mag ik u nu wat vragen. Als men nu den geheelen omtrek van de aarde over den meridiaan mat, zou die dan juist 40 millioen meters zijn?

DE HEER. Dat is later gebleken niet zoo heel juist te zijn. De aarde is niet geheel rond, alsof zij op eene draaibank is afgedraaid; en nu weet gij bovendien, dat bij zulk eene meting van een graad twee bepalingen van poolshoogte gedaan moeten worden, eene aan het noordelijke en eene aan het zuidelijke uiteinde van den boog, dien men meet. Daarbij kunnen nu licht kleine foutjes begaan worden, en wat van

meer beteekenis is, die aantrekkingen van bergen, waarvan ik u vroeger gesproken heb, kunnen ook maken, dat de poolshoogten hier en daar eene kleinigheid te groot of te klein gevonden worden.

Nu hebben er, zooals ik u zeide, in verscheidene landen van die zoogenaamde *graadmetingen* plaats gehad, in Engeland, Denemarken, Pruisen, Italië, Rusland, Zweden en Noorwegen, en ook buiten Europa, in Britsch-Indië, Noord-Amerika en Kaapland.

Het spreekt wel van zelf, dat men de aarde daardoor hoe langer hoe nauwkeuriger heeft leeren kennen, en het gevolg daarvan is geweest, dat, als men voor den meter aanneemt de waarde van 0,513 074 toise, zooals de metingen in Frankrijk en Peru gegeven hebben, alsdan het vierde gedeelte van den meridiaan der aarde, dat is dus van de pool tot de evennachtslijn, telkens een klein weinig anders gevonden werd, naarmate van de metingen, die men bij de berekening gebruikte. Gereeld bleek het, dat die kwart meridiaan niet is 10 000 000 meters, maar een weinig meer. Hoeveel, is onmogelijk met zekerheid te zeggen, en het is ook natuurlijk zeer verschillend, naar gelang van de geographische lengte, waarop men de lengte van een meridiaan meet.

Uit een aantal metingen berekende een beroemd sterrekundige, met name Bessel, in het jaar 1841 den omtrek der aarde langs den meridiaan en hij vond voor een vierde gedeelte daarvan 10 000 859 meters.

De straal der evennachtslijn	6 377 400	„
„ „ aan de pool	6 356 080	„

Deze getallen worden nog altijd veel gebruikt; zij staan vrij nabij tot elkander als 300 : 299. Met die getallen is ook berekend het tafeltje dat ik u vroeger eens gegeven heb, waarin gij de waarde van ééne sekonde lengte en ééne sekonde breedte vinden kunt (2e stukje § 82).

Maar na het jaar 1841 zijn er weder een aantal metingen uitgevoerd; en daarop kan men natuurlijk betere berekeningen

laten berusten. Dit heeft nu onlangs weer een duitsch geleerde, met name Prof. Listing gedaan, en hij vond:

Een vierde van den omtrek der aarde	=	10 000 205	meters,
den straal van de evennachtslijn	=	6 377 377	„
„ „ aan de pool	=	6 355 270	„

Gij ziet dus, hoeveel dit nog schelen kan. Volgens deze laatste berekening is de verhouding van den straal der evennachtslijn tot den straal aan de pool als van 288,5 tot 287,5.

Gij ziet dus wel dat er omtrent den vorm der aarde, en ook omtrent hare juiste grootte, eenige onzekerheid heerscht. Maar voor alle doeleinden, weet men nu toch nauwkeurig genoeg, hoe groot onze aarde is.

Als wij nu in de sterrekunde den afstand van de maan of van de zon tot de aarde willen vinden, dan nemen wij den straal van de evennachtslijn der aarde als eenheid aan, dus is het ons mogelijk, zoo wij dat verkiezen, diezelfde afstanden ook in meters te weten.

Maar wanneer wij nu de afstanden der vaste sterren zoeken, dan moeten wij weder eene grootere maat gebruiken, namelijk, zooals gij u wel herinnert, den afstand van de aarde tot de zon; als die nu in meters berekend is, dan zou men zulk een afstand, bijvoorbeeld van alpha van Centaurus, ook in meters kunnen uitdrukken. Dit hebben wij nu niet noodig, maar ik wilde u nu maar dit doen opmerken, dat door al die onderzoekingen men tegenwoordig zoo ver is, dat men alle afstanden, zoowel de kleinere op de aarde, als de grootere, waarmede de sterrekunde zich bezig houdt, in dezelfde maat kan uitdrukken.

ZESDE HOOFDSTUK.

Over de natuurlijke gesteldheid der Maan.

---

§ 242.

VLEKKEN OP DE MAAN. DE MAAN DRAAIT OM HARE AS IN DENZELFDEN TIJD ALS ZIJ OM DE AARDE WENTELT.

DE HEER. Wel Abdullah, wij zullen nu weder eens over iets anders spreken, en wel over een hemellichaam, waarvan ik u al een en ander heb medegedeeld, ik bedoel over de maan.

Wat de beweging der maan betreft, die hebben wij al vroeger behandeld, daar zullen wij het dus nu niet over hebben, maar ik wilde u het een en ander vertellen omtrent het lichaam der maan zelve.

ABDULLAH. Wel mijnheer, daar ben ik heel nieuwsgierig naar, ik heb de maan al zoo dikwijls 's avonds bekeken, en dan heb ik dikwijls over sommige dingen zitten nadenken.

DE HEER. En waarover hebt gij dan zoo al nagedacht?

ABDULLAH. Wel mijnheer, als ik 's avonds de maan bezie, vooral als zij vol is, dan zie ik er altijd vlekken in, ik heb al nagedacht, wat toch die vlekken zijn; en dan heb ik op-

gemerkt, dat die vlekken zich altijd op dezelfde wijs vertoonen; de maan ziet er als zij vol is, altijd precies hetzelfde uit, zoodat ik al gedacht hebt: de aarde draait om eene as, en de zon draait om eene as, zou de maan ook niet om eene as draaien? Maar dat schijnt niet zoo te zijn, want dan zou de maan er niet altijd eenerlei uitzien. Dan heb ik nog iets opgemerkt, dat mij vreemd voorkwam, nl. er is een grootere donkere vlek op de maan, die is dan eens aan de onderzijde, dan eens op zijde te zien, even alsof de maan aan den hemel omdraaide, zooals een bord op eene tafel kan ronddraaien.

DE HEER. Aan den eenen kant hebt gij weder goed opgelet, aan den anderen kant hebt gij niet geheel juist geredeneerd.

Het is waar, dat de maan vlekken bezit, die gij elken avond zeer nabij op dezelfde wijze op hare schijf zult terugvinden, en het is ook waar, dat dezelfde vlek niet altijd aan dezelfde zijde te vinden is. Waarom dit zoo is, zult gij gemakkelijk inzien als gij bedenkt, dat het noordelijkste punt der maanschijf gekeerd is naar des hemels noordpool, die op Java onder den horizon, en wel onder het noorden ligt, en het zuidelijkste punt naar des hemels zuidpool, die op Java boven den horizon, en wel eenige graden boven het zuiden is. Komt dus de maan in het oosten op, dan is het noordelijkste punt der maanschijf aan de linker-, het zuidelijkste punt aan de rechterhand. Maar gaat de maan in het westen onder, dan is daarentegen het noordelijkste punt aan de rechter-, het zuidelijkste punt aan de linkerzijde.

Is de maan juist in den meridiaan van den hemel, dan zijn het noord- en het zuidpunt zeer gemakkelijk te onderkennen, als men er maar op let, waar het noorden en zuiden is. Maar voor iemand, die rechtopstaande naar de maan ziet, is het nog niet hetzelfde of de maan, als zij in den meridiaan van den hemel is, in het noorden staat, of in het zuiden. In December is de zon zuidelijk van de evennachtslijn des hemels, maar bij volle maan staat de maan tegenover de zon, dus staat in December de maan, als zij vol is, noordelijk van de evennachts-

lijn des hemels. De evennachtslijn des hemels loopt voor de bewoners van Java toch al eenige graden benoorden hun toppunt, dus ziet gij wel dat in December de volle maan altijd noordelijk van ons toppunt door den meridiaan gaat. Dan is het noordelijkste punt der maanschijf dus het onderste.

In Juni daarentegen staat de zon noordelijk van de evennachtslijn des hemels; dus de volle maan zuidelijk van dezelfde evennachtslijn, en wel zooveel zuidelijk dat zij dan ook altijd bezuiden ons toppunt door den meridiaan gaat. Dan is het bovenste punt der maanschijf het noordelijkste.

Hier ziet gij dus vier figuren, plaat VII, die alle vier de volle maan aanduiden, maar fig. 440 als zij in het oosten, fig. 441 als zij aan den zuidkant in den meridiaan is, fig. 442 als zij in het westen, en fig. 443 als zij aan den noordkant in den meridiaan is.

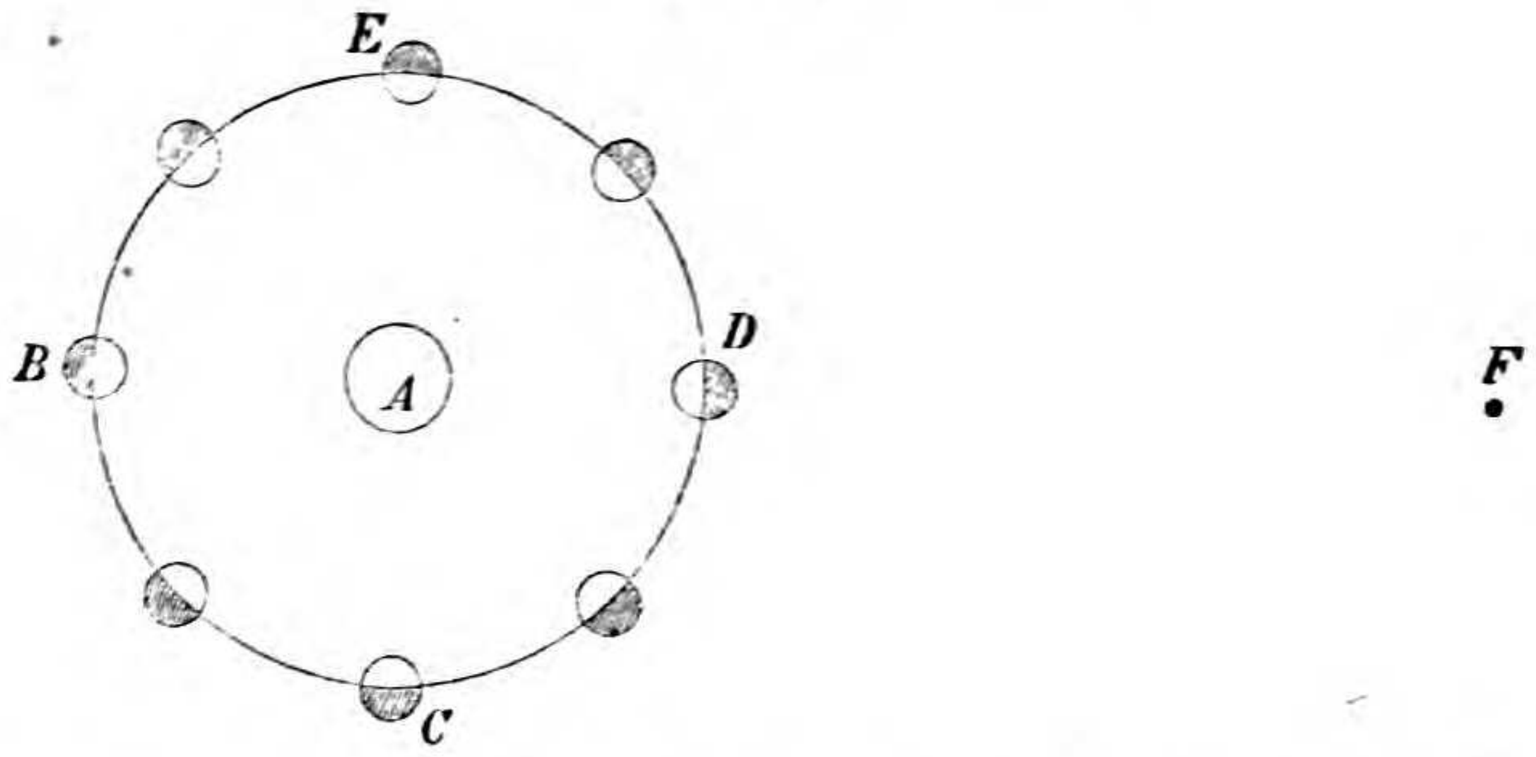
Dus die groote donkere vlek, die, als de maan in het oosten is, onderaan is, moet wel, als de maan in het zuiden staat, aan de linkerhand gezocht worden. Dat is dus geen gevolg van eene draaiing van de maan, maar eenvoudig daarvan dat het noordelijkste punt der maan, als de maan zich aan den hemel voortbeweegt, zich schijnt te verplaatsen.

Al dat draaien der maan valt van zelf weg, als men bij de beschouwing der maan op den grond ligt in de richting van het noorden naar het zuiden en wel met het hoofd naar het noorden gekeerd. Als men dan naar de maan kijkt, dan is in alle gevallen, hetzij de maan pas op is, of in den meridiaan is, of bijna ondergaat, het noordpunt naar ons hoofd, het oostpunt naar de linker-, en het westpunt naar de rechterhand gekeerd.

Maar nu komen wij aan het tweede punt. Gij hebt gezegd: de maan schijnt dus niet om een as te draaien, en daarin hebt gij het mis. De aarde A, fig. 444, staat in het middelpunt van den kring $BCDE$, dien de maan in 27 dagen, 7 uren en 43 minuten beschrijft. Nu draait de maan altijd dezelfde zijde naar ons toe; in deze figuur is dat zichtbare gedeelte in B, C,

D en *E* blank gelaten, en het onzichtbare gedeelte gestreept.

Fig. 444.



Iemand die zich nu in *A* bevindt, zegt: ik zie altijd denzelfden kant van de maan; maar verplaats u nu eens in uwe gedachten naar een punt *F* buiten den loopbaan der maan. Als iemand uit zulk een punt de maan gedurende eene maand aanhoudend beschouwt, dan ziet hij, als de maan in of dichtbij *B* is, het geheele blanke gedeelte; is de maan in *C*, dan ziet hij links de helft van het zwarte, en rechts de helft van het blanke gedeelte, is de maan in *D*, het geheele zwarte gedeelte, enz. Zoo iemand oordeelt dus geheel anders, hij ziet ten duidelijkste, dat de maan wel degelijk om eene as draait, en wel juist in denzelfden tijd, dat de maan om de aarde draait.

Dit is iets zeer merkwaardigs. Bij de aarde, die zich om de zon beweegt in den tijd van een jaar, is dit geheel anders, en van de zon gezien, zou iemand van de aarde ook volstrekt niet altijd dezelfde zijde zien, maar men zou de aarde duidelijk zien omwentelen.

De maan daarentegen draait om de aarde in 27 dagen, 7 uren, 43 minuten, en ook in denzelfden tijd draait de maan om hare as.

ABDULLAH. Maar dat is toch zonderling; hoe komt dat dan?

DE HEER. Dat heeft de groote Newton het eerst uitgelegd, van wien ik u al meer verteld heb. De reden kan namelijk tweeërlei zijn; òf dat de maan niet geheel rond is, namelijk een weinig langwerpig, in de richting naar de aarde, òf dat

binnen de maan de stoffen niet regelmatig om het middelpunt verdeeld zijn, maar dat er zich aan den eenen kant, die nu naar de aarde gekeerd is, meer zware stoffen bevinden, dan naar de tegenovergestelde zijde.

Het is zeer merkwaardig dat die overeenkomst bestaat. Wij zien altijd nagenoeg hetzelfde gedeelte van de maansoppervlakte, en het andere gedeelte zien wij nooit, het blijft altijd van ons afgekeerd.

---

§ 243.

MEENING VAN SOMMIGE GRIEKSCHE WIJSGEEREN OMTRENT DE VLEKKEN IN DE MAAN.

Laat ons nu weder tot die vlekken terugkeeren, waarvan gij mij vraagdet wat zij toch wel zijn.

Over die vlekken in de maan hebben de wijsgeeren bij de Grieken al nagedacht; sommigen verbeeldden zich, dat de maan een spiegel was, en dat men er de landen en zeeën van de aarde zich in zag spiegelen, maar het is niet moeielijk dit te weerleggen.

Want ten eerste geven de verschillende schijnbare vormen of zoogenaamde schijngestalten der maan, namelijk dat de maan zich dan eens als een sikkel, dan als eerste kwartier, dan weder als vol vertoont, genoegzaam aan, dat de maan een bol is. Ware de maan een platte spiegel, dan zoude zij niet dien sikkel- of kwartiervorm kunnen vertoonen, maar de zijde die naar ons toegekeerd is, zou van eerste kwartier tot laatste kwartier geheel in het licht, en van laatste kwartier tot eerste kwartier geheel in de schaduw zijn.

Was de bedoeling, dat de maan een spiegelende bol was, evenals mogelijk zou zijn, als zij geheel uit water of kwik bestond, dan zouden wij de aarde er wel in kunnen zien spiegelen, maar die zouden wij dan alleen als een klein rond vlekje in het midden zien.

Er zijn dergelijke bolronde spiegels, die somtijds eene middel-

lijn hebben van twee of meer decimeters en die sommige heeren voor sieraad in hun tuin plaatsen; als men dan op eenigen afstand naar dien spiegel ziet, dan ziet men zijn eigen hoofd zeer klein daarin teruggekaatst.

Maar nog om eene andere reden is het wel duidelijk, dat de maan geen spiegel zijn kan, waarin wij de aarde teruggekaatst zien, en die is dat wij in dat geval ook den vorm der werelddeelen van onze aarde, Europa, Azië, Afrika, Amerika en Australië, daarin zouden moeten onderkennen; dit is nu het geval niet, de vlekken op de maan toonen geene overeenkomst met die werelddeelen. Ook draait de aarde om hare as, en in 12 uur draait zij half rond, als men dus oplette hoe de vlekken er uitzien, als de maan in het oosten opkomt, en dan verder van uur tot uur, dan zouden wij daarin gedurig verandering moeten zien, men zou in de maan eene afspiegeling moeten zien van de wenteling der aarde om hare as, en als de maan ongeveer 12 uur later in het westen ondergaat, dan zouden wij juist de andere helft moeten gespiegeld zien. En dat is ook weder niet zoo, de vlekken veranderen niet in den loop van eenen avond, maar blijven gelijk, zooals gij zelf hebt opgemerkt.

---

§ 244.

LATERE MEENING OMTRENT DE VLEKKEN DER MAAN. ZIJ WERDEN VOOR ZEEËN GEHOUDEN, EN ZIJN MISSCHIEN OOK ZEEËN GEWEEST.

ABDULLAH. Maar mijnheer, ik geloof dat ik dan wel begrijp, wat die vlekken op de maan zijn.

DE HEER. En wat denkt gij er dan van?

ABDULLAH. Wel, ik heb gedacht, hier op de aarde is land en zee, dat is misschien op de maan ook wel zoo, en het zou mij niet verwonderen, als die vlekken op de maan zeeën waren.

DE HEER. Juist op dezelfde wijze als gij nu doet, hebben

vroeger sommige menschen ook wel gedacht, en hier zou ook zooveel niet tegen zijn; zoolang men met het bloote oog de maan beziet, kan men niet beslissen of dat zoo is of niet.

Maar anders wordt de zaak als men de maan met een verrekijker beschouwt. Dan ziet men spoedig, dat die vlekken geene zeeën zijn, maar uitgebreide plekken, die, als zij door de zon beschenen worden, minder lichtgevend zijn dan de overige plekken, die er witter en helderder uitzien. Men ziet in die groote vlekken bergen en kraters en andere oneffenheden van den bodem, en die ziet men altijd op dezelfde wijs. Die groote vlekken zijn dus geene zeeën.

Hier op de aarde zijn ook niet alle gronden even helder. Kleigrond is niet zoo helder als kalkgrond, en alle kleigrond is ook niet eens even helder. Zoo moet het nu op de maan ook zijn. Door een kijker ziet men gronden van zeer verschillende helderheid, van zeer helder af tot tamelijk donker toe. Die vlekken zijn dus zonder twijfel groote stukken grond, die minder helder zijn dan het overige gedeelte van de maansoppervlakte, dat bijvoorbeeld dicht bij de zuidpool der maan ligt.

Beziet men nu de geheele oppervlakte der maan, zooals die in fig. 440—43 is afgebeeld, die naar eene schoone photographie zijn vervaardigd, dan ziet men toch dat die vlekken alle een afgeronden vorm hebben. Ook zijn er weinig verhevenheden of diepten in die vlakten, zoodat het toch waarschijnlijk wordt dat die donkere vlekken vroeger zeeën of meren geweest zijn.

Het water van die zeeën of meren zou dan verdwenen zijn, maar die zeeën zullen wel evenals op de aarde het geval is, slib hebben laten zinken, en dit schijnt het licht der zon niet zoo goed terug te kaatsen als de andere gedeelten van de maansoppervlakte.

§ 245.

ZOO ER EEN DAMPKRING OP DE MAAN IS, IS HIJ VEEL DUNNER DAN DIE VAN DE AARDE.

ABDULLAH. Maar mijnheer, waar is dan dat water gebleven?

DE HEER. Dat is niet bekend. Het is niet aan te nemen, dat de aarde op eene geheel andere wijs en uit geheel andere stoffen zou zijn samengesteld als de maan. Hoe lang het geleden is, dat die beide hemellichamen gevormd zijn, kan niemand gissen, het kan millioenen jaren maar ook even goed billioenen jaren geleden zijn; maar bovendien kan de vorming van de aarde ook even goed zelf millioenen of billioenen jaren geduurd hebben. Niemand kan daarvan eene berekening maken, en de tijd heeft geen begin gehad, en zal ook nooit een einde hebben; en millioen jaren is dus, met betrekking tot dien oneindigen tijd, een klein tijdvak.

Toch is het waarschijnlijk dat de aarde, en evenzoo de maan, niet altijd geweest zijn, zooals zij nu zijn, bollen, van die grootte als wij ze nu kennen. Het gebeurt nog telken jare dat er uit de hemelruimte steenen op de aarde vallen, dit zal vroeger ook wel zoo geweest zijn, en het is waarschijnlijk dat de deeltjes, die thans de aarde en de maan samenstellen, vroeger in de wereldruimte zijn verspreid geweest.

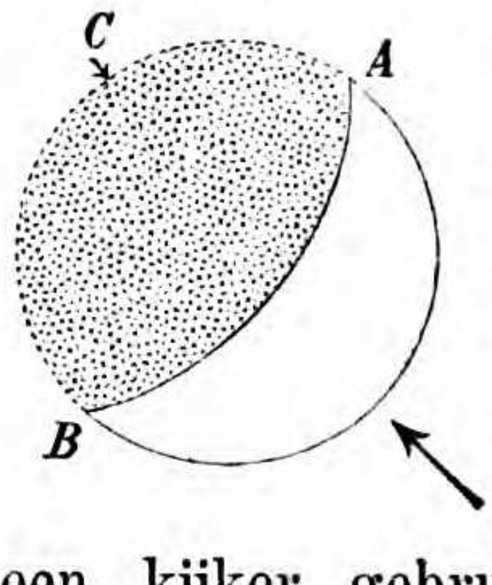
Het wordt zelfs als waarschijnlijk gerekend, dat de aarde, evenals ik u vroeger verteld heb, dat men van de zon ook gelooft, uit een nevel ontstaan is, waarvan de deeltjes elkander hebben aangetrokken, en zich dus vereenigd hebben. Maar dan is dat met de maan ook het geval geweest. Het is, zooals ik zeide, niet waarschijnlijk dat de maan oorspronkelijk zóó geheel verschillend van de aarde gevormd is, dat, terwijl op de aarde veel water voorkomt, dit bij de maan niet aanwezig zou zijn geweest.

Waar dit water dan gebleven is, is moeilijk te zeggen of te gissen. Het waarschijnlijkst is nog dat het in den grond getrokken is, en dat de koude in het binnenste der maan veel

sterker is dan hier op de aarde, zoodat dat water in het binnenste der maan misschien wel geheel bevroren is.

Eene andere bijzonderheid der maan is deze, dat zoo de maan al een dampkring bezit, deze wellicht duizendmaal dunner of liever ijler is dan die van de aarde. Dit kan men duidelijk telkens zien, als de maan over eene ster gaat. Gij herinnert u wellicht dat ik u vroeger eens gezegd heb, dat dit nog al eens gebeurt, en dat de sterrekundigen zeer goed de lengte der plaats kunnen berekenen, waar zij zich bevinden, alleen door, op een uurwerk, het juiste oogenblik waar te nemen, waarop de ster bedekt wordt.

Fig. 445.

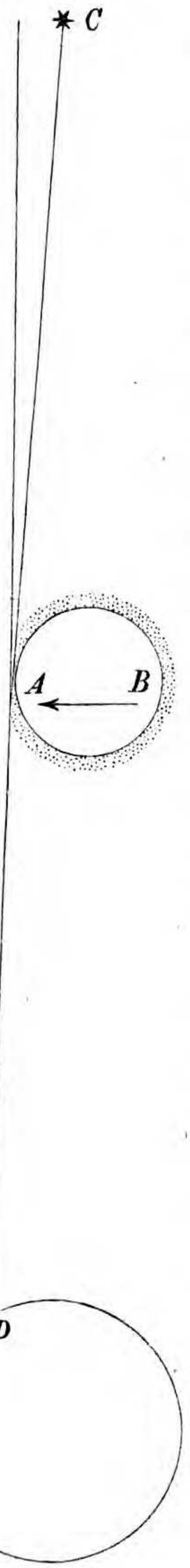


Indien nu, fig. 445, de maan zich in de richting van het pijltje beweegt en er is ergens op haren weg eene ster C, die door het donkere gedeelte der maan bedekt wordt, dan blijft men die ster zien tot het oogenblik dat zij bedekt wordt en dan is zij plotseling verdwenen. Men moet voor die waarneming een kijker gebruiken, want alleen de helderste sterren kan men nog met het bloote oog onderscheiden, als zij zoo dicht bij de maan staan.

Indien nu de maan een dampkring bezit, dan zal de ster nog eenigen tijd langer zichtbaar blijven. Want zij, in fig. 446, C eene ster, D een waarnemer op de aarde en $A\,B$ de maan. Indien wij van den waarnemer tot aan de ster eene *rechte* lijn $C\,D$ trokken, dan zou ingeval de maan geen dampkring heeft, de ster voor dien waarnemer door het lichaam der maan bedekt worden, zoodra de maan $A\,B$ door hare beweging zoo ver gekomen was, dat zij die lijn $D\,C$ aanraakte, zooals fig. 446 aangeeft; maar indien de maan een dampkring bezit, dan zal het licht der ster, door de zoogenaamde straalbreking, waarvan ik u onlangs gesproken heb (3e stukje § 163), bij A door dien dampkring gaande, gebogen worden en niet in de richting $C\,A$ doorgaan, maar in de richting $A\,D$; als dus de waarnemer in D is, dan ziet hij de ster nog

aan den rand der maan, iets *langer* dan hij haar zien zou, als de maan geen dampkring had.

Fig. 446.



Nu kunnen de sterrekundigen wel berekenen, wanneer een waarnemer op de aarde de ster achter de maan moet zien verdwijnen, als het licht der ster recht doorgaat, en dus in de vooronderstelling dat de maan geen dampkring heeft, maar dan moeten zij zeer nauwkeurig weten, hoe groot de middellijn of de straal der maan zelve is.

Niet lang geleden is die berekening voor honderden van die sterrebedekkingen uitgevoerd, alleen met het doel om te zien of er ook eene straalbuiging uit bleek, ja of neen?

De uitkomst is twijfelachtig geweest. Het verschil bestaat wel. Werkelijk ziet men de sterren die bedekt worden gemiddeld iets langer, dan men verwachten zoude, en moeten zij daarentegen aan de donkere zijde der maan te voorschijn komen, dan komen zij gemiddeld iets vroeger, dan men ze verwachtte. Maar het verschil is zeer gering, het bedraagt slechts ongeveer 4 sekonden. En dan heb ik u zooeven al gezegd, dat men voor die berekening natuurlijk moet weten hoe groot de straal der maan zelve is. Maar die straal is niet zoo scherp aan te geven, want aan den rand zijn bergen en dalen, die men door den kijker zeer goed kan onderscheiden.

Daarom is de uitkomst van dat onderzoek niet geheel zeker, maar toch is het niet geheel vruchteloos

geweest. Zooveel is er wel uit gebleken, dat de buiging die de lichtstralen der sterren door den dampkring der maan ondergaan, stellig duizend malen minder is dan de buiging die de lichtstralen der hemellichamen door den dampkring der aarde ondergaan.

Nu weten wij niet eens, zoo er al een dampkring op de maan bestaat, of die dan uit dezelfde lucht bestaat als de dampkring der aarde. Maar is dit het geval, dan is zij stellig en zeker zoo ijl, dat geen mensch of dier erin zou kunnen leven.

ABDULLAH. Maar mijnheer, zou dan de maan niet bewoond zijn?

DE HEER. Die vraag is moeilijk te beantwoorden. Wij kennen op onze aarde duizenden en tienduizenden soorten van dieren. Ook de mensch is een dier. Die verschillende dieren kan men in groote afdeelingen verdeelen: de zoogdieren, de kruipende dieren, de vogels, de visschen; de dieren van deze vier afdeelingen hebben alle een ruggegraat, die uit afzonderlijke beentjes bestaat, die men wervels noemt, daarom heeten al deze vier afdeelingen bij elkander gewervelde dieren. Alle andere dieren, die geen ruggegraat hebben, heeten ongewervelde dieren; daaronder behooren de schaaldieren, de spinachtige dieren, de insecten, de weekdieren, de tripangsoorten, de polijpen, waaronder de koraaldieren, enz. Deze verschillende dieren hebben zeer verschillende wijzen van leven, de dieren van de eene afdeeling leven in de lucht, die van de andere afdeeling in het water, nog anderen in den grond.

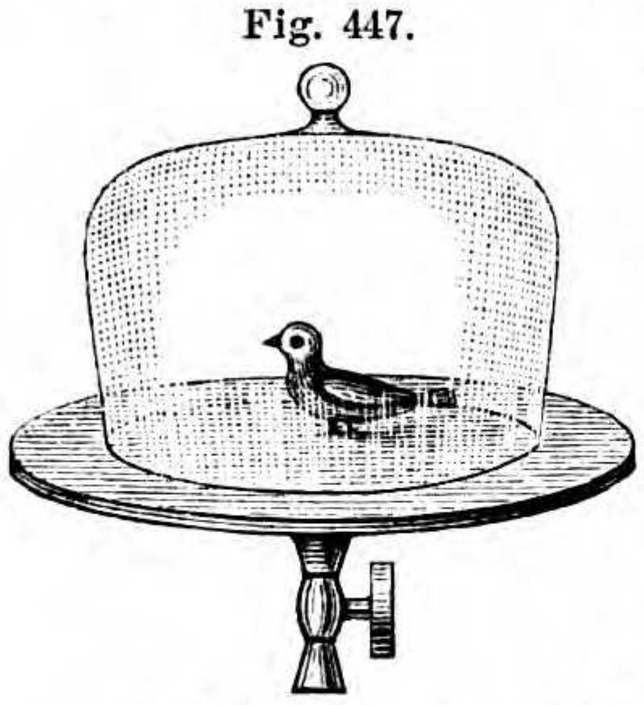
Als wij nu eens geene andere dieren kenden, dan die in de lucht leven, en men vroeg ons eens of wij zouden denken dat er in het water dieren waren, dan zouden wij zeggen: neen, want de dieren hebben lucht noodig om te ademen, en dat kunnen zij in het water niet doen. En dan zouden wij het geheel en al mis hebben, want de zee is misschien nog meer bevolkt dan het land en de lucht; en de visschen ademen in het water wel, maar niet met longen, maar met kieuwen.

Evenzoo, indien wij nooit een vogel of een ander vliegend dier, bijv. eene vleermuis, eene kapel of een tor gezien hadden, zouden wij al licht gelooven, dat het onmogelijk was, zich in de lucht te bewegen, en toch zouden wij ons daarin ook weder vergissen.

Maar één ding kunnen wij toch gerust zeggen. Hoeveel studie de menschen van de dieren en zelfs ook van de planten gemaakt hebben, dit is van alle dieren en van alle planten genoegzaam gebleken, dat zij lucht en water noodig hebben.

Ik heb u vroeger wel eens verteld (1ste stukje, § 4), dat de geleerden een werktuig hebben uitgedacht, om uit eene beslo-ten ruimte, bijv. eene glazen buis, flesch of klok de lucht weg te pompen. Welnu, wanneer men een dier, bijv. een vogel of eene muis, fig. 447, in zulk eene ruimte brengt, dan sterft het dier al zeer spoe-dig, zoodra men de lucht er slechts ten deele uitpompt.

Fig. 447.



In eene lucht, die duizendmaal dunner is dan onze lucht, is het niet mogelijk, dat een dier, welk ook, leeft, en even-min is dit met eene plant het geval, want de planten hebben evenzeer lucht noodig als de dieren.

Maar ook zonder water kan geen dier bestaan. De lucht van onzen dampkring houdt altijd veel waterdamp in; dit kunt gij duidelijk bemerken als gij oplet, hoe eene ijskan of eene kraf met ijskoud water van buiten met water beslaat.

De scheikundigen kunnen de lucht wel geheel droog maken, maar als men in dergelijke droge lucht een dier brengt, droogt het geheel en al uit en sterft spoedig.

Wij kunnen dus wel beweren, dat op de maan geene planten of dieren kunnen leven, evenals die, welke op de aarde gevon-den worden.

§ 246.

OP DE OPPERVLAKTE DER MAAN SCHIJNT EVENZOO GEEN WATER TE ZIJN.

Maar er komt nog iets bij. Niet alleen zien wij met den kijker op de maan geene zeeën, evenals op onze aarde bestaan, ook de randen der maan zien er altijd duidelijk en scherp uit. Nooit zijn die randen door nevels of wolken onduidelijk. Het is zeker, dat, zoo de maan al een dunnen dampkring heeft, er toch geene wolken in drijven evenals in onzen dampkring.

En daardoor komen wij tot een ander besluit, namelijk, dat er zeker op de maan geene uitgebreide meren of plassen of rivieren bestaan; want, indien die bestonden, dan zouden die, vooral als de zon er 14 dagen achtereen op schijnt, geheel moeten verdampen, en als de zon dan weder verdwijnt, en het wordt nacht, dan zou de ontstane waterdamp als wolken zichtbaar moeten worden, of anders een dampkring van waterdamp vormen. Noch van zulke wolken, noch van zulk een dampkring zien wij in den kijker een spoor, zoodat wij wel tot het besluit moeten komen, dat er op de oppervlakte der maan, tegenwoordig althans, geen water meer bestaat.

Of het water, dat er vroeger waarschijnlijk wel bestaan heeft, in den grond getrokken is, daarvan kunnen wij niets zeker weten; het is niet meer dan eene gissing, als wij dit aannemen.

---

§ 247.

OP DE MAAN KAN GEEN VUUR BRANDEN EN BESTAAT GEEN GELUID.

En niet alleen dat wij weten, dat er geen water op de oppervlakte der maan gevonden wordt; maar wanneer wij nu verder doordenken, wat op onze aarde al door middel van de lucht gebeurt, dan komen wij tot treffende uitkomsten.

Zoo hebben de geleerden van alle tijden erover nagedacht, wat er toch eigenlijk gebeurde als iets verbrandde. Eerst omstreeks het jaar 1775 is dit door een fransch scheikundige, met name Lavoisier, in het rechte licht gesteld.

Gij herinnert u wellicht nog wel, wat ik u vroeger (3e stukje, § 140 en 141), omtrent de samenstelling der dampkringslucht en omtrent de verbranding heb medegedeeld, dat namelijk die lucht bestaat uit een mengsel van ééne maat zuurstofgas en vier maten stikstofgas, en dat de lichamen, die verbranden, daarvoor zuurstofgas noodig hebben. In eene ruimte, waarin geene voldoende hoeveelheid zuurstofgas is, kan geen hout of houtskool, kan in één woord niets verbranden.

Zoo er op de maan een dampkring is, dan is die dampkring minstens duizend maal ijler dan die der aarde, en al bestond hij dan uit zuivere zuurstof, dan zou hij toch te ijl zijn, om de verbranding zelfs van licht hout te onderhouden.

Op de maan kan dus geen vuur branden.

Eene andere opmerking is deze. Hoe hooren wij? Hebt gij daar wel eens over nagedacht?

ABDULLAH. Wel mijnheer, dit is eene zonderlinge vraag. Ik hoor met mijne ooren, en zie niet in, dat daar nog meer van te zeggen valt.

DE HEER. Dan hebt gij het geheel en al mis. Daar is heel wat van te zeggen. Hebt gij wel eens in de verte een geweer of kanon zien afschieten? En hebt gij dan nooit iets bijzonders opgemerkt?

ABDULLAH. O ja mijnheer, ik heb opgemerkt dat ik altijd eerst het vuur zie, en daarna pas het geluid hoor.

DE HEER. Juist zoo, maar hoe denkt gij dat dat komt?

ABDULLAH. Wel mijnheer, het geluid heeft eenigen tijd noodig om van het geweer of het kanon tot mij te komen.

DE HEER. Ja wel, dat is ook zoo, maar waarin bestaat dan het geluid, en waarom heeft het tijd noodig om tot u te komen?

ABDULLAH. Dat weet ik niet, mijnheer.

DE HEER. Welnu, dan zal ik het u zeggen. Het geluid bestaat uit trillingen in de lucht, die zich voortplanten, even als eene golf in water. Als gij een steentje in eene rivier werpt, dan ziet gij ronde golven ontstaan, die zich hoe langer hoe verder van de plek verwijderen waar het steentje in het water gevallen is. Maar hoewel die golf voortgaat, gaan de waterdeeltjes zelve niet voort; die gaan slechts op en neer. Dit kunt gij gemakkelijk zien, als gij een kurkje op het water gooit, en er dicht bij een steen, die, als hij door de oppervlakte van het water dringt, eene golf veroorzaakt; dan gaat het kurkje, als de golf het bereikt, wel op en neer, maar verwijdert zich niet met de golf mede.

Het licht bestaat ook wel uit trillingen, maar dit is een geheel ander soort van trillingen, die zich nagenoeg een millioen maal sneller bewegen dan de geluidstrillingen. Zien wij in de verte een kanon afschieten, dan is het licht van het vuur oogenblikkelijk bij ons, maar het geluid heeft eenigen tijd noodig, want het legt in elke sekonde in Indië omtrent 337 meters af.

Fig. 448.

Nu begrijpt gij wel, dat er zonder lucht geen geluid kan zijn. Er bestaat een instrumentje, waarmede men dit zeer goed zien kan. Dat instrumentje is namelijk een schelletje, fig. 448, waar een hamertje op slaat, dat door een uurwerk altijd door blijft slaan. Zet men dat instrumentje nu onder een glazen klok, evenals het vogeltje, waarvan ik u de vorige keer vertelde, en pompt men dan de lucht uit die klok, dan wordt het geluid van den tikker op het schelletje hoe langer hoe zachter, en weldra hoort men die tikken niet meer, hoewel zoo eene luchtpomp toch de lucht niet geheel en al kan wegpompen.

Nu is op de maan in het geheel geene lucht, of, zoo er al lucht is, is die zeer ijl, zoo ijl, dat zij zelfs niet in staat

is, geluidsgolven voort te planten, die onze ooren nog zouden kunnen vernemen.

Er zijn wel eens schrijvers geweest, die eene reis naar de maan beschreven hebben, ofschoon de menschen wel nooit in staat zullen zijn. die reis te doen; die verhalen waren dus ook maar verzonnen; maar stel nu eens, dat het mogelijk was op de maan te komen; wat zouden de menschen, die er aangekomen waren dan vreemd opkijken! Zij zouden niet kunnen ademhalen, want er is geene lucht, of zoo zij er is, is zij veel te ijl om er in te leven. Maar indien nu die reizigers lucht in bussen hadden kunnen medebrengen, zoodat zij eenigen tijd konden ademen, dan zouden zij toch spoedig veel last van droogte krijgen, hunne lippen zouden splijten, evenals hier op Java op hooge bergen wel gebeurt. Zij zouden het van de droogte niet kunnen uithouden.

Indien zij tot elkander wilden spreken, zouden zij elkander niet verstaan, omdat de lucht er ontbreekt, die de geluidgolven moet voortplanten.

Kwamen zij op het donkere gedeelte der maansoppervlakte aan, namelijk dat gedeelte, waar de zon niet schijnt, dan zouden zij het waarschijnlijk zeer koud hebben; maar indien zij hout hadden medegebracht, om een vuur aan te leggen, dan zouden zij tot hun leedwezen bemerken, dat het hout niet wilde branden, en wel uit gebrek aan lucht.

Indien zij in eene flesch wat water hadden medegebracht, en eene spuit, en indien zij wilden beproeven, om met die spuit water uit de flesch te zuigen en daarmede te spuiten, dan zouden zij ook al teleurgesteld worden. Het water zou zeker niet in de spuit opstijgen, al haalden zij den zuiger op; en waarom niet? Omdat de lucht er niet is, die buiten op de oppervlakte zou moeten drukken, evenals bij ons, hier op de aarde, het geval is. als wij water met eene spuit willen ophalen.

Evenmin zou het mogelijk zijn, op de maan eene pomp of eene brandspuit te gebruiken, want ook die werken alleen door de drukking der lucht.

Waar geen lucht is, is ook geen weersgesteldheid; slecht weer, nevel, regen, sneeuw, hagel, wolken, onweer, storm, enz., zijn dus allen op de maan niet aanwezig.

---

§ 248.

DAG EN NACHT EN JAARGETIJDEN DER MAAN.

Zooals ik u reeds heb medegedeeld, draait de maan in 27 dagen en bijna 8 uren om hare as, denzelfden tijd, waarin zij om de aarde wentelt; maar doordien de aarde zelve om de zon wentelt, duurt het 29 dagen en 12¾ uur, van volle maan tot volle maan.

Van de zon gezien beweegt de maan zich met de aarde in den tijd van een jaar over de ekliptika; daar komt zij slechts weinig boven en zij daalt er niet ver onder. Nu herinnert gij u, dat op de aarde de jaargetijden en de moessons ontstaan, doordien de as der aarde niet loodrecht op de ekliptika staat, maar een hoek van omtrent 66½ graad met die ekliptika maakt. (1ste stukje, § 17).

Nu staat de as der maan nagenoeg loodrecht op de ekliptika, want zij maakt daarmede een hoek van 88½ graad; op de maan bestaan dus nagenoeg geene jaargetijden, dat wil zeggen: behalve vlak bij de polen hebben alle plaatsen even lang dag als nacht; die dag en die nacht duren dus de helft van 29 dagen en 12¾ uren, dat is 14 dagen en 18⅜ uren.

Gij kunt begrijpen, hoe warm de grond daar worden moet, als de zon er zoolang op schijnt; hoogstwaarschijnlijk wordt de grond er warmer dan de hitte van kokend water; die grond zou zeker nog heeter worden als de maan een dampkring had, want nu kan de warmte van den grond zoo gemakkelijk uitstralen en geheel verloren gaan, evenals hier ook wel in heldere nachten gebeurt. En zoo is ook zeker de grond, als

eens de zon onder is, weer zeer spoedig afgekoeld, omdat er geen warme lucht op rust en dus de warmte ongehinderd kan uitstralen.

Gij ziet dus ook hieruit, hoe ongeschikt de maan voor ons menschen zou zijn, om te bewonen.

---

§ 249.

VERKLARING, WAAROM DE MAANSDAMPKRING ZOO IJL IS.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe komt dat dan toch, dat de dampkring der maan zoo ijl is?

DE HEER. Dat is niet geheel bekend, maar bij eenig nadenken zult gij toch wel inzien, dat wij op de maan niet een dampkring moesten verwachten, even dicht als op de aarde. Want als nu eens, zooals vele geleerden denken, de aarde en de maan beiden uit eenen nevel gevormd zijn, die zich samentrok, evenals ik u vroeger (§ 176) verteld heb, dat men van de sterren gelooft, dan is het begrijpelijk, dat de aarde, die zooveel zwaarder is dan de maan, of zooals de geleerden zeggen, die zooveel meer massa heeft, ook veel meer lucht naar zich toegetrokken moet hebben dan de maan.

En dan nog, indien eens eene zekere hoeveelheid lucht op de maan rustte, evenals onze dampkring op onze aarde, dan werd die lucht niet door een zoo zwaar lichaam aangetrokken, als hier op de aarde het geval is. Al had de maan een dampkring, die zooveel lucht bevatte, dat boven elken vierkanten decimeter even veel lucht rustte als hier, namelijk 103,4 kilogram, dan zou toch die lucht op de oppervlakte zelve der maan niet zoo sterk samengeperst zijn als hier, en dus ook minder dicht zijn.

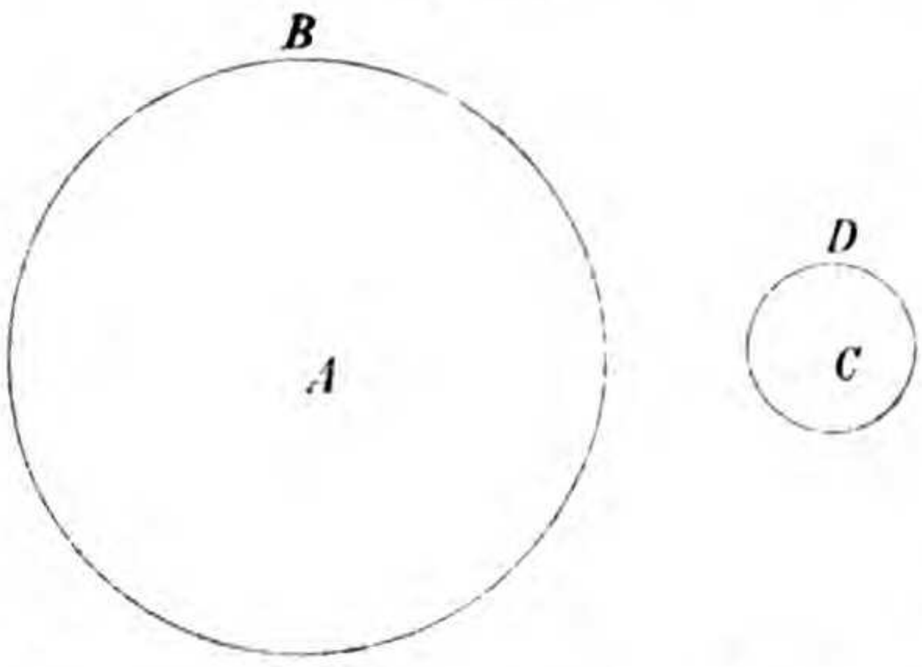
ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe kan dat nu? want die lucht

nabij de oppervlakte zou toch door dezelfde hoeveelheid lucht gedrukt worden als hier.

DE HEER. Jawel, dat is ook zoo, maar die lucht zou niet evenveel wegen als hier. Want de zwaartekracht is op de maan ook geringer dan hier. De sterrekundigen hebben gevonden dat de maan 81 maal minder massa heeft dan de aarde. Op gelijken afstand trekt dus de maan 81 maal minder aan dan de aarde.

Maar ik heb u vroeger al eens medegedeeld, dat een bol even sterk aantrekt alsof al zijne massa in zijn middelpunt vereenigd was. De maan is nagenoeg een bol, dus trekt zij even sterk aan, alsof hare massa in haar middelpunt vereenigd is. De aarde is ook nagenoeg een bol, dus met de aarde is dat evenzoo het geval.

Fig. 449.



Maar nu is de straal $A\ B$ der aarde (fig. 449) $3\frac{2}{3}$ maal grooter dan die der maan $C\ D$; nu weet gij wel, dat de aantrekkingskracht vermindert in dezelfde mate als de tweede macht van den afstand toeneemt; als dus de massa's van de aarde en de maan gelijk waren, dan zou de aantrekking der maan in D *grooter* zijn dan de aantrekking der aarde in B en wel

$$3\tfrac{2}{3} \times 3\tfrac{2}{3} = \tfrac{11}{3} \times \tfrac{11}{3} = \tfrac{121}{9} = 13\tfrac{4}{9}$$

maal grooter.

Maar de massa der maan is 81 maal kleiner dan die der aarde, dus wat is nu ons resultaat? Dat de aantrekkingskracht der maan op een punt aan hare oppervlakte

$$\frac{81}{13\frac{4}{9}} = \frac{729}{121} = \text{ruim } 6$$

maal zwakker is dan de aantrekkingskracht der aarde op een punt op hare oppervlakte.

Nu heb ik u al eens vroeger doen opmerken (3e stukje § 139) dat de dichtheid der lucht van de drukking afhangt, waaronder zij zich bevindt. Vandaar dat de dichtheid der lucht op de hoogte van den Semeroe of den Slamat slechts $\frac{2}{3}$ is van de dichtheid der lucht beneden in de vlakte.

Evenzoo zou dus, ingeval een dampkring op de maan bestond, die betrekkelijk even veel lucht bevatte, als die der aarde, toch de onderste luchtlaag niet zoo dicht zijn als hier, maar integendeel slechts een zesde zoo dicht.

ABDULLAH. Maar mijnheer, wat bedoelt u met te zeggen: een dampkring die *betrekkelijk* even veel lucht bevatte?

DE HEER. Wel dat is duidelijk. De maan heeft eene middellijn die slechts $\frac{3}{11}$ bedraagt van de middellijn der aarde.

Indien gij nu, zoowel de aarde als de maan, kondet doorsnijden, juist door het middelpunt, dan zoudt gij twee cirkels verkrijgen, de ééne hebbende eene middellijn, gelijk aan die der aarde, de andere hebbende eene middellijn, gelijk aan die der maan. Die kleine cirkel zou slechts $\frac{3}{11} \times \frac{3}{11} = \frac{9}{121}$ maal zooveel inhoud hebben als de groote, dat is: ongeveer $\frac{1}{13}$.

Nu wordt in de wiskunde geleerd, dat de oppervlakte van een bol juist gelijk is aan viermaal de oppervlakte van den cirkel, die verkregen wordt, als men den bol door zijn middelpunt doorsnijdt. Maar dit geldt zoowel voor de aarde als voor de maan; dus volgt hieruit dat de oppervlakte der maan ook $\frac{9}{121}$ is van de oppervlakte der aarde.

Als ik dus spreek van een dampkring der maan die betrekkelijk even veel lucht bevat als die der aarde, dan bedoel ik een dampkring die ook slechts $\frac{9}{121}$ zooveel lucht bevat, zoodat boven elken vierkanten decimeter der oppervlakte op beide lichamen even veel lucht aanwezig is.

De straalbreking in zoo een dampkring zou nu ook aanzienlijk minder zijn dan hier op aarde, en dit zouden wij ook wel aan de sterren zien, die door de maan bedekt worden.

Het zou dus niet zoo heel vreemd zijn, indien er om de maan wel een dampkring, maar een ijlere dampkring was, dan

die onzer aarde is. En als gij nu nog in aanmerking neemt, wat ik u zoo straks zeide, dat de maan, omdat zij zooveel minder massa heeft, ook waarschijnlijk zooveel minder lucht aangetrokken heeft dan de aarde, en dus een dampkring die in evenredigheid lang niet zoo veel lucht bevat als die der aarde, dan is het wel eenigszins te verklaren, dat de dampkring der maan zeer ijl is.

In vele boeken zult gij zelfs vinden, dat de maan in het geheel geen dampkring heeft; maar dit heeft men in den laatsten tijd wel ingezien, dat men niet met zekerheid kan beweren. Men kan alleen zeggen: als de maan een dampkring heeft, dan is die zeer ijl.

---

§ 250.

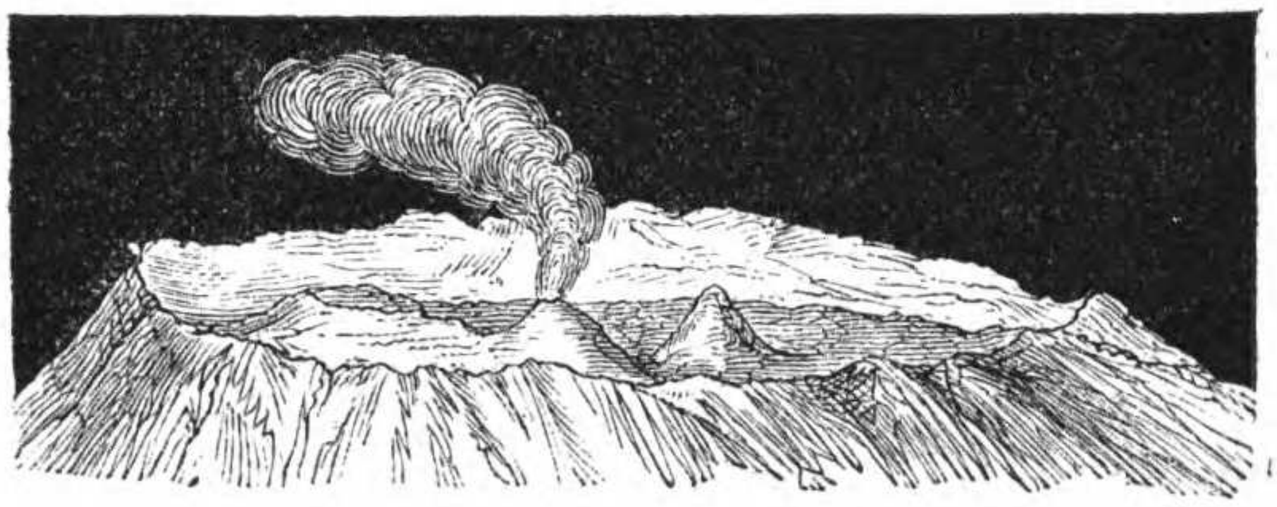
GESTELDHEID VAN DE OPPERVLAKTE DER MAAN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe ziet dan de maan er door een kijker wel uit? U hebt gezegd er zijn geene zeeën op de maan. Maar ziet men er dan ook bergen evenals hier, of is de geheele oppervlakte vlak?

DE HEER. O neen, verre van daar. Op de maan zijn hooge bergen zichtbaar, maar merkwaardig is het, dat men er zoovele kraters in vindt, die men het beste met het Tengger-gebergte vergelijken kan; gij hebt zeker wel gehoord dat het Tengger-gebergte een ronden kraterrand heeft, die meer dan een uur gaans middellijn heeft. Binnen dien kraterrand is, zie fig. 450, ongeveer 300 meters lager dan de rand, maar toch altijd 2000 meters boven de oppervlakte der zee, eene vlakte, die men gewoonlijk de *zandzee*, maleisch *dasar* noemt. En in die zandzee verheffen zich drie andere kegelbergen: de

Batok rechts, de Widodaren links in de figuur, die vroeger zeker vulkanen geweest zijn maar tegenwoordig niet meer, en de Bromo, in het midden, die nogaltijd werkzaam is.

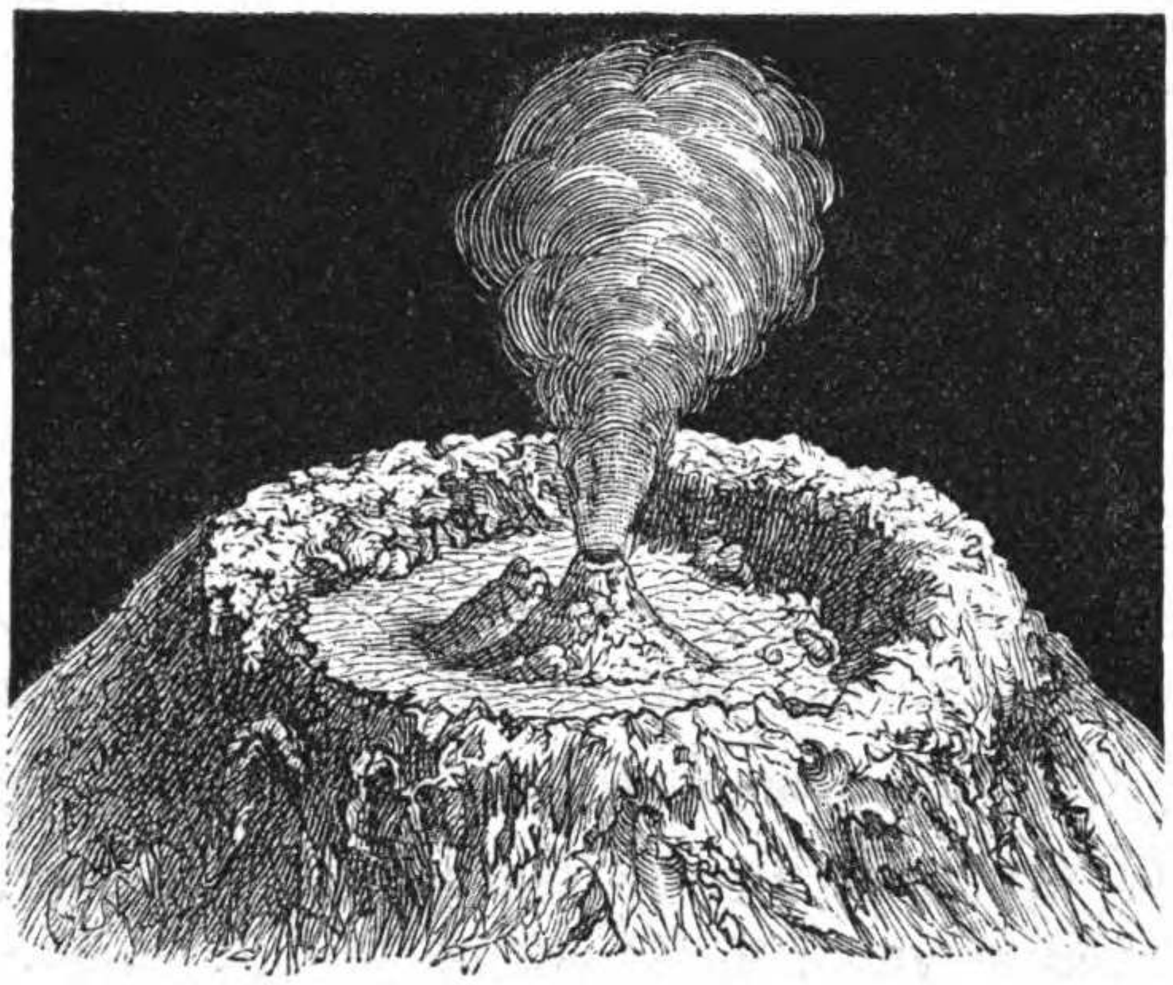
Fig. 450.



Zooals gij in de figuur ziet, is de Widodaren met den Bromo nog door een zoogenaamden zadel verbonden.

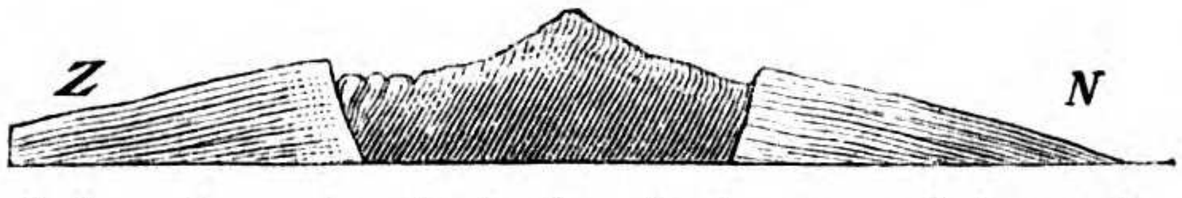
In fig. 451 ziet gij hoe de krater van den Vesuvius er in het jaar 1865 heeft uitgezien. Hier ziet gij ook binnen den krater, een kegelberg, waaruit vulkanische asch en rook opstijgt.

Fig. 451.



Dergelijke groote kraters met één berg erin, in plaats van drie, treft men op onze aarde ook wel aan op sommige kleine eilanden, zooals de Canarische eilanden, bijv. het eiland Teneriffe, waarvan fig. 452 eene doorsnede geeft.

Fig. 452.



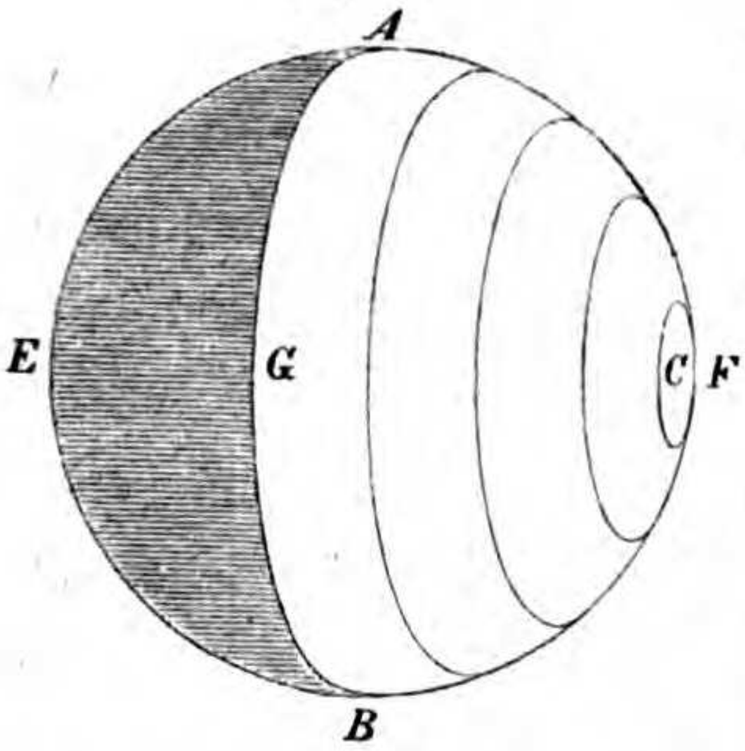
Als men nu de maan met een goeden verrekijker beziet, dan is het in het oog loopend, hoe vele groote en kleine dergelijke zoogenaamde *ringgebergten* men aantreft. Sommigen hebben in het midden nog een bergtop, anderen daarentegen niet. In fig. 453 (plaat VII) ziet gij eene photographie van de maan als het eerste kwartier is, in fig. 454

(plaat VII) als het laatste kwartier is, vooral in de laatste photographie kunt gij verscheiden kraters zien, waar de berg in het midden zichtbaar is. In fig. 455 (plaat VII) ziet gij eene afteekening van een gedeelte der maansoppervlakte, daar ziet gij dergelijke ringgebergten met en zonder berg in het middelpunt.

Gij ziet er ook dat enkele op zich zelf staande bergen, die geen krater vertoonen, er ook wel zijn, evenals bergketens. Deze plaat vertoont een van de schoonste partijen op de maansoppervlakte. Het gebergte boven in de plaat hebben de sterrekundigen de Apennijnen genoemd, evenals het gebergte dat Italië in de lengte doorloopt. Men kan het geheele hier voorgestelde gedeelte in fig. 453 en 454 terugvinden, maar in fig. 455 is het noorden naar beneden gekeerd, in fig. 453 en 454 naar boven. Men moet dus fig. 455 omkeeren, en zal dan in de bovenste helft van fig. 453 en 454 de plek gemakkelijk, dicht bij de lichtgrens, onderkennen.

Door de schaduwen, die door de bergen geworpen, en die door de zonnestralen veroorzaakt worden, hebben de sterrekundigen kunnen meten hoe hoog die bergen op de maan zijn. Want stel eens, fig. 456, dat op de maan verlicht is de helft *A F B*, en donker is de helft *A E B*,

Fig. 456.

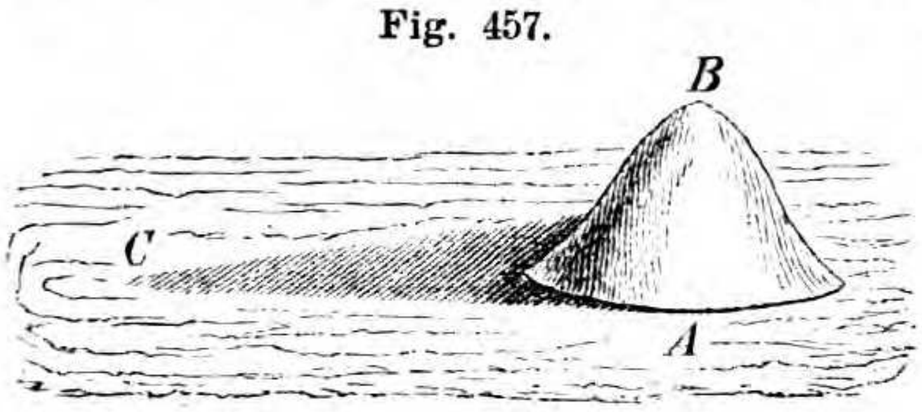


dan staat de zon aan den rechterkant van de maan, de punten *A*, *G*, *B* op de afscheiding tusschen licht en donker, hebben de zon in hunnen horizon: de zon staat dus boven het punt *C*, dat overal 90° van den cirkel *A G B* afstaat.

Als men zich nu op de maan van een punt *G*, dat op de afscheiding ligt, naar het punt *C* begeeft, dan zal, als men 10 graden op de maansoppervlakte heeft afgelegd, de zon ook 10 graden hoog boven den horizon staan. Als men dan, fig. 457, de lengte van eene schaduw *A C* gemeten heeft, en men weet

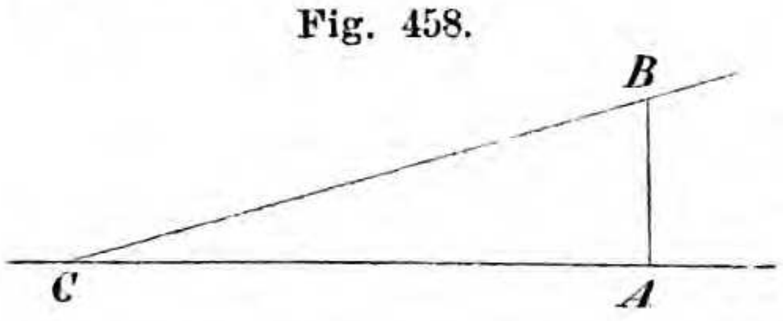
dat in C de zon 10 graden boven den horizon is, dan make

Fig. 457.



men, fig. 458, slechts hoek $A\,C\,B$ gelijk aan 10 graden, trekke de lijn $A\,B$ loodrecht op $A\,C$, en zoo verkrijgt men dan de hoogte van den berg $A\,B$.

Fig. 458.



Zoo hebben nu de sterrekundigen ook gedaan met de bergen der maan. Zij hebben een eigenaardig werktuigje, dat zij aan hunne kijkers kunnen aanbrengen, daar waar het oogglas is, en waarmede zij zulke kleine grootheden als de lengte van zulk eene schaduw kunnen meten. Zij verkrijgen die lengte dan natuurlijk niet in meters maar in sekonden boogs aan den hemel; maar als men dan maar weet, hoe ver de maan van ons af is, en als men dan in aanmerking neemt of men zelf recht op de oppervlakte der maan ziet of in de schuinte, dan kan men de lengte van die schaduwen ook wel in meters vinden. Zoo is het dan gebleken dat de meeste van die bergen op de maan zeer hoog zijn. In de Apennijnen op de maan zijn toppen, die 6000 meters hoog zijn, dus veel hooger dan de hoogste bergen op Java.

De sterrekundigen hebben, om de op zich zelf staande bergen en ringbergen der maan gemakkelijker te onderkennen, ze namen gegeven, en daarvoor gekozen de namen van beroemde mannen. Zoo heet die ringberg a, in den rechter bovenhoek van de plaat, Eratosthenes, naar dien beroemden griekschen wiskundige, die het eerst beproefd heeft de grootte der aarde te meten (§ 240.)

De berg, of liever het gebergte b, in het Apennijnen-gebergte, dat die lange schaduw werpt, heet Huygens, naar dien beroemden hollandschen geleerde, die de slingeruurwerken heeft uitgevonden.

Die groote ringberg c heet Archimedes, naar dien beroem-

den natuur- en werktuigkundige te Syracuse, die het eerst gevonden heeft dat de omtrek van een cirkel nagenoeg 3¼ maal de middellijn is.

De ringberg *d*, schuins-rechts van Archimedes, aan den rechterrand der figuur heet Timocharis en de ringberg *e*, schuins-links van Archimedes, Aristillus. Beide deze mannen zijn daardoor beroemd geworden omdat zij de eersten geweest zijn, 300 jaren voor het begin der europeesche jaartelling, die beproefd hebben eene lijst te maken, waarin de lengte en breedte van de vaste sterren werden opgegeven.

De ringberg *f* heet Autolycus en de kleinere *g* Theaetetus; de personen, waarnaar zij heeten, zijn minder beroemd. Het gebergte *h* wordt het Caucasus-gebergte genoemd.

Uit de schaduwen, die deze bergen werpen, kunt gij wel opmaken, dat zij zeer hoog zijn.

Voor Eratosthenes is gevonden	4800	meters,
Huygens	5500	„ ,
Archimedes	1650	„ ,
Timocharis	2200	„ ,
Aristillus	3400	„ ,
Autolycus	2750	„ ,
Theaetetus	2300	„ ,

terwijl, zooals de schaduwen doen zien, het Caucasus-gebergte ook hooge toppen bezit.

In Eratosthenes, Timocharis, Autolycus en Theaetetus ziet gij duidelijk den berg in het middelpunt van den rand. Archimedes bevat er geen, binnen den wal is er slechts eene effene vlakte.

Voorts ziet gij ook op dezelfde plaat een tal van bergen en heuvels, die allen door hunne schaduw zichtbaar worden en evenzoo een aantal grootere en kleinere kraters.

Gij kunt nagaan, hoe ontzettend groot die ringbergen zijn, als ik u mededeel dat de middellijn van dien Eratosthenes 35 paal bedraagt, terwijl die van het Tengger-gebergte, een der

grootste, die wij op onze aarde bezitten, slechts $4\frac{1}{2}$ paal middellijn heeft. Verder hebben de overigen de volgende middellijn:

Archimedes	53	paal.
Timocharis	24	„
Aristillus	37	„
Autolycus	$24\frac{1}{4}$	„

Wij kunnen uit het bestaan dier kraters wel besluiten, dat er vroeger op de maan ook vreeselijke uitbarstingen moeten hebben plaats gehad, maar *hoe* daardoor die ringbergen en kraters gevormd zijn, is niet geheel en al zeker. Het moet al lang geleden zijn, want hoe ook de sterrekundigen aandachtig de maan hebben bekeken en afgebeeld, tegenwoordig ziet men er geene groote veranderingen meer op.

Slechts enkele malen heeft, in de laatste 100 jaren, een sterrekundige gemeend eene verandering op de maansoppervlakte gezien te hebben; zoo merkte de heer Schmidt te Athene het eerst op, dat een krater, genaamd Linnaeus, (naar een beroemd kruidkundige) die vroeger diep geweest was, thans niet meer bestaat. Men vindt, op dezelfde plaats, thans enkel een wit vlekje, dat ook op de photographieën 440—443 en 453 zichtbaar is. [1])

Wellicht is de krater van onderen af met lava gevuld, wellicht, en dit is waarschijnlijker, is de kraterwand ingestort, en de krater op die wijs gevuld geworden. Hier op aarde is het ook wel gebeurd, dat een vulkaan van gedaante verandert;

---

1) Zooals reeds in den tekst is opgemerkt, herkent men licht in de figuren 453 en 454 het Apennijnen-gebergte, waarvan wij zooeven gesproken hebben, en daarbij de ringbergen Timocharis, Archimedes, Aristillus en Autolycus.

In figuur 453 ziet men rechts van Aristillus, een bergpas, die toegang verleent tot eene donkere vlek, die *de Zee der Helderheid* genoemd wordt. Zoodra men dien bergpas door is, ziet men eene witte stip, die de plaats aanduidt, waar vroeger de krater Linnaeus geweest is.

immers de Ringgit is geheel en al ingestort, zoodat zijn top niet meer bestaat; de Bromo vertoont dan eens een meer, dan eens een gat, waar met vreeselijk geweld stoom uitkomt, dan eens is zijn krater enkel een kuil, en is de berg rustig. Maar op de maan schijnt thans alles rustig te zijn, en als datgene, wat Schmidt meent gezien te hebben, werkelijk bestaat, dan is dat het eerste bekende voorbeeld.

Een tweede voorbeeld is onlangs voorgekomen; toen vermeende de heer Klein te Keulen, dat hij een nieuwen kleinen krater op de maan gezien had, die op de kaarten, die van de maan bestaan, niet voorkwam. Nu begrijpt gij wel, dat dergelijke kraters alleen onderkend worden doordien men een lichten rand en eene kleine donkere vlek er vlak naast ziet, zooals gij op plaat VI wel zien kunt, maar als nu die donkere vlek heel klein is, kan het wel gebeuren, dat men later ziet dat het geen krater is, maar de schaduw van een klein bergje of een heuvel. Dit is nu ook gebeurd; onlangs heeft een engelsch sterrekundige, Pratt genaamd, die plek, waar de heer Klein dien krater meende gezien te hebben, met zeer veel zorg onderzocht, juist op die dagen dat de zon er zeer schuin op scheen, zoodat de schaduwen van bergen en kraters zeer duidelijk waren, en hij heeft geenen krater gezien, maar wel een paar heuvels die eene schaduw wierpen.

Het is dus lang niet zeker, dat er nu nog dergelijke kraters op de maan gevormd worden, of dat kraters die bestaan, gevuld worden en dus verdwijnen. De meeste sterrekundigen houden het er ook voor, dat de maan tegenwoordig een dood lichaam is, dat wil zeggen een lichaam, waarop geene veranderingen meer plaats hebben.

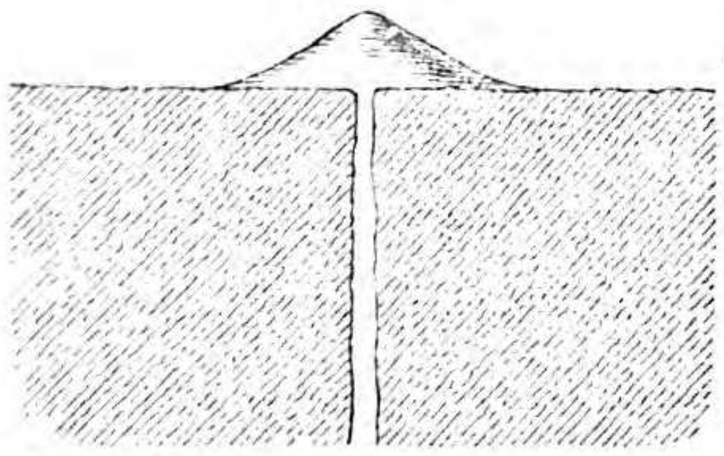
ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe komt dat nu toch, dat er zulke groote ringbergen op de maan zijn, veel grooter dan hier op de aarde, en hoe komt het dat er zoo vele zijn, kan men daar ook de reden van aangeven?

DE HEER. Dat is nog zoo onmogelijk niet. Het blijkt uit alles, dat op de maan, zoowel als op de aarde vroeger vul-

kanen gevormd zijn. Dat kan een gevolg zijn daarvan dat de hemellichamen eerst buitengewoon heet geweest zijn, zooals nu de zon ook is, en dat zij aan hunne oppervlakte het eerst bekoeld zijn. Daardoor krimpt zulk eene oppervlakte in, en het gevolg is dat de inhoud zich naar buiten een weg wil banen. Zoo ontstaat een vulkaan.

Op de maan, zoowel als op de aarde is het zoo goed als zeker, dat de berg in het midden later gevormd is, de ronde rand is zonder twijfel het eerst ontstaan. En gaan wij maar na, wat er gebeuren moet als de buitenste schors der aarde inkrimpt en er dan eene uitbarsting volgt. Op eene plaats is de aardkorst dan het zwakst, en er komt eene opening. Hierdoor kunnen nu de stoffen uit het binnenste van het hemellichaam, ontwijken. Deze stoffen kunnen zijn vloeibaar, door hunne sterke gloeihitte, en dan noemt men ze *lava*, ook kunnen zij vast zijn; dan vormen zij grootere of kleinere rotssteenen of het vulkanische gruis of eindelijk de zoo dikwijls voorkomende vulkanische asch. Op Java vindt men van al die soorten voorbeelden genoeg; maar in den laatsten tijd is het slechts enkele keeren gebeurd, dat er lava uit een vulkaan vloeide; meestal volgde er een uitgebreide aschregen, maar ook vulkanische blokken werden veel uitgeworpen.

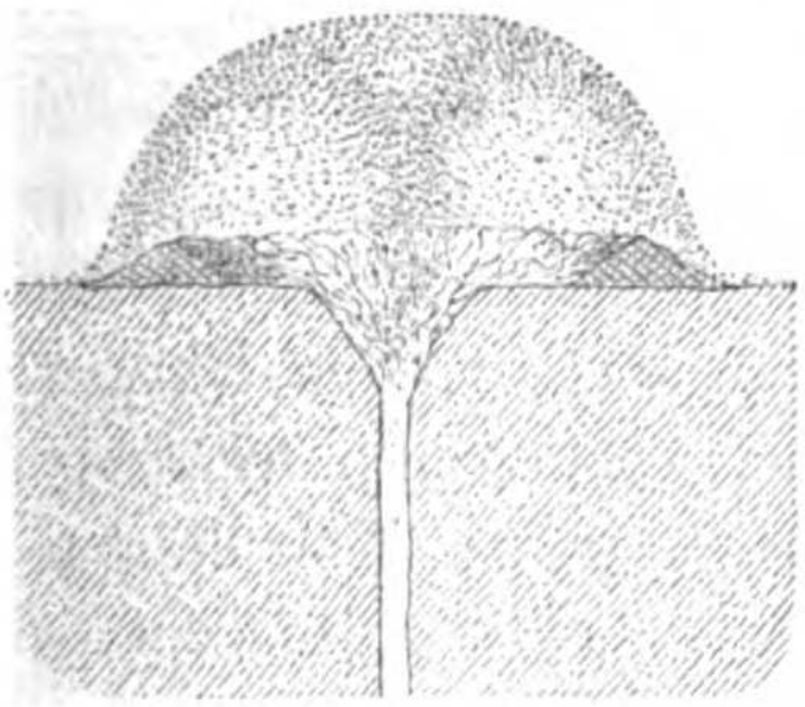
Fig. 459.



Gaat dit uitwerpen, hetzij van lava, hetzij van asch nu met weinig kracht gepaard, dan kan, evenals fig. 459 aanduidt, een berg gevormd worden. Worden die stoffen met meer kracht uitgeworpen en vooral als zij in den vorm van steenen, gruis of asch ontwijken, dan krijgt men hetgeen fig. 460 aantoont. Er vormt zich dan op eenigen afstand van de opening een rand, die zich hoe langer hoe meer ophoopt. Door de schuring van het opvliegende gruis kan er in het midden een trechter gevormd worden, die al grooter en grooter wordt totdat de doorsnede er eindelijk uit zou zien als de figuur 460 aantoont. Houdt de

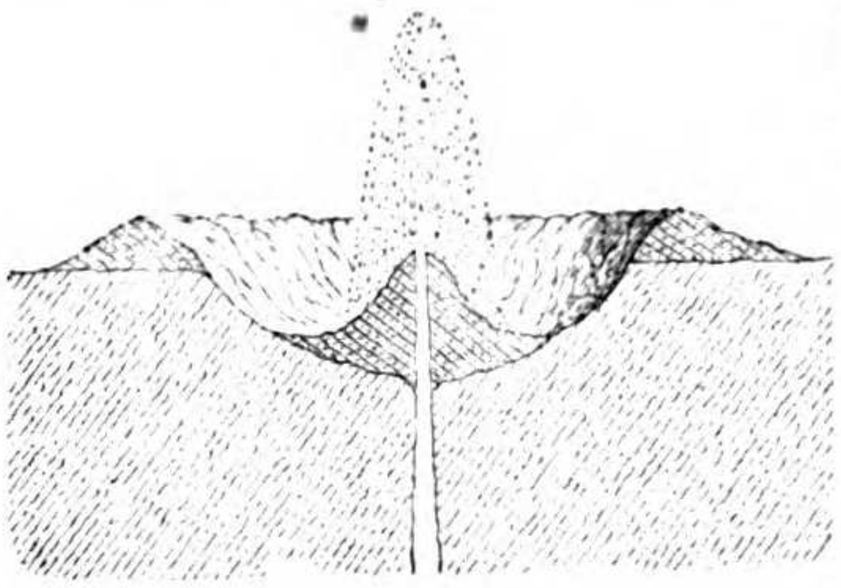
werking nu op, dan heeft men een ringberg, waarvan het inwendige dieper ligt dan de omtrek; zoo zijn er een aantal ringbergen op de maan.

Fig. 460.



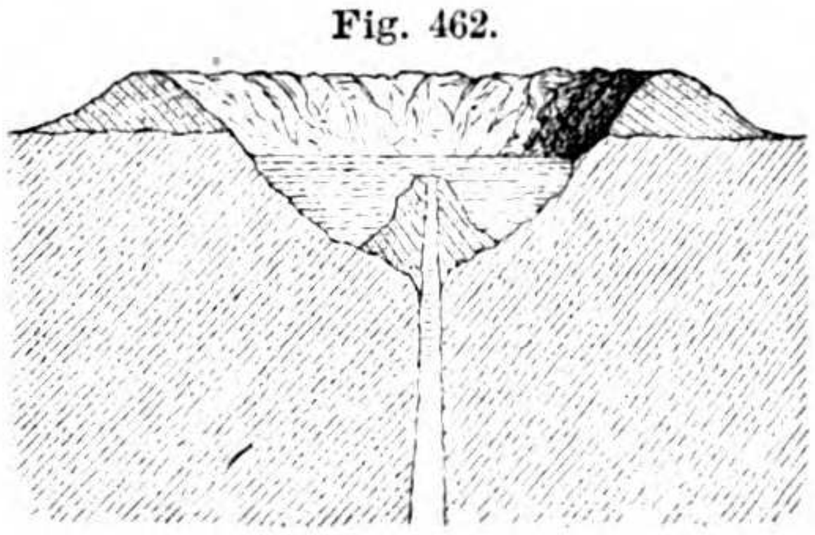
Maar als de werking nu nog niet geheel uitgedoofd is, zoodat er nog zwakke uitbarstingen van asch of gruis plaats vinden, dan wordt er (fig. 461) een berg in het midden gevormd. Maar indien er dan later nog vloeibare stoffen uit de opening opwellen, hetzij lava, hetzij eene modderachtige massa, dan kan er gebeuren, hetgeen fig. 462 aangeeft, en binnen den omringenden wal bestaat dan geen berg.

Fig. 461.



ABDULLAH. Maar mijnheer, dat begrijp ik wel, maar u zegt: als de buitenste korst zich samentrekt, kunnen er openingen ontstaan; maar ik zou eerder zeggen, als die korst zich samentrekt, moeten er scheuren ontstaan, en als daar dan de lava of de vulkanische asch uitkomt, dan komen er toch niet zulke kraters.

Fig. 462.



DE HEER. Daar hebt gij zeer gelijk aan, en die barsten of scheuren zijn ook op de maansoppervlakte veelvuldig te zien. Let maar eens op, hoe op de maankaart, fig. 441, dicht bij de Zuidpool een heldere vlek is, waaruit een aantal heldere strepen uitstralen; die zijn zelfs met een kleinen kijker zeer schoon op de maan te zien.

Die heldere vlek is een der meestbekende ringbergen op de maan, genaamd Tycho, naar den beroemden deenschen sterre-

kundige Tycho Brahe, die van het jaar 1580 tot het jaar 1600 de beste en nauwkeurigste sterrekundige waarnemingen verricht heeft, waarnemingen die ook Keppler gebruikt heeft om zijne drie wetten te vinden, waarvan ik u vroeger gesproken heb. En die heldere strepen zijn bijna zonder twijfel de sporen van zulke reten, die met eene soort van lava aangevuld zijn, die het zonlicht beter terugkaatst dan het overige gedeelte der maanoppervlakte.

Maar ook uitgestrekte gebergten komen op de maan voor bijv. de Apennijnen en de Caucasus, figuur 455; die kunnen gedeeltelijk ontstaan zijn door opheffing, altijd door de kracht van de inwendige lava, gedeeltelijk ook doordien die lava zich door openingen een weg baande en toppen vormde.

Maar men vindt op de maan bovendien een groot aantal reten, spleten, of groeven, die niet opgevuld zijn geworden door lava; zij moeten zelfs zeer breed zijn om door onze kijkers gezien te worden. In fig. 455 vindt gij daarvan verscheidene voorbeelden. Van den ringberg Archimedes loopt zulk eene ril naar het gebergte de Apennijnen; langs die Apennijnen loopen ook twee rillen. Nog een paar anderen zijn aan weerszijden der ringbergen Autolycus en Aristillus te zien.

ABDULLAH. Het is zeer merkwaardig mijnheer, maar wat ik nog niet begrijp, is dat er op de maan zoovele kraters zijn, naar het schijnt veel meer dan hier op de aarde.

DE HEER. Ja, dat is ook zoo, maar daarvan kan toch wel eene verklaring gegeven worden. Op de aarde zijn stellig veel meer kraters en dus ook veel meer vulkanen geweest dan thans; maar van een aantal daarvan zijn de toppen door het regenwater in vroegere tijden weggespoeld, en vindt men nog maar de voeten. Dergelijke overblijfselen van vulkanen worden gevonden in Engeland, Schotland, Frankrijk en elders, in landstreken waar geene thans werkende vulkanen gevonden worden. Het regenwater heeft op de aarde heel wat bergen moeten afslijten, om al die lagen kalksteen, zandsteen en klei van verschillende dikte te vormen. In verscheidene landen kan men in den grond graven tot 600 en meer meters, terwijl

men, zelfs op die diepte nog altijd geen vulkanische rots, maar gronden aantreft, die blijkbaar uit water bezonken zijn; men vindt bijv. in die gronden schelpen van weekdieren.

Dat wegspoelen nu van oude bergen en kraters door regenwater, dat bij ons op de aarde millioenen jaren heeft plaats gehad, is op de maan niet gebeurd, en vandaar dat al de eenmaal gevormde kraters zijn blijven bestaan.

Ook dat die kraters of ringbergen zooveel grooter zijn dan de kraters op de aarde, kan men eenigszins verklaren, doordien, zooals ik u al uitgelegd heb, de zwaartekracht der maan op hare oppervlakte ongeveer zes maal zwakker is dan die der aarde op hare oppervlakte.

Als er dus twee even sterke uitbarstingen plaats hebben, zoowel op de aarde als op de maan, dan zullen de uitgeworpen stoffen op de maan veel verder kunnen weggeslingerd worden dan op de aarde; de gevormde ringberg op de maan is de grootste van de twee.

---

§ 251.

OVER DE LIBRATIE OF SCHOMMELING VAN DE MAAN. SCHOMMELING IN LENGTE.

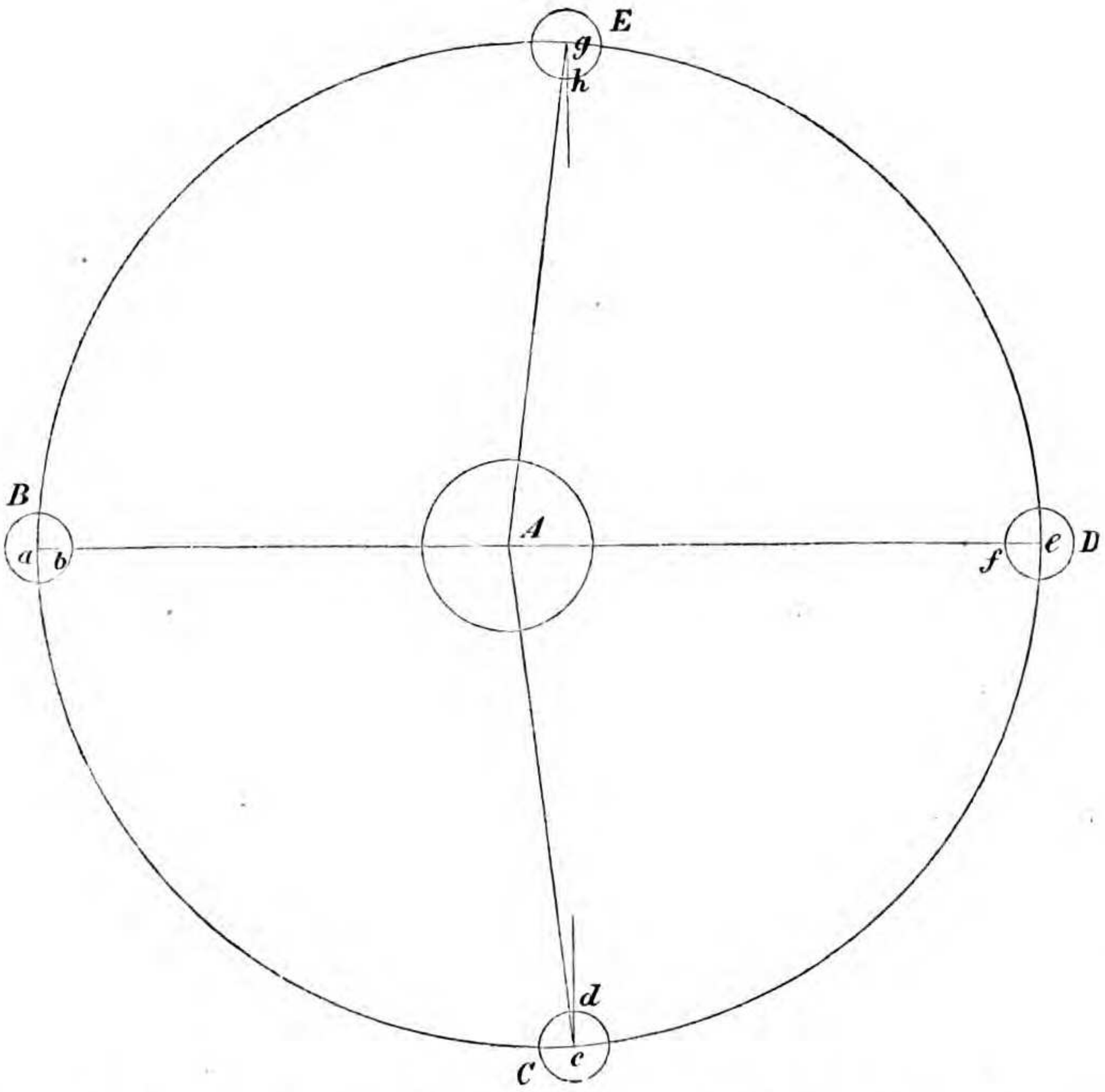
ABDULLAH. Mijnheer, mag ik u nog wat vragen? U hebt mij die drie schoone photographieën van de maan gegeven; die heb ik eens bekeken en er ook die Apennijnen en die ringbergen op teruggevonden, waarvan u mij de laatste maal gesproken hebt, maar toen ik die photographieën met elkander vergeleek, toen heb ik iets vreemds opgemerkt; u hebt mij gezegd dat de maan altijd dezelfde zijde naar de aarde toekeerde, maar als ik die photographie, die het laatste kwartier voorstelt, vergelijk met die, waarop de volle maan is afgebeeld, dan zie ik toch nog al verschil. Ziet u maar eens, hoe op die volle maan de Apennijnen veel dichter bij den rand staan, dan op die photographie van laatste kwartier; en Tycho,

die witte vlek, van waar die strepen uitgaan, staat daarentegen op de volle maan veel verder van den rand, dan op het eerste kwartier; dus wat is daar wel de reden van?

DE HEER. Uwe vragen zijn al weder een bewijs dat gij goed oplet, en dat is ook noodig, wil men een goed begrip van de zaken verkrijgen. De reden van het verschijnsel, dat gij gezien hebt, is niet moeielijk te ontdekken. Het is waar, zooals ik u onlangs gezegd heb, dat de maan in denzelfden tijd om hare as wentelt, als waarin zij haren omloop om de aarde volbrengt, namelijk in 27 dagen, 7 uren, 43 minuten en 11 sekonden. En dat is geen toeval, maar dat moet alleen daarom zoo zijn, omdat de maan een weinig langwerpig is, en de lange as naar de aarde gekeerd is.

Maar nu is zulk eene omwenteling om eene as altijd *regel-*

Fig. 463.



matig, dat wil zeggen, in elken dag draait de maan evenveel

om hare as. Maar de beweging der maan om de aarde is *niet* regelmatig. Ten eerste loopt de maan om de aarde in eene ellips, en dus, zooals gij u wel zult herinneren, schielijker, als zij zoo dicht mogelijk bij de aarde is; langzamer, als zij zoo ver mogelijk van de aarde af is. En daardoor moet noodzakelijk eene kleine verandering van de zichtbare helft der maansoppervlakte ontstaan.

Zij bijv. in fig. 463 A de aarde, $B\,C\,D$ de loopbaan der maan, en in die loopbaan $B\,D$ de groote as, dus B het dichtste punt en D het verste, en laat, als de maan in B is, van de aarde uit het punt b midden op de maan gezien worden. Als het nu een vierde gedeelte van den omloopstijd later is, dan is de maan in C, zoodat het perk $B\,A\,C$ gelijk is aan het perk $C\,A\,D$. De hoek $B\,A\,C$ is dan grooter dan 90 graden; maar de straal der maan $a\,b$ is in dienzelfden tijd *precies* negentig graden omgedraaid, en heeft dus den stand $c\,d$ gekregen, zoodat het punt b dus in d is gekomen. Van de aarde uit ziet gij dus, dat het punt b, dat vroeger in het midden der maan te zien was, nu aan de linkerzijde der maan moet gezocht worden.

Is de maan in haar verste punt D gekomen, dan heeft zij haren halven omloop volbracht, en de straal $a\,b$ is dus nu langs $e\,f$ gericht, en de vlek is dus weder in het midden.

Eindelijk, weer een vierde omloop verder is de maan in E en de vlek vertoont zich rechts van het midden, d. i. ten westen.

Dit heen en weer schommelen van een vlek of berg op de maansoppervlakte naar den rechter- of linkerkant, heet *schommeling in lengte.*

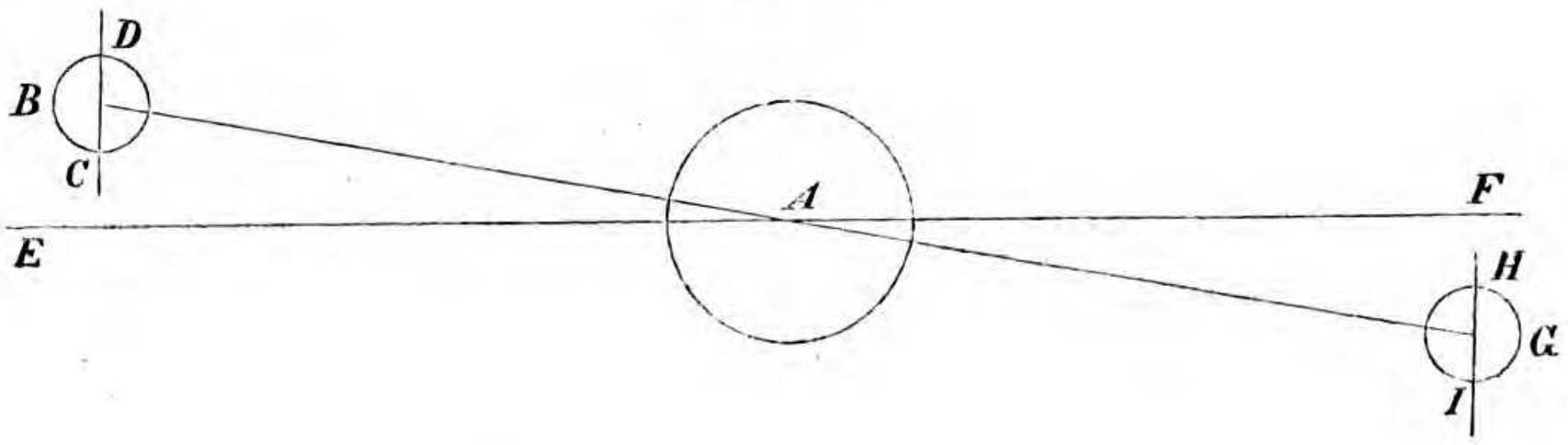
§ 252.

SCHOMMELING IN BREEDTE.

Maar niet alleen bestaat er eene schommeling in lengte, er bestaat ook eene schommeling in breedte. Dit kunt gij uit de photographieën ook wel zien, want op die van het eerste kwartier staat die groote ringberg in het noorden, met dien donkeren bodem in den krater, Plato genaamd, veel dichter bij den noorder rand, dan op die van het laatste kwartier, en op de photographie van de volle maan staat hij nog dichter bij den rand.

Hoe dit nu mogelijk is, zult gij ook wel licht kunnen begrijpen, zie maar eens fig. 464. De omwentelingsas der

Fig 464.



maan staat nagenoeg loodrecht op de ekliptika, zij maakt slechts een hoek van anderhalven graad met eene loodlijn op dat vlak; nu maakt de vlakte van de loopbaan zelve een hoek van meer dan 5° met de ekliptika. In figuur 464 is EF de ekliptika; staat de maan nu in B, dat is zoo hoog mogelijk boven of liever ten noorden der ekliptika, dan kunnen wij van uit de aarde A gemakkelijk hare zuidpool C zien, en de noordpool D is voor ons onzichtbaar.

Staat de maan daarentegen in G, d. i. zoo laag mogelijk beneden of liever ten zuiden van de ekliptika, dan zien wij wel hare noordpool H, maar niet hare zuidpool I.

Daardoor komen dus ook die verschillen, die op die photographieën zichtbaar zijn; men noemt ze *schommelingen in breedte.*

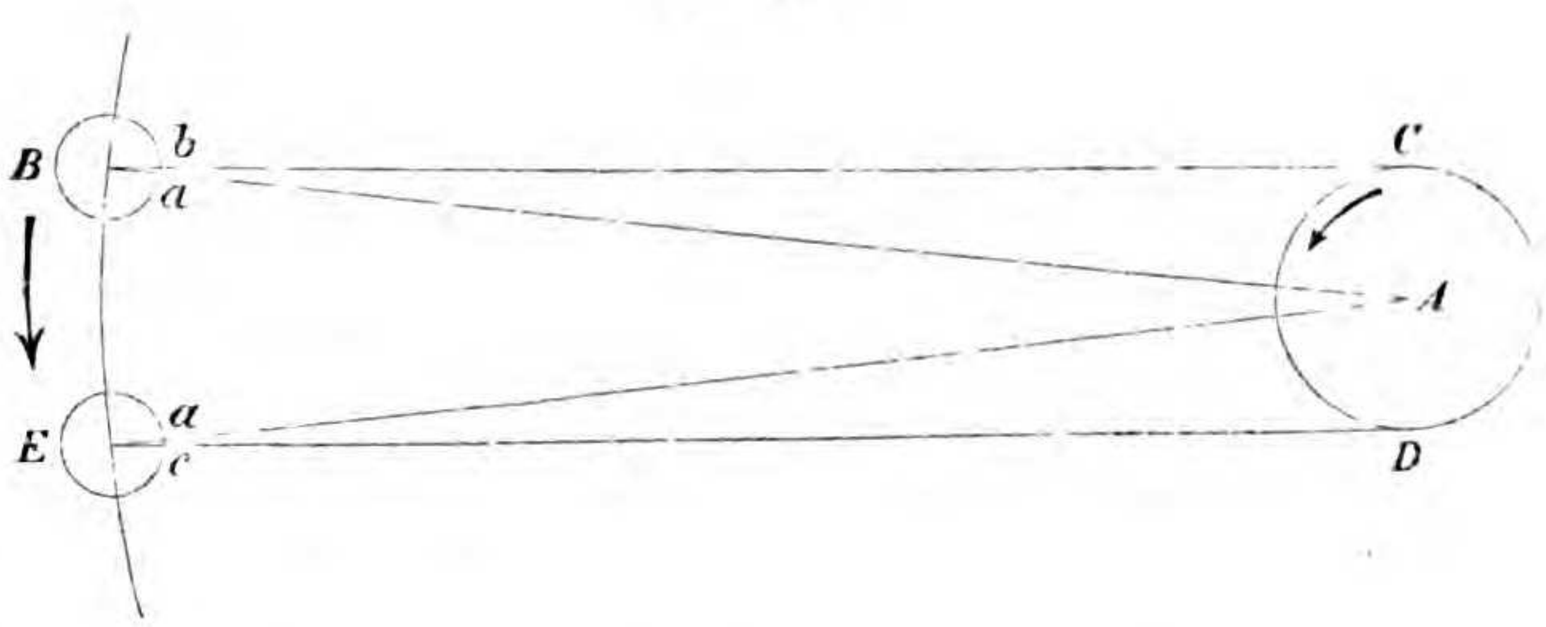
§ 253.

PARALLACTISCHE SCHOMMELING.

Nu ik u toch over die schommelingen spreek, moet ik u nog op een derde soort opmerkzaam maken, nl. op de zoogenaamde *schommeling door verschilzicht* of anders gezegd *parallactische schommeling.*

Deze is, evenals de beide andere schommelingen, geheel schijnbaar, dat wil zeggen, zij komt niet daarvan daan dat de maan schommelt of slingert, evenals een slinger, maar doordien men de maan telkens uit een ander oogpunt beziet. Indien (fig. 465) de aarde in *A*, en de maan in *B* staat, en

Fig. 465.



het vlak van het papier de evennachtslijn voorstelt, terwijl wij onderstellen dat het noorden boven het papier ligt, dan duiden de pijltjes de richting aan, waarin de aarde om hare as en de maan om de aarde draait. Als nu Java bijv. in C komt, dan krijgt een bewoner van Java de maan het eerst te zien, d. i. voor hem komt de maan op. Nu is op dat oogenblik het punt *a* datgene op de maansvlakte, dat naar het middelpunt der aarde gericht is, maar dat ziet die persoon niet in het midden, wel het punt *b*. Die vlek *a* ligt dus, voor zijn oog, links van het midden. Maar hoe is het nu 12 uren later, als de maan ondergaat? Dan is Java door de wen-

teling der aarde om hare as, in D, en de maan is in die 12 uren van B in E gekomen. Maar evenzoo is de maan om hare as gedraaid, zoodat het punt a weder op zeer weinig na, naar het middelpunt A der aarde gekeerd is. En wat ziet nu de bewoner van Java, die in D gekomen is? Antwoord, hij ziet in het midden der maansschijf het punt c, en het punt a komt hem voor rechts van het midden te zijn.

Zoo ziet gij dus, dat men door enkele redeneering soms zeer gemakkelijk een ingewikkeld verschijnsel verklaren kan.

De sterrekundigen hebben zich veel moeite gegeven om te onderzoeken of de maan niet nog eene wezenlijke schommeling of slingering bezit, evenals een steen die aan een touw is opgehangen. Daardoor hebben zij natuurlijk de verplaatsing van een of meer kraters op de maan gedurende een geruimen tijd nauwkeurig moeten nagaan en uitmeten. Maar zij hebben van zulk eene echte schommeling niets kunnen bespeuren. De schommelingen die men ziet, en die ook op de photographieën van de maan duidelijk te zien zijn, worden altijd door hetgeen ik u nu verteld heb, gemakkelijk verklaard.

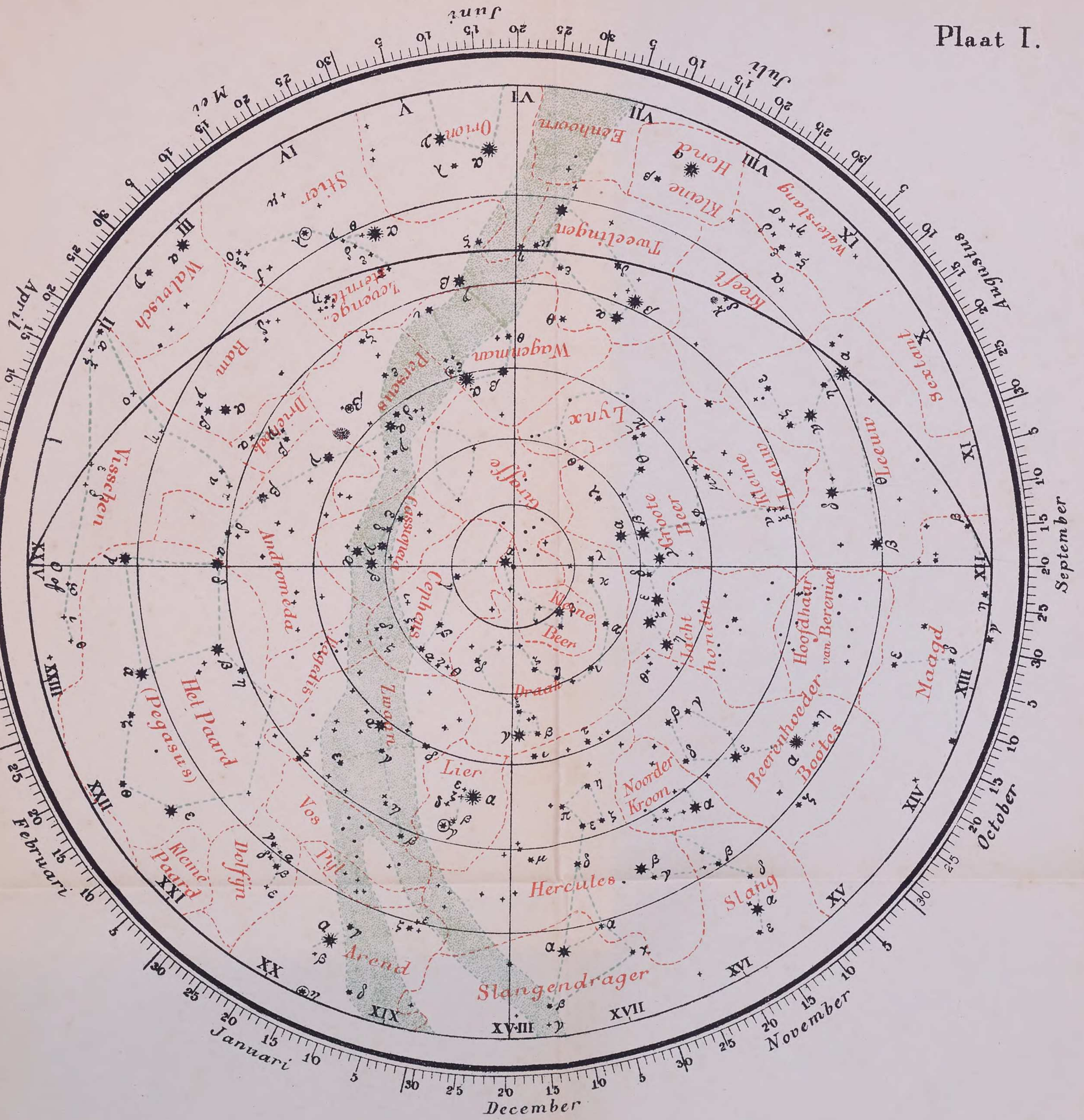
Zelfs met een tooneelkijker kan men met eenige oplettendheid die schommelingen duidelijk zien. Daartoe moet men voornamelijk letten op die twee donkere vlekken die aan de noordwest- en aan de zuidoostzijde van de maan te zien zijn. Die groote vlek aan de noordwestzijde der maan heet de *Zee der Kenteringen*, die kleine vlek aan de zuidoostzijde heet *Grimaldi;* de schommelingen der maan in lengte zijn zeer goed aan die beide vlekken te onderkennen, die dan eens dichter bij den rand te zien zijn, dan eens verder van den rand af.

Evenzoo zijn Tycho en Plato, die gij nu reeds kent, uitstekend geschikt om de schommeling in breedte te vertoonen; maar het spreekt van zelf, dat photographieën het gemakkelijker aantoonen, dan de waarneming, want wil men de schommeling bemerken, dan moet men de maan op twee dagen beschouwen, die 14 dagen van elkander liggen, en het voor-

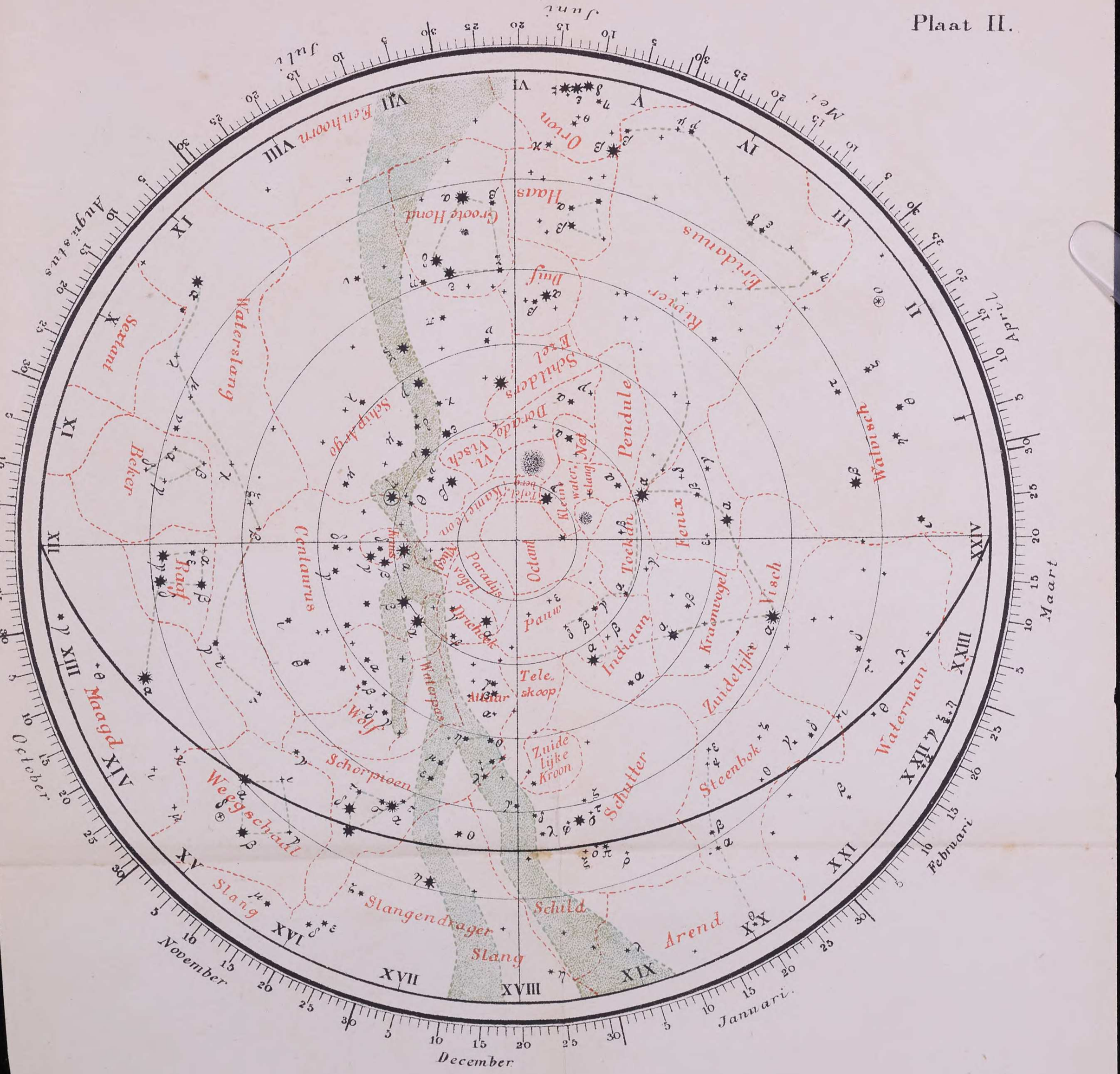
komen der maan op die twee dagen onderling vergelijken; het is dan wel noodig, nauwkeurig toe te zien en eene teekening te maken van wat men ziet; maar kan men de maan photographeeren, hetgeen nog zoo gemakkelijk niet gaat, dan ziet men de verschillen met den eersten oogopslag.

EINDE VAN HET VIERDE STUKJE.

Plaat I.

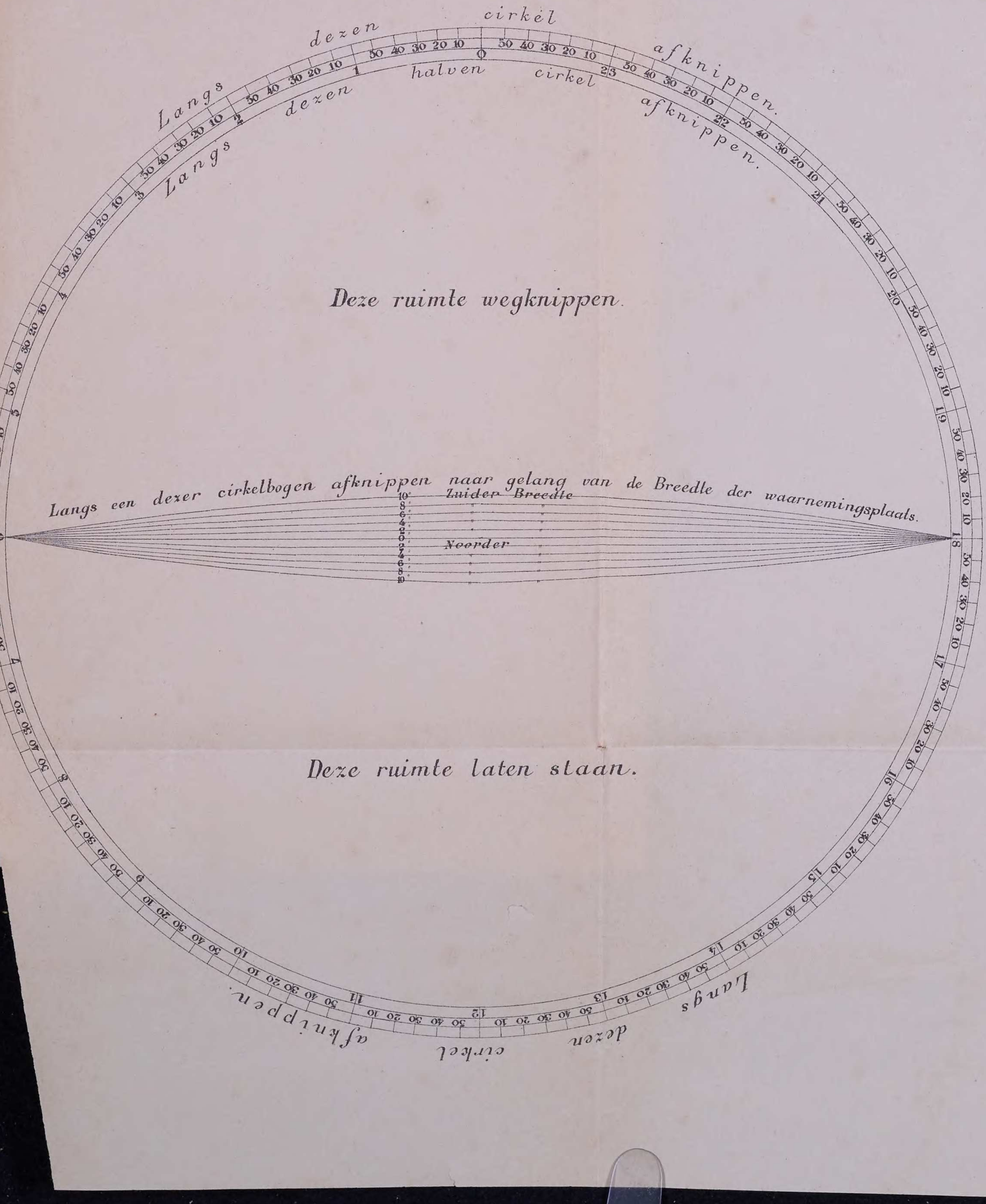


N.B. Veranderlijke sterren staan op deze kaart in een kringetje.



N.B. Veranderlijke sterren staan op deze kaart in een kringetje.

Te gebruiken bij het Noorder Halfrond.



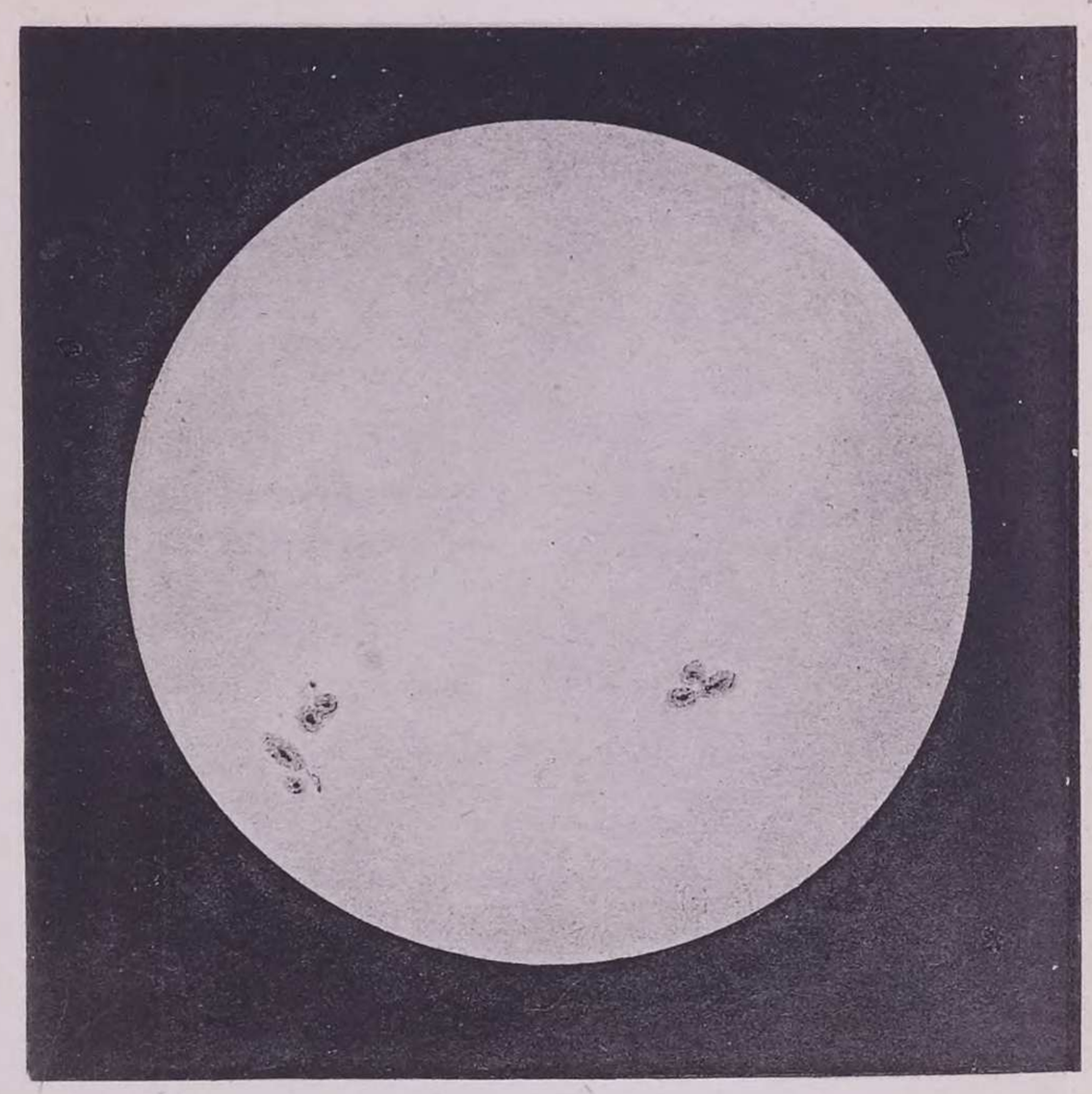


Fig. 455.

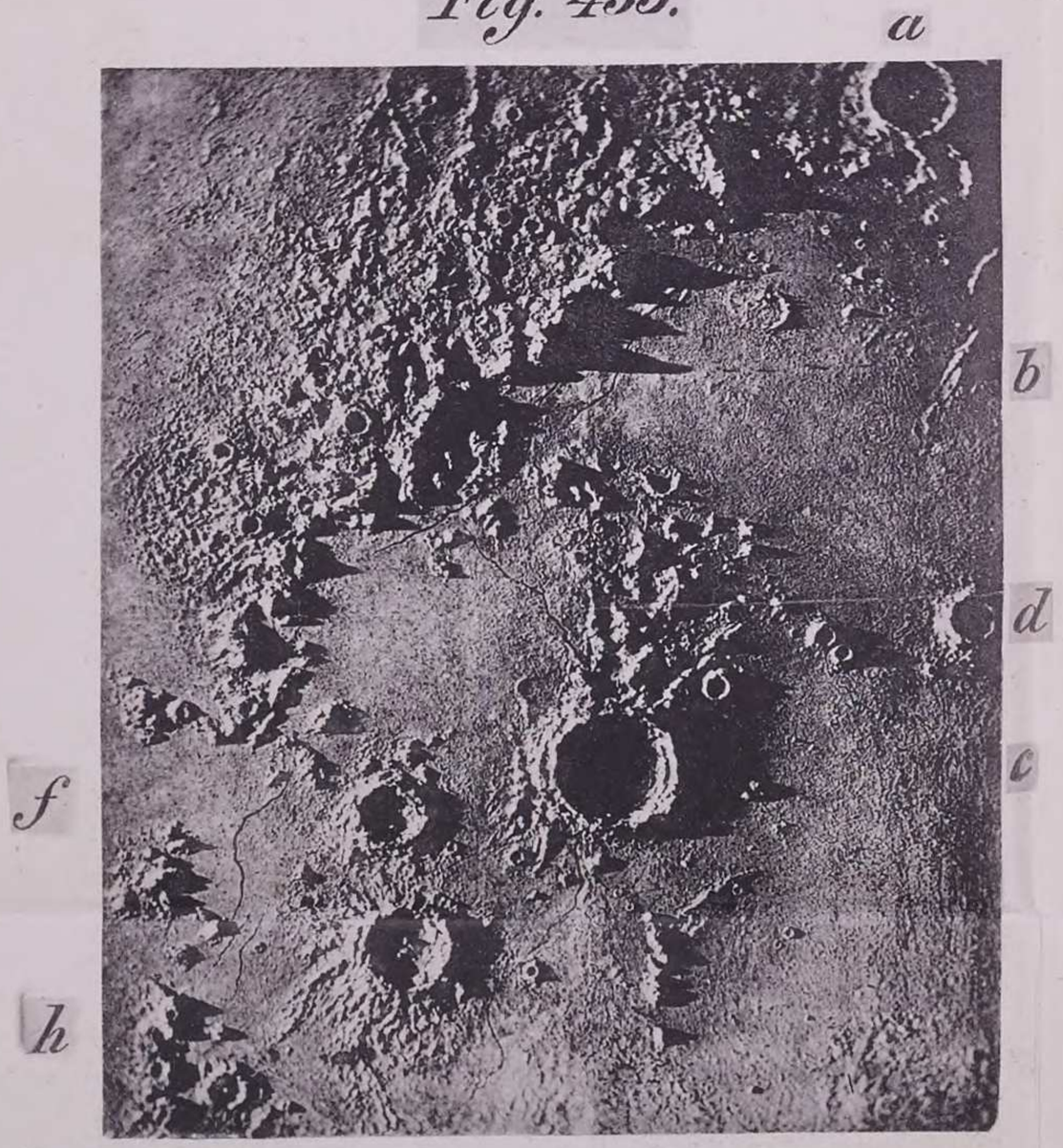


Fig. 440.

Fig. 441.

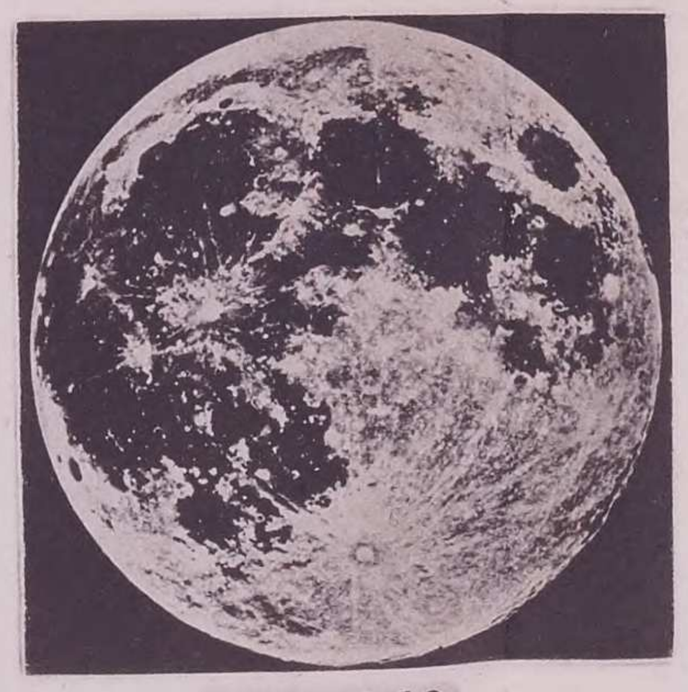


Fig. 442.

Fig. 443.

Fig. 453.

Fig. 454.