N 03-688

ISN=220722

KONINKLIJK INSTITUUT VD TROPEN-BIBLIOTHEEK
14 0000 0264 4262

ILMOE ALAM.

III.

Nat "26

~~0 38 0 40~~

ILMOE ALAM

OF

WERELDBESCHRIJVING

VOOR DE

INLANDSCHE SCHOLEN.

DERDE STUKJE.

Over de twee morgen- en avondsterren, (Venus en Mercurius); de aarde als planeet, den achteruitgang der nachteveningen, de physische gesteldheid van den aardbol, eb en vloed, en de verschijnselen in den dampkring.

DOOR

DR. J. A. C. OUDEMANS,

HOOGLEERAAR TE UTRECHT.

BATAVIA.

Verkrijgbaar ter Lands Drukkerij.

1881.

Stoomsnelpersdruk van de Firma L. E. BOSCH & ZOON
bezorgd door DANNENFELSER & Co. (G. METZELAAR).

INHOUD.

Bladz.

Voorbericht XI

EERSTE HOOFDSTUK.

Over de twee morgen- en avondsterren, (Venus en Mercurius.)

§ 91. Over de avondster. Wat haar naam Venus beteekent. Zij is dezelfde als de morgenster 1

§ 92. Verschil in de verschijnselen, die Venus aanbiedt, en de verschijnselen, die andere sterren aanbieden. Hoeveel sterren er zijn, die evenals Venus, zich aan den hemel bewegen. Zij heeten planeten 5

§ 93. De planeet Venus loopt, evenals de aarde, in eene ellips om de zon. Hoe de ligging is van de loopbaan van Venus met betrekking tot die der aarde. 6

§ 94. Verklaring, waarom Venus nu eens avondster, dan weder morgenster is 11

§ 95. Hoe Venus er uitziet door een' kijker, en hoe de toe- en afname van licht van Venus verklaard kunnen worden. . 17

§ 96. Op Venus worden geene landen en zeeën gezien. De tijd, waarin zij om hare as draait, is onbekend. Waarschijnlijk drijven er vele wolken in den dampkring van Venus, die verhinderen de oppervlakte te zien 20

§ 97. Over de overgangen van Venus voorbij de zon. Hunne zeldzaamheid. Zij hebben bij paren plaats; tusschen de voorbijgangen van elk paar liggen altijd 8 jaar, verminderd met 2 of 3 dagen. 22

Bladz.

§ 98. Verschillende plaatsing van het noordelijke punt der zonneschijf des morgens, des middags en des namiddags. Bij een voorbijgang schijnt Venus daardoor zich anders over de zon te bewegen, dan zij werkelijk doet 25

§ 99. Vervolg van het onderwerp. Waarom Venus tusschen de jaren 1874 en 1882 nooit op de zon gezien wordt . . . 28

§ 100. Waarom het nu zoo lang duurt, voor er weder een voorbijgang van Venus over de zon is. Nauwkeuriger berekening van den omloopstijd van Venus, met betrekking tot de aarde 29

§ 101. Wanneer er dus weder voorbijgangen verwacht kunnen worden. Verschil in de op elkander volgende paren van doorgangen 31

§ 102. Waarom de voorbijgangen van Venus voor de sterrekunde belangrijk zijn. Zij dienen voor de bepaling van den afstand der aarde tot de zon 33

§ 103. Hoe men in het algemeen den afstand van een verafgelegen voorwerp bepaalt 34

§ 104. Toepassing dezer methode ter bepaling van den afstand der maan 36

§ 105. Waarom die methode niet goed van toepassing is bij de bepaling van den afstand der zon 40

§ 106. Hoe uit de voorbijgangen van Venus over de zon de afstand van de zon tot de aarde bepaald wordt. Eerste methode, van Halley 42

§ 107. Nadeelen van deze methode. Tweede methode om hetzelfde doel te bereiken, methode van de l'Isle 48

§ 108. Er is nog eene kleinere ster, die evenals Venus, dan eens des morgens, dan eens des avonds, maar altijd in de nabijheid der zon te zien is. Deze heet Mercurius. . . . 54

§ 109. Over de overgangen van Mercurius voorbij de zon . . . 58

§ 110. De voorbijgangen van Mercurius zijn niet geschikt, om den afstand van de aarde tot de zon te bepalen 62

§ 111. Of er nog meer binnenplaneten zijn 63

TWEEDE HOOFDSTUK.

Over de aarde als planeet. De achteruitgang der nachteveningen.

Bladz.

§ 112. Hoe onwaarschijnlijk de meening is, dat Mercurius en Venus om de aarde loopen. Rechtloopende beweging en teruggang der planeten. 66

§ 113. Het stelsel van Kopernikus: De zon staat in het midden en de planeten loopen om de zon. De aarde is ook eene planeet. 70

§ 114. De derde wet van Keppler 71

§ 115. In hoeveel tijd de aarde om hare as draait. Sterredag en zonnedag 78

§ 116. In hoeveel tijd de aarde om de zon draait. Omloopstijd der aarde met betrekking tot de sterren. 80

§ 117. Omloopstijd der aarde met betrekking tot het nachteveningspunt. Verschil van dit jaar met het vorige . . . 82

§ 118. Naaste oorzaak van dit verschil. Achteruitgang der nachteveningen, door Hipparchus ontdekt, 150 jaar voor Christus, dat is 796 jaar vóór de Hidjra 84

§ 119. In hoeveel tijd het nachteveningspunt de geheele ekliptika doorloopt. Hoe de evennachtslijn zich beweegt en welken weg de polen aan den hemel doorloopen. 86

§ 120. Hoe de as der aarde zich beweegt; vergelijking met de beweging der as van eenen tol. Vergelijking van de beweging der evennachtslijn met die der maansloopbaan. . 91

§ 121. Verklaring hiervan, door Newton gegeven. Berekening van den achteruitgang der nachteveningen door de werking der zon. 93

§ 122. Berekening van den achteruitgang der nachteveningen door de werking der maan. Som der beide werkingen . . . 99

§ 123. Verschuiving van de sterrebeelden van den dierenriem . 104

DERDE HOOFDSTUK.

Physische gesteldheid van den aardbol. Eb en vloed. Verschijnselen in den dampkring.

Bladz.

§ 124. Verdeeling van land en zee aan de oppervlakte van den aardbol 111
§ 125 Hoog land en laag land 115
§ 126. Er zijn drie soorten van bergen: vulkanen (vuurbergen), vulkanische bergen en niet vulkanische of uit zee opgehevene bergen 117
§ 127. Hoe de bergen ontstaan zijn 119
§ 128. Over de uitbarstingen der vulkanen en over de aardbevingen 124
§ 129. Over ebbe en vloed. Beschrijving van het verschijnsel. Het staat in verband met zon en maan 128
§ 130. Verklaring van de eb en vloed, veroorzaakt door de maan. 131
§ 131. Eb en vloed, veroorzaakt door de zon 137
§ 132. Over de afwijkingen van de gewone, voor eb en vloed geldende regels en hare oorzaken 139
§ 133. Voorstelling van die afwijkingen 142
§ 134. Hoe de hooge waters bij elkander kunnen geteld worden. 143
§ 135. Waarom alle springvloeden niet even hoog zijn 147
§ 136. Hoe de getijen loopen op plaatsen, die van twee of meer kanten voor den vloed toegankelijk zijn 149
§ 137. Verklaring van de mogelijkheid, dat er slechts één vloed en ééne ebbe per dag is. 152
§ 138. Gang van vloed en eb voor verschillende plaatsen in den Oost-Indischen Archipel 156
§ 139. Over den dampkring. Vaste, vloeibare en gasvormige lichamen. Spankracht en samenpersbaarheid der gasvormige lichamen 160
§ 140. Samenstelling der lucht 163
§ 141. Hervatting van het onderwerp. Drukking van den dampkring. Verklaring van de werking van eene bleekersspuit en van eene pomp. 168
§ 142. Nadere verklaring. Uitvinding van den barometer . . . 172

Bladz.

§ 143. Veranderlijkheid van de drukking der lucht, naar gelang der hoogte. Onzekerheid, waar de grens van den dampkring is 175
§ 144. Andere vormen van barometers 180
§ 145. Gebruik van den barometer. Weervoorspelling. Hoogtemeting 183
§ 146. Over de temperatuur der lucht en over de thermometers. Thermometer van Galilei, met lucht gevuld 185
§ 147. Thermometer van Ferdinand II, met spiritus gevuld . , 187
§ 148. Thermometer, door Halley voorgesteld, met kwik gevuld. 190
§ 149. Vaste punten van den thermometer. Het vriespunt en kookpunt van water 192
§ 150. Drie verschillende schalen van thermometers: Fahrenheit, Celsius en Reaumur 193
§ 151. Herleiding van de verschillende thermometerschalen tot elkander 196
§ 152. Warmte op Java. Dagelijksche afwisseling der temperatuur aldaar 198
§ 153. Jaarlijksche afwisseling der temperatuur. 201
§ 154. Afwisseling der temperatuur in Nederland. Invloed van den wind op de temperatuur 202
§ 155. Vermindering van de warmte en de drukking der lucht bij toenemende hoogte boven de zee 205
§ 156. Verschillende plantengroei naar gelang van de hoogte. Eerste hoogte-afdeeling naar Junghuhn, van de zee tot eene hoogte van ongeveer 650 meters. 207
§ 157. Tweede hoogte-afdeeling, van ongeveer 650 tot ongeveer 1460 meters hoogte 209
§ 158. Derde hoogte-afdeeling, van ongeveer 1460 tot ongeveer 2270 meters hoogte 212
§ 159. Vierde hoogte-afdeeling, hooger dan ongeveer 2270 meters. 214
§ 160. Helderheid der lucht op de hoogte der bergtoppen. Droge nevel of stof in de laagte, voornamelijk in den oostmoesson 216
§ 161. Over de schemering 217
§ 162. Over het zodiakaal-licht 220
§ 163 Over de straalbreking en over lenzen 222

Bladz.

§ 164. Over de wolken. Waardoor zij ontstaan. Eerste reden. Verkoeling door uitzetting der opgestegen lucht 230

§ 165. Tweede reden. Nederslag van water bij vermenging van twee hoeveelheden lucht van verschillende temperatuur. Derde reden. Nederslag door de nachtelijke koude . . . 233

§ 166. Over de verschillende soorten van wolken, en de hoogten, waarop zij voorkomen. 236

§ 167. Over de sneeuw 238

§ 168. Over het onweer 240

§ 169. Over den hagel. 247

§ 170. Over de cyclonen 250

VOORBERICHT.

Omtrent den aanleg en den inhoud van dit derde stukje heb ik enkele opmerkingen mede te deelen.

Mijn voornemen was eerst, daarin de planeten af te handelen, maar ik heb daarvan afgezien en ben niet verder gekomen dan de aarde. Eene inzage van den inhoud zal wel ophelderen, waaraan dit toe te schrijven is. De voorbijgangen van Venus over de zonneschijf konden niet met stilzwijgen voorbijgegaan worden, althans nu niet, nu er één van de twee, die in deze eeuw plaats hebben, reeds voorbij is, en eene andere nog komen moet.

Nu de aarde als planeet behandeld werd, lag het voor de hand, den natuurkundigen toestand harer oppervlakte en de verschijnselen in den dampkring niet met stilzwijgen voorbij te gaan; niet alleen gaf dit van zelf aanleiding, allerlei wetenswaardige zaken te bespreken, die voor den leerling van veel meer onmiddellijk belang zijn, dan de buitenplaneten, maar het kwam mij ook voor de afwisseling niet onwenschelijk voor.

Bijzondere moeilijkheden gaf de verklaring van eb en vloed. Voor bewoners van den Indischen Archipel, waar op menige

plaats slechts één getij per dag is, kon de gewone verklaring, die in alle Europeesche handboeken te vinden is, volgens welke er altijd en overal twee getijen per dag zijn, niet volstaan, en daardoor is dus de noodzakelijkheid ontstaan, de „interferentie" der getijen te behandelen, (§ 132—138). Om alle bijzonderheden van de getijen zelf op de hoofdplaatsen te bestudeeren, zoude het wenschelijk zijn, dat van Regeerings-wege op vele plaatsen in den Oost-Indischen Archipel zelfregistreerende getijmeters geplaatst en waargenomen werden. De gegevens voor de studie der eb- en vloedverschijnselen aldaar zijn nu nog spaarzaam. Van de, op verzoek der Engelsche Regeering in het jaar 1839 op verschillende plaatsen van den Archipel gedane, getijwaarnemingen zijn de resultaten in eenige vroegere jaargangen van den Regeerings-Almanak van Nederlandsch Indië medegedeeld, o. a. in den jaargang 1850. In latere (1852 en verv.) zijn die resultaten weer weggelaten. In het jaar 1851 bewerkte wijlen de luitenant ter zee H. D. A. Smits eene maand uurwaarnemingen der getijen, in de maand Mei 1849 onder toezicht van den toenmaligen luitenant ter zee P. Toutenhoofd te Bezoeki verricht, (Natuurk. Tijdschrift voor N. I., Deel II, blz. 365). Hij werd door dat onderzoek geleid tot de vooronderstelling, „dat door eenige oor-„zaak, eene misschien periodieke golf wordt daargesteld, afge-„scheiden van de gewone getijgolf, welke laatste door de aan-„trekking van zon en maan wordt voortgebracht, en dat die „verstorende golf de voorname, zoo niet de eenige oorzaak is van „de zonderlinge verschijnselen, welke wij boven hebben aangewezen."

De wijze, waarop Smits zijn onderzoek naar die „verstorende golf" instelde, was zoodanig, dat zij hem noodzakelijk den loop van het zonnegetij moest geven. En de gewone getijgolf, welke volgens hem „door de aantrekking van zon en maan wordt voortgebracht," was niets anders dan het maangetij alleen, zooals ook de heer Jansen terecht begreep, toen hij, bij het bewerken van getijwaarnemingen, in staat Madoera in 1847 gedaan, een der-

gelijk resultaat vond als Smits. (Reg.-Alm. v. N. I. 1850, blz. 24).

Doordien Smits dit niet inzag, meende hij eene „verstorende golf" te moeten aannemen, niet afhangende van zon of maan; terwijl bij eenig nadenken licht te zien is, dat het vreemde, dat de getijwaarnemingen van Bezoeki, in Mei 1849, opleverden, hierin gelegen is, dat, indien men het zonnegetij, in twee getijen scheidt of ontleedt, één, hebbende eene periode van een halven dag, en één, hebbende eene periode van een heelen dag; alsdan de getijwijdte in het laatste getij bijna tweemaal meer bedraagt, dan de getijwijdte in het eerste getij, — terwijl daarentegen op plaatsen, aan den Oceaan gelegen, het dagelijksche getij steeds veel geringere getijwijdte heeft, dan het halfdagelijksche. Smits zegt wel, dat zijn onderzoek de theorieën van Bernouilli en Laplace bevestigen, (Proces-Verbaal der vergadering der Natuurkundige Vereeniging van 24 September 1851, Nat. Tijdschr., deel II, blz. 523), maar deze schrijvers spreken nergens van eene „verstorende golf."

Dat nu het zonnegetij zulk een loop nemen kan, zoodra slechts twee (of meer) dergelijke getijen, van verschillende zijden afkomstig, zich vereenigen, heb ik in § 137 trachten duidelijk te maken.

In verdere bijzonderheden kon ik in dit werkje niet treden, maar zonder twijfel zijn er nog verscheidene andere invloeden, die bij de beschouwing van de getijen, in zulke met land bezaaide zeeën als de O. I. Archipel aanbiedt, in rekening gebracht moeten worden.

Zoo heeft de ondiepte der zee tusschen de Groote Soenda-eilanden zonder twijfel meer invloed op de getijgolven, die eene periode van een halven dag hebben, dan op die, welke eene periode van een geheelen dag hebben; de door terugkaatsing ontstaande interferentie der getijgolven, die gewoonlijk geheel buiten rekening gelaten wordt, heeft, evenals bij de geluidgolven, invloed; maar bij de onregelmatigheid der kustlijnen, en den ook niet te verwaarloozen invloed van de helling der zeestranden, is het

onmogelijk deze invloeden a priori in rekening te brengen. De verhouding van de werking van zon en maan, bij den teruggang der nachteveningen en bij de getijen, heb ik uit de getallen afgeleid, die thans voor de beste waarden van de massa's van zon en maan gelden, en daarvoor 2,2 gevonden, (§ 123); de waarnemingen der getijen leveren nogtans eene grootere waarde voor de massa der maan op, dan die, welke uit sterrekundige waarnemingen afgeleid is; het is mij niet bekend, dat dit verschil reeds genoegzaam verklaard is.

Den loop van het getij te Soerabaja, in § 188 beschreven, heb ik aan de welwillende mededeeling van den heer M. L. J. Van Asperen te danken, vroeger Onder-equipagemeester aldaar. In hoofdzaak komen deze gegevens overeen met hetgeen Melvill van Carnbee in zijnen „Zeemans-Gids voor de vaarwaters rondom het eiland Java" opgeeft.

Nog neem ik de gelegenheid waar, hier op eene onnauwkeurigheid opmerkzaam te maken, die in leerboeken over cosmographie vrij algemeen begaan wordt, namelijk dat, als de aarde geheel door zee bedekt was, de *vloed* juist onder de maan zou komen. Draaide de aarde niet om hare as, dan zou dit waar zijn, maar de asomwenteling der aarde veroorzaakt dat, in de gemaakte onderstelling, de *eb* onder de maan zou komen, althans bij de geringe diepte der zee met betrekking tot den straal der aarde. Zoo was ook het resultaat van Newton, van Laplace en Airy. Laatstgenoemde maakte hierop nog onlangs opmerkzaam, (*Monthly Notices of the Royal Astron. Society*, Vol. XXVI.)

De thermometers heb ik gemeend het best historisch te behandelen, daardoor wordt het duidelijk, hoe de verschillende verbeteringen achtereenvolgens zijn aangebracht, terwijl uit elke ontdekte en uit den weg geruimde zwarigheid leering te trekken is.

Voor het verschijnsel, dat de temperatuur der lucht met toenemende hoogte afneemt, worden nog andere verklaringen gegeven dan die, welke ik in § 155 heb gegeven. Zoo wordt gezegd:

„de dampkring slorpt de zonnestralen zeer weinig op, en wordt bijna alleen door aanraking met de oppervlakte der aarde warm. De luchtlagen moeten daarom, op eenig oogenblik des te warmer zijn, naarmate zij zich dichter bij de oppervlakte bevinden."

Deze oorzaak werkt zeker wel eenigszins, maar daardoor is niet verklaard, waarom het op eene hoogvlakte, als die van Bandong, kouder is dan in de laagte, zooals te Batavia. Daar, te Bandong, is de stralende zonnewarmte in alle geval sterker dan te Batavia; toch is het er niet warmer.

Nog zeer onlangs is het beginsel van het behoud van het arbeidsvermogen op deze vraag toegepast, en als een medewerkende oorzaak voor het genoemde verschijnsel de verkoeling aangevoerd, die eene zekere hoeveelheid lucht ondergaat, als zij tot eene zekere hoogte gebracht en daardoor aan mindere drukking is blootgesteld; hetzelfde verschijnsel dus, dat ik in § 164 heb opgegeven voor een van de redenen der vorming van wolken. Ik moet hiertegen inbrengen, dat diezelfde theorie eene veel te schielijke afname van warmte geeft, nl. 1° C. op 101 meters hoogte; er wordt mijns inziens door die berekening alleen de limiet aangegeven tusschen een wankelbaar en een vast evenwicht in den dampkring. Ware de warmte-afname sneller dan 1° C. per 101 meters, dan zou men een wankelbaar evenwicht hebben, en er zouden dadelijk op- en neergaande stroomingen in de lucht ontstaan, om althans een onverschillig evenwicht te verkrijgen. Nu zij langzamer is, bestaat er een vast evenwicht in den dampkring, voor zoover de temperatuurvermindering bij hoogte-toename aangaat; de bedoelde verkoeling kan dus geene *oorzaak* zijn van het plaats hebbend verschijnsel.

Bij de behandeling van het klimaat van Java, achtte ik het aangewezen, ook de afwisseling van den plantengroei op te nemen; hierbij was, behalve mijne eigene reisherinneringen, Junghuhn mij ten gids; doch het spreekt van zelf, dat ik slechts in hoofdtrekken kon treden. Het was hier wenschelijk, den middelweg te betreden, even zooals ik ook getracht heb te doen bij de behan-

deling der natuurkundige gesteldheid der aarde. Ik heb mij hierbij tot een paar hoofdzaken bepaald, en mij niet begeven in onderwerpen, die meer eigenaardig tot het gebied der natuurkundige aardrijksbeschrijving behooren, zooals gletschers, zeestroomingen, ijsbergen, enz.

Het is mij een aangename taak, mijnen dank te betuigen aan mijnen vriend Dr. J. Robbers, docent aan het Gymnasium alhier, die zich wel met eene correctie der proeven heeft willen belasten, en daardoor menige onvolkomenheid heeft helpen verbeteren.

Ik hoop, dat dit derde stukje een goed onthaal te beurt zal vallen; dan hoop ik het eerlang door een vierde te laten volgen.

UTRECHT,
3 Maart 1881.

DE SCHRIJVER.

EERSTE HOOFDSTUK.

Over de twee morgen- en avondsterren, (Venus en Mercurius.)

---

§ 91.

OVER DE AVONDSTER. WAT HAAR NAAM VENUS BETEEKENT. ZIJ IS DEZELFDE ALS DE MORGENSTER.

DE HEER. Wel Abdullah! het doet mij genoegen dat ik u weder zie, dan kunnen wij weder eens wat over de sterren praten.

ABDULLAH. Ja mijnheer, ik wilde u juist daaromtrent iets vragen. Wat is dat toch voor eene prachtige ster, die tegenwoordig 's avonds in het westen zichtbaar is, zoodra de zon onder is?

DE HEER. Wel, die ster wordt in 't maleisch wel eens de Ooster ster (bintang timor) genoemd, ofschoon zij nu juist in het westen staat. De Europeanen noemen haar wel eens de avondster, even als de Javanen: lintang soré, maar anders wordt zij gewoonlijk *Venus* genoemd. Dit is eigenlijk een latijnsche naam, voor de godin der schoonheid. Reeds meer dan 2000 jaren geleden noemden de Grieken haar Aphrodite, zoo heette bij hen die zelfde godin. Want gij hebt misschien wel eens gehoord, dat de Grieken en Romeinen, en in het algemeen alle ouden volken, aan een aantal goden geloofden.

Zij hadden een god van den oorlog, van den tijd, van den koophandel, van den wijn, van de hel, van den hemel, van de zon, van de zee, enz., en evenzoo godinnen, van de wijsheid, van de schoonheid, van den landbouw, ja zelfs van de tweedracht; en al die goden en godinnen waren ondergeschikt aan den oppersten god, die tegelijk ook de god van den donder was: deze heette bij de Grieken Zeus, bij de Romeinen Jupiter, bij de Nooren Thor. De Grieken beeldden hem af met den bliksem in de hand, zie hierachter fig. 300. Hij was gehuwd met de opperste godin, die de Grieken Hèrè en de Romeinen Juno noemden. Van al die goden en godinnen hadden de Grieken dichterlijke verhalen, waarin die goden en godinnen even handelden als de menschen.

De Joden in Palaestina hebben het eerst het geloof aan slechts één God gehad, daarna is door Jezus Christus de christelijke godsdienst en later door Mohammed de Islaam gesticht, en de belijders van die godsdiensten nemen al die vele goden en godinnen niet aan; maar toch zijn nog vele verhalen en heldendichten bekend, die uit die oude tijden zijn overgebleven, en waarin die goden en godinnen even als de menschen zelve voorkomen, juist als in de heldendichten, waarvan nog overgeblevene stukken op de wajangspelen gespeeld worden.

Maar laat ons nu tot onze ster terugkomen. De Grieken en de Romeinen benoemden dus die ster en de godin der schoonheid met denzelfden naam, en de Europeanen hebben den latijnschen naam *Venus* behouden.

Nu wil ik daarmede niet zeggen, dat de Grieken of Romeinen haar voor het eerst gezien en haar eenen naam gegeven hebben; die ster valt zoo in het oog, dat gij wel zeker kunt zijn, dat, zoo lang er menschen geleefd hebben, die ook naar de sterren keken, die ster ook wel bekend zal geweest zijn. Wij weten dan ook volstrekt niet, wie haar het eerst hebben waargenomen of eenen naam gegeven. De Chineezen hebben dit zeker al zeer vroeg gedaan, lang voor de Grieken. Zij noemden haar eerst Tái pé, *de groote witte*, maar tegen-

woordig wordt zij door hen *het metaal* genoemd naar een van die zaken, die bij de Chineezen voor grondstoffen of elementen golden. De Indiërs noemden haar *Soekra*, d. i. glinsterende; de Arabieren زهرة, *zohara*. De Javanen hebben den Indischen naam overgenomen en noemen haar Soekra; de Dajakkers *bintang maling*, *de ster der dieven*.

Die ster nu is zeker na de zon en de maan het prachtigste hemellicht dat wij kennen. Maar zeg mij eens, hebt gij haar al lang gezien?

ABDULLAH. Neen mijnheer, zij is, naar ik hoor, pas twee of drie weken zichtbaar, vroeger stond zij dichter bij de zon, maar was nog niet zoo helder; zij is elken avond verder van de zon gekomen.

DE HEER. Juist, maar zij zal nu nog verscheidene maanden zichtbaar blijven. Zij zal nu eerst alle dag wat verder van de zon komen, zoodat zij, als de zon ondergaat, alle dag weer op hetzelfde uur een weinig hooger staat. In het geheel duurt dat zeven maanden, totdat zij eindelijk, als de zon ondergaat, iets meer dan halverweg tusschen den horizon en het zenith staat. Dan schijnt haar afstand van de zon, gedurende eenige dagen, niet te veranderen; en daarop keert zij zeer snel naar de zon terug. Gedurende den tijd, dat zij zich van de zon verwijdert, wordt zij hoe langer hoe helderder, en als zij naar de zon terugkeert, wordt zij zelfs ook nog in de eerste vijf weken veel helderder, zoodat zij dan met den grootsten glans schittert. In al dien tijd kan zij over dag zeer goed gezien worden, als men maar weet, waar men haar zoeken moet.

Dan nadert zij weder sneller en sneller tot de zon, en wordt dan tegelijk zwakker en zwakker van licht, en eenige dagen voordat zij de zon bereikt, verliest men haar uit het oog, gedeeltelijk omdat het sterke zonnelicht hindert.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u hebt gezegd, dat die ster dan zoo snel naar de zon terugkeerde; doet zij dat dan sneller, dan zij zich nu van de zon verwijdert?

DE HEER. O ja. Om van de zon tot haar verste punt te

komen, heeft zij niet altijd evenveel tijd noodig, het scheelt wel eens een dag of wat, gemiddeld is het 221 dagen; maar om terug te keeren tot de zon gebruikt zij slechts ongeveer 71 dagen, dus dat is nog geen derde gedeelte.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als zij dan tot de zon gekomen is, waar blijft zij dan?

DE HEER. Dan ziet men haar na eenige dagen des morgens vroeg, voor zonsopgang, aan den oostelijken hemel; zij komt dan vóór de zon op, en verwijdert zich dan zeer snel van de zon, zoodat zij dan na 71 dagen (of een paar dagen meer of minder) weer op haar grootsten afstand van de zon gekomen is. Dan gaat zij ook weder naar de zon terug, maar langzaam; dan besteedt zij omtrent 221 dagen om weder tot de zon terug te keeren.

In al *dien* tijd is zij werkelijk bintang timor, en wordt zoowel door Europeanen als Javanen *morgenster*, *lintang rinâ* genoemd. *) Thans is zij avondster.

ABDULLAH. Dus is de morgenster en de avondster dezelfde?

DE HEER. Ja, dat hebben in het eerst de menschen niet geweten, en men gaf ze dan ook beide twee verschillende namen, maar het spreekt van zelf, dat men dat toch merken moest, want men ziet nooit gelijktijdig 's avonds na zonsondergang de avondster en 's morgens voor zonsopgang de morgenster. Maar als de avondster verdwenen is, dan verschijnt de morgenster, en als de morgenster weer verdwenen is, dan verschijnt de avondster, dus het is wel duidelijk, dat beiden een en dezelfde ster zijn.

---

*) Op Borneo wordt zij door de Dajakkers *bintang sawah* genoemd.

§ 92.

VERSCHIL IN DE VERSCHIJNSELEN, DIE VENUS AANBIEDT EN DE VERSCHIJNSELEN, DIE ANDERE STERREN AANBIEDEN. HOEVEEL STERREN ER ZIJN, DIE, EVEN ALS VENUS, ZICH AAN DEN HEMEL BEWEGEN. ZIJ HEETEN PLANETEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is toch vreemd, hoe komt het toch, dat die ster zich zoo heen en weer beweegt? Andere sterren doen dat toch niet, bijv. het zevengesternte.

DE HEER. Neen, zeker niet. Wel staan het zevengesternte en de zon niet altijd even ver van elkander. Daar hebben wij reeds vroeger van gesproken. Als het zevengesternte 's avonds na zonsondergang in het westen van den hemel zichtbaar is, dan staat het den volgenden dag op hetzelfde uur iets lager, dat is dus: iets dichter bij de zon; het nadert dus van dag tot dag de zon en als het dan door het zonnelicht onzichtbaar geworden is, dan wordt het na eenige weken des morgens vóór zonsopgang in het oosten zichtbaar, en dan verwijdert het zich weder van de zon, dus staat het elken morgen weer iets hooger dan den vorigen morgen. In zoover doet het zevengesternte even als Venus nu en dan. Maar men zal nooit zien, dat het zevengesternte zich 's avonds van avond tot avond van de zon verwijdert, zoo als Venus doet, en men zal nooit zien, dat het des morgens, als het tot een zekeren afstand van de zon gekomen is, weder naar de zon terugkeert, zoo als Venus doet.

ABDULLAH. Dus schijnt Venus eene heel andere soort van ster te zijn dan de andere sterren?

DE HEER. Wel zeker. De meeste sterren van den hemel vormen groepen of figuren, die onveranderlijk dezelfde blijven. Het zevengesternte zag er voor 50 jaar even uit als nu, de sterren, die het samenstellen, hebben zich onderling niet bewogen. Later zal ik u wel eens vertellen, wat wij van die sterren

weten, alleen moet gij nu maar vooreerst onthouden, dat *die* sterren zeer, zeer ver van ons vandaan zijn, honderd duizenden malen verder dan de zon.

Onder al de duizenden sterren aan den hemel nu, zijn er reeds in de oudste tijden vijf opgemerkt, die zich bewegen. Van deze vijf is Venus er ééne. De Europeanen noemen ze planeten of dwaalsterren, de javanen *lintang loemampak* (Kr), *lintang loemakoe* (Ng) of *lintang ngiderran*.

---

§ 93.

DE PLANEET VENUS LOOPT EVEN ALS DE AARDE IN EENE ELLIPS OM DE ZON. HOE DE LIGGING IS VAN DE LOOPBAAN VAN VENUS MET BETREKKING TOT DIE DER AARDE.

ABDULLAH. En zijn die vijf dus verschillend van de andere sterren?

DE HEER. Ja, zonder twijfel! Gij begrijpt wel, dat het zeer veel moeite gekost heeft, voordat men heeft kunnen verklaren, waarom die sterren zoo heen en weer loopen. De groote moeilijkheid bestond eigenlijk hierin. Toen de menschen al begrepen hadden, dat de aarde een bol was, toen meenden zij dat de aarde zoo ontzettend groot en dus zoo voornaam was, dat zij in het middelpunt der wereld staan moest. Zij verbeeldden zich toen, dat de zon en de maan en al de sterren, en dus ook de planeten, om de aarde moesten draaien; maar het is later gebleken, dat dit alleen met de maan werkelijk het geval was.

Wat de zon aangaat, wij zien dat de zon in een jaar den geheelen hemel schijnt te doorloopen, maar dit kan men even goed verklaren door aan te nemen dat de aarde om de zon draait, als dat de zon zich om de aarde beweegt; dit heb ik u reeds vroeger uitgelegd; (Eerste stukje, § 15). Maar ik heb u toen doen opmerken, dat de sterrekundigen bevonden hebben, dat de zon ongeveer 108 maal grootere middellijn dan de aarde heeft, en dat het dus niet waarschijnlijk is aan te nemen, dat een

zoo groot lichaam om een zoo klein lichaam, maar wel dat een klein lichaam om een groot lichaam draait.

Wat de sterren aangaat, die schijnen wel met den geheelen hemel, de zon, de maan en de planeten er bij, in één dag om de aarde te draaien, maar ik heb u vroeger al uitgelegd, dat de aarde om hare as draait, en dat daardoor die dagelijksche beweging der sterren verklaard wordt.

Maar wat nu Venus aangaat, eenige eeuwen vóór en na het begin der christelijke jaartelling zijn er verscheidene beroemde grieksche sterrekundigen geweest, onder anderen Ptolemaeus, die in het jaar 120 te Alexandrië in Egypte leefde, en een boek over sterrekunde geschreven heeft, dat nog bestaat, deze allen en ook hij waren nog het denkbeeld toegedaan, dat de aarde in het midden van het heelal stond, en als men dat wil aannemen, dan is het zeer moeilijk de beweging van Venus eenvoudig te verklaren. Ik zal u nu niet vermoeien met u die verklaring van Ptolemaeus uit te leggen, want die was toch niet juist, ik zal u maar liever dadelijk mededeelen, dat wij nu zeker weten dat die schoone ster Venus, een lichaam is even als de aarde, die wij bewonen, en dat zij, evenals de de aarde, om de zon loopt.

ABDULLAH. Maar mijnheer, ik kan toch niet zien dat Venus ook een bol is, en waar komt dan dat fraaie heldere licht vandaan?

DE HEER. Wel, van de zon. Evenals de zon de aarde beschijnt en haar licht en warmte mededeelt, zoo beschijnt zij Venus en de overige planeten ook. En dat gij niet met uw bloote oog zien kunt, dat Venus een bol is, dat komt, omdat de afstand van de aarde tot Venus zoo groot is. Als gij u op Venus bevondt, dan zoudt gij ook niet kunnen zien, dat de aarde een bol is; en de aarde zou voor uw oog wel niet zóó helder als Venus, maar toch zeer helder schijnen, als een prachtige ster. Herinnert gij u niet, wat ik u vroeger van het *aschgrauwe* licht der maan gezegd heb? Dit is enkel licht, dat de maan van de aarde ontvangt; maar dat licht geeft de

aarde niet uit zich zelve, maar omdat zij door de zon beschenen wordt. Gij ziet dus wel dat de aarde door het zonnelicht, dat er op schijnt, zelve lichtgevend wordt. En de maan dan? die ontvangt haar licht toch ook van de zon en wordt zelf lichtgevend. Zoo is het nu met Venus ook. Maar luister nu maar verder.

Ik heb gezegd dat Venus om de zon loopt, even als de aarde. Ik moet u dus eerst eens vragen, herinnert gij u nog wel *hoe* de aarde om de zon loopt?

ABDULLAH. O ja mijnheer. De aarde loopt om de zon in een jaar, niet precies in een cirkel, maar in eene ellips, die toch bijna zoo rond is als een cirkel.

DE HEER. En weet gij nog waar dan de zon staat? Staat die in het middelpunt van die ellips?

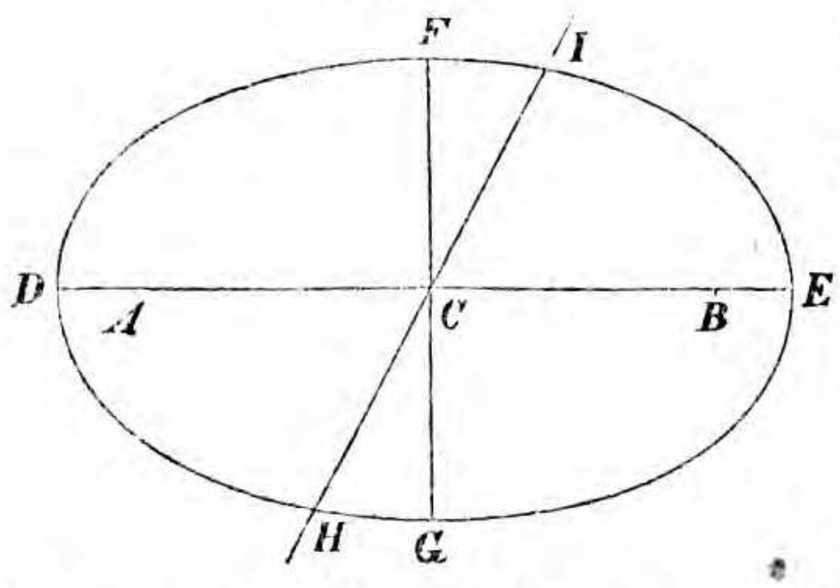
ABDULLAH. Neen mijnheer, in eene der twee brandpunten.

DE HEER. Dus de aarde staat niet altijd even ver van de zon?

ABDULLAH. Neen mijnheer, ik meen u hebt gezegd, dat de aarde den 1^{en} Januari het dichtst bij de zon staat, en den 3^{en} Juli het verst er van af. (Eerste stukje, § 16, fig. 36).

DE HEER. Juist zoo, en, zoo als ik u ook zeide, is de afstand der brandpunten $\frac{1}{60}$ van de middellijn. Ik zeide toen middellijn, omdat de loopbaan der aarde zooveel van een cirkel heeft, maar zie deze figuur eens (fig. 186). Daar is eene ellips geteekend, waarvan A en B de brandpunten zijn. Het punt C, dat juist in het midden tusschen de brandpunten der ellips ligt, heet haar *middelpunt*; en die naam is goed gekozen, want elke lijn $H\ I$, die ik door dat punt trek, wordt door dat punt in twee gelijke stukken gedeeld. Zulk eene lijn heet eene *middellijn*. In een cirkel hebben alle middellijnen dezelfde lengte. In eene ellips daarentegen hebben alle middellijnen niet dezelfde lengte. Trek ik nu eene lijn door de brandpunten, $D\ A\ C\ B\ E$, dan is dat de langste middellijn, die ik in de ellips trekken

(Fig. 186).



kan. Men noemt die lijn de *groote as*, en dus de helft $C\ E$ de *halve groote as.*

De middellijn $F\ G$, die de groote as rechthoekig snijdt, is de kleinste middellijn, die men in de ellips trekken kan. Men noemt die lijn de *kleine as*, en dus hare helft $C\ F$ de *halve kleine as.*

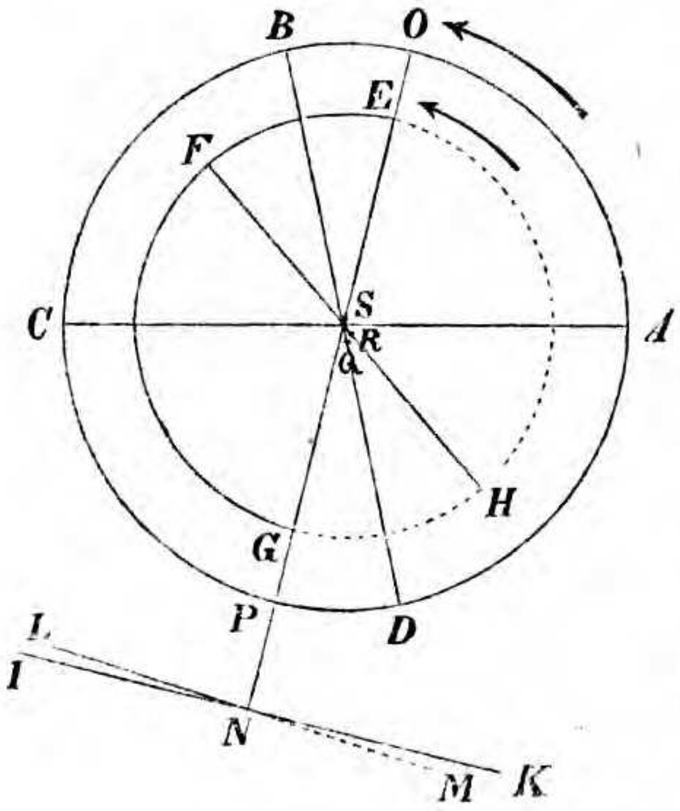
Nu heeft men nog een naam gegeven aan $C\ B$, den afstand van het middelpunt en één der brandpunten. Men noemt dien afstand de *uitmiddelpuntigheid*, of met een vreemd woord *excentriciteit.* Maar men bedoelt daarmede dan, welke breuk die afstand is van de halve groote as. Bijv. van de loopbaan der aarde is de excentriciteit $\frac{1}{60}$, dat wil zeggen: de afstand van de zon (die in het brandpunt staat) tot het middelpnnt is $\frac{1}{60}$ van de lengte der halve groote as.

Nu heb ik u gezegd, dat Venus om de zon loopt evenals de aarde. En daar heb ik mede bedoeld, dat Venus ook in eene ellips om de zon loopt.

Die ellips is nog iets meer cirkelvormig dan die der aarde. De excentriciteit van de loopbaan van Venus is slechts $\frac{1}{147}$, dus nog niet half zoo groot, als die van de loopbaan der aarde. Het is dus bijna alsof Venus in een cirkel om de zon loopt, en als wij die loopbanen van Venus en de aarde dus afteekenen, dan trekken wij ook maar cirkels in plaats van ellipsen.

Zie hier nu hoe die twee loopbanen ten opzichte van elkander gelegen zijn. In fig. 187 beteekent S de zon, de cirkel $A\ B\ C\ D$ de loopbaan der aarde, de cirkel $E\ F\ G\ H$ de loopbaan van Venus. Gij weet nu reeds, dat S niet juist in het middelpunt van deze beide cirkels staat. Inderdaad, als B de plaats is waar de aarde den eersten Januari van elk jaar is, dan is $B\,S$ kleiner dan $S\ D$; $B\ D$ is de groote as van de loopbaan der aarde en

(Fig. 187)



het middelpunt dier as ligt niet in S maar in Q, in de richting van S naar D. Het punt C stelt hier de plaats voor, waar de aarde zich den 20 Maart bevindt, in D is zij den 3 Juli, in A den 23 September. Van de loopbaan van Venus ligt de groote as langs $F\,H$. In F is Venus zoo dicht mogelijk bij de zon; in H zoo ver mogelijk van de zon verwijderd; maar het scheelt zeer weinig. Het middelpunt dier ellips ligt dus ergens in R, in de richting van S naar H, maar dichter bij S dan Q.

Als men nu onderstelt dat de loopbaan der aarde in de vlakte van het papier ligt, dan ligt de loopbaan van Venus niet juist in diezelfde vlakte, maar de helft $E\,F\,G$ ligt er boven, en de helft $E\,H\,G$ ligt er onder. Beide deze vlakten, die van de loopbaan van Venus, en die van de loopbaan der aarde, snijden elkander langs de lijn $E\,G$, die natuurlijk door S heen loopt, want de zon ligt in beide vlakten; dus ook in hare snijlijn, en de punten E en G, waarin de loopbaan van Venus de vlakte van de loopbaan der aarde snijdt, heeten de *knoopen*, even als bij de maansloopbaan.

Nu heeft de beweging van de aarde en van Venus plaats in de richting der twee pijltjes, die gij in de figuur ziet; is Venus in E, dan rijst zij dus boven het vlak van de loopbaan der aarde, en is zij in G, dan daalt zij beneden dat vlak. Daarom wordt E de *klimmende knoop* en wordt G de *dalende knoop* genoemd. Gij herinnert u, dat wij, toen wij de eklipsen behandelden, ook van die knoopen van de maansloopbaan spraken.

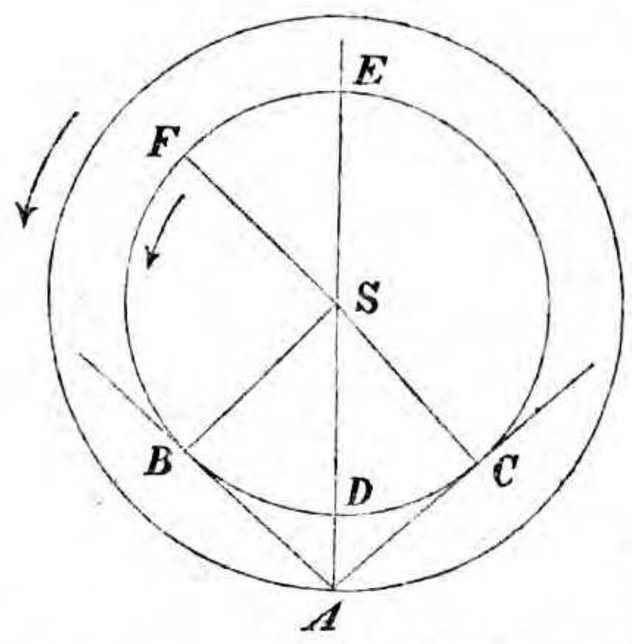
Kon men zich in de richting van $S\,G$ buiten de figuur plaatsen, bijv. in N, dan zoude men beide loopbanen op haren kant zien, en dan zouden zij zich voordoen even als de lijnen $I\,K$ en $L\,M$; de loopbaan der aarde zou dan langs $I\,K$ vallen, de loopbaan van Venus langs $L\,M$. L zou dus het hoogste punt zijn, dat Venus boven de loopbaan der aarde bereiken kan, M het laagste punt onder die loopbaan.

§ 94.

VERKLARING, WAAROM VENUS NU EENS AVONDSTER, DAN WEDER MORGENSTER IS.

Maar laat ons nu weder terugkeeren tot Venus, als avondster en morgenster. Gij zult nu zien dat al, wat ik u van den loop van Venus en de verandering van haar licht verhaald heb, zeer goed verklaard kan worden, als men maar let op fig. 188.

(Fig. 188.)



In de eerste plaats heb ik u gezegd dat Venus zich tot op een zekeren afstand van de zon verwijdert en dan tot de zon terugkeert. Haar afstand tot de zon wordt nooit grooter dan ongeveer 47°. Dit kunt gij nu dadelijk in fig. 188 ook zien. Gemakshalve zijn nu hier de loopbanen van de aarde en van Venus maar weder door cirkels voorgesteld. Als de aarde in A is, en de binnenste cirkel stelt de loopbaan van Venus voor, dan kan men uit A twee lijnen trekken, $A\ B$ en $A\ C$, die dien cirkel aanraken, én dan zal Venus zich altijd binnen den hoek $B\ A\ C$ moeten bevinden, die door de raaklijnen gevormd wordt. $A\ S$ is de richting, waarin men uit A de zon ziet, en nu maakt $A\ B$ daarmede aan de linkerzijde, en $A\ C$ aan de rechterzijde, eenen hoek van 47°.

Gij begrijpt wel, dat dan de verhouding van $S\ B$ tot $S\ A$ in de figuur moet geteekend worden zooals die omtrent in de natuur is, anders krijgt men den hoek $B\ A\ S$ niet $= 47°$. Uit de grootte van dien grootsten afstand 47°, heeft men dus ook kunnen afleiden *hoe groot* de straal $B\ S$ wel zijn moet, in vergelijking met $S\ A$. Neemt men aan, dat de loopbaan der aarde en die van Venus beide cirkels zijn, dan zou $B\ S = \frac{13}{100}$ van $A\ S$ moeten zijn.

Maar laat ons nu eens zien, wat er gebeurt. Gij hebt mij

gezegd, dat Venus nu eerst eenige weken zichtbaar was, en dat zij zich in dien tijd telkens verder van de zon verwijderd had. Welnu, dan zal zij, *nog* eenige weken vroeger waarschijnlijk wel juist bij de zon gestaan hebben.

ABDULLAH. Dat denk ik ook wel, mijnheer.

DE HEER. Welnu, zie dan eens hier. Stel onze aarde bevindt zich in *A*. Als Venus, van de aarde af gerekend, in dezelfde richting als de zon staat, hetgeen men *samenkomst* of *conjunctie* noemt, dan kan dat zijn, omdat Venus zich in *D* of in *E* bevindt. Is Venus in *D*, dan noemt men het *onderste conjunctie*, is zij in *E*, dan heet het *bovenste conjunctie*. Als nu Venus des avonds pas zichtbaar wordt, dan is zij kort te voren in *E* geweest, dus in hare bovenste conjunctie, zij staat dan aan de overzijde harer baan, nog verder van ons vandaan dan de zon zelve.

Stel nu eens, dat de aarde in *A* stil bleef staan, en dat Venus zich in *E* bevond, dan zou Venus in de richting van het pijltje langs den binnensten cirkel voortgaan, en na eenige maanden in *B* komen, dus zoo ver mogelijk, uit *A* gezien, van de zon. Dan zou zij haren loop langs *B D* vervolgen, dus zou zij, uit *A* gezien, zich weder naar de zon toe bewegen, en als zij in *D* gekomen was, zoude zij weder in de richting van de zon zijn.

Maar gij ziet nu wel, dat de boog *E B* veel langer is, dan de boog *B D*. Als men weet, dat de hoek $B\ A\ S = 47^0$ is, dan kan men zeer gemakkelijk door de wiskunde vinden, hoe groot de boog *E B* is. Want de straal *S B* staat loodrecht op *A B*, en als ik nu uit *S* eene lijn *S F* trek, evenwijdig aan *A B*, dan is de hoek *F S E* even groot als de hoek *B A S*, dus ook $= 47^0$; maar dan is hoek *B S F*, even groot als de hoek *S B A*, dus een rechte hoek, of 90^0, dus is hoek $B\ S\ E = 90^0 + 47^0 = 137^0$. en de boog *E F B* telt even veel graden als de hoek *B S E*, dus ook 137^0. Nu is boog *E F B D* een halve cirkel of 180^0, dus is boog $B\ D = 180^0$ verminderd met 137^0 of 43^0.

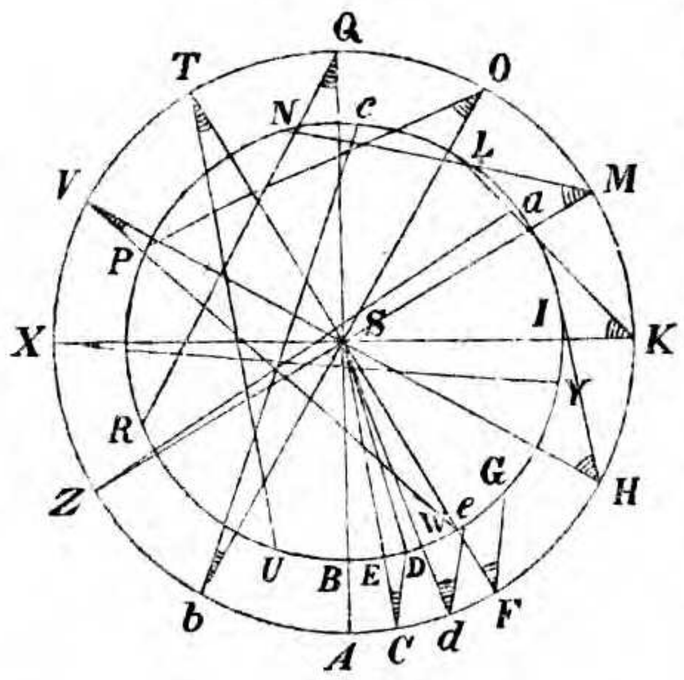
Nu is 137° meer dan driemalen grooten dan 43°, en Venus besteedt als avondster ook driemaal meer tijd om van de zon af te gaan, als om naar de zon terug te keeren.

Als morgenster is het juist andersom, zoo als duidelijk is. Want van D naar C gaande is weder $D\ C = 43°$ en dus is $C\ E = 137°$. Venus heeft dus, als morgenster, driemaal meer tijd noodig om naar de zon terug te keeren, als om van de zon af te gaan.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat zou nu alles heel duidelijk zijn, als de aarde stilstond; maar de aarde beweegt zich immers in haar loopbaan? En u hebt maar aangenomen, dat zij altijd in het punt A bleef.

DE HEER. Ja, dat is ook zoo. Maar dat konde ik wel doen, want wij hebben nu nog maar beschouwd, hoe de loop van Venus was, gezien uit de aarde, maar altijd met betrekking tot de zon. Stel nu eens, gij bevindt u in de zon, in fig. 189.

Fig. 189.



Stel eens dat de aarde in A en Venus in B staat, dan ziet gij uit S ze vlak bij elkander, en dan zoudt gij zeggen: Venus en de aarde zijn in conjunctie.

Tien dagen later heeft de aarde zich bewogen van A naar C; en Venus, die sneller loopt dan de aarde, van B naar D; uit S gezien, staat dus nu Venus een weinig links van de aarde, maar alleen zooveel als het *verschil* van de beide bewegingen bedraagt.

Uit de aarde C gezien schijnt dus Venus rechts van de zon te staan, maar ook wêer even alsof zij zich slechts van E naar D bewogen heeft. Gij ziet dus wel dat, als men de beweging van Venus met betrekking tot de zon beschouwen wil, zoo als die uit de aarde gezien wordt, men dan kan aannemen dat de aarde stilstaat, en dat de beweging van Venus, uit de zon gezien, juist zooveel minder is dan in werkelijk-

heid, als de beweging der aarde bedraagt. En dit kan daarom te meer zoo gemakkelijk geschieden, omdat de loopbanen van Venus en de aarde beiden zoo weinig van een' cirkel verschillen, dat men het onderscheid in eene teekening bijna niet zien kan.

Maar die geheele figuur 189 is nu verder afgeteekend, om u toch te doen zien, hoe de loop van Venus als morgenster is, zonder dat wij aannemen dat de aarde stilstaat. Want laten wij nu verder nagaan, waar de aarde en Venus telkens te gelijker tijd staan. De buitenste cirkel is in de punten *A*, *F*, *H*, *K*, *M*, *O*, *Q*, *T*, *V*, *X*, *Z* en b, in 12 gelijke deelen verdeeld; de aarde doorloopt den geheelen cirkel in 365,26 dagen, elk gedeelte wordt dus door de aarde doorloopen in het twaalfde gedeelte van 365,26 dagen, dus in 30,44 dagen nagenoeg. Wij zullen dit tijdvak kortheidshalve eene maand noemen.

Nu gebruikt Venus om hare baan ééns te doorloopen, 224,7 dagen, dus doorloopt zij elken dag 360 graden, gedeeld door 224,7 of 1,6021 graad; dus in ééne maand 30,44 × 1,6021 graad, d. i. 48°,77 nagenoeg, of omtrent 48¾ graad. Van *B* af zijn nu ook stukken aangenomen *B G*, *G I*, *I L*, *L N*, *N P*, *P R*, *R U*, *U W*, *W Y*, *Y a* en *a c*, die gelijk zijn aan 48¾ graad, en wanneer ik nu de lijnen *A B*, *F G*, *H I*, *K L*, enz. trek, dan verkrijg ik de richtingen, waarin Venus gezien wordt uit de aarde. Gij ziet nu ten duidelijkste, dat de hoek tusschen de lijnen, uit de aarde naar de zon en uit de aarde naar Venus getrokken, aanvankelijk hoe langer hoe grooter wordt,

als de aarde in *A* is en Venus in *B*, dan is die hoek = 0°,

als de aarde in *C* is en Venus in *D*, dan is die hoek *S C D* omtrent = 15½ graad.

Gij ziet dus, hoe schielijk zich Venus na die onderste conjunctie van de zon verwijdert, in 10 dagen 15½ graad, dus dat is in 1 dag meer dan 1½ graad.

Maar al zeer spoedig gaat dat langzamer. Bijv. nog 10 dagen later, is de aarde in *d*, en Venus in *e*, nu is de hoek *S d e*,

28 graad; 10 dagen later is de aarde in F en Venus in G, nu is de hoek $S\ F\ G$ 36½ graad, de beweging van Venus ten opzichte van de zon is dus geweest

in de eerste tien dagen		15½	graad,
in het tweede tiental	„	12½	„ ,
in het derde	„ „	8½	„ ;

de beweging is dus gaandeweg langzamer geworden.

Twee maanden na de onderste conjunctie is de aarde in H, en Venus in I; gij ziet wel dat de lijn $H\ I$ den binnensten cirkel nagenoeg aanraakt; de hoek $S\ H\ I$ is nu ook 46°, dus bijna zoo groot mogelijk.

Eene maand later is de aarde in K en Venus in L, nu is de hoek $S\ K\ L$ al kleiner dan $S\ H\ I$ was, hij bedraagt slechts 45°, Venus nadert dus al weder tot de zon.

Maar let nu eens op, hoe langzaam de terugkeer naar de zon gaat. Wij zullen het eens onder elkander zetten. Ik zal er nog de afstanden van de aarde tot Venus bij opgeven, waarbij dan, zoo als in de sterrekunde altijd geschiedt, de afstand van de aarde tot de zon = 1 genomen wordt. Ik zal het tafeltje vervolgen voor het tijdvak als Venus na 292 dagen de zon weer bereikt heeft en dan avondster wordt, maar in de figuur zijn de plaatsen van Venus niet verder geteekend dan voor 12 maanden na de onderste conjunctie, want anders zou de figuur te veel verward geraken en zou men al de lijnen niet meer duidelijk onderscheiden.

	Tijd sedert de onderste conjunctie.	Plaats der aarde.	Plaats van Venus.	Hoek tusschen Venus en de zon.	Afstand van de aarde tot Venus.
Venus morgenster.	0 maanden	A	B	0^0	0,277
	1 maand	F	G	36°,4 rechts	0,392
	2 maanden	H	J	45,9 „	0,613
	71 dagen, grootste afstand van de zon			46,3 „	
	3 maanden	K	L	45,1 „	0,848
	4 „	M	N	40,7 „	1,072
	5 „	O	P	34,6 „	1,272
	6 „	Q	R	27,6 „	1,441
	7 „	T	U	20,2 „	1,574
	8 „	V	W	12,5 „	1,666
	9 „	X	Y	4,5 „	1,715
	292 dagen, bovenste conjunctie			0^0	1,723
	10 maanden	Z	a	3^0,1 links	1,720
	11 „	b	c	11,0 „	1,679
	12 „			18,7 „	1,596
	13 „			26,2 „	1,471
	14 „			33,2 „	1,308
Venus avondster.	15 „			39,5 „	1,114
	16 „			44,5 „	0,894
	513 dagen grootste afstand van de zon			46,3 „	
	17 maanden			46,3 „	0,660
	18 „			39,8 „	0,432
	19 „			9,6 „	0,282
	584 dagen, onderste conjunctie			0	0,277

Gij ziet dus nu, dat Venus zich precies zoo ten opzichte der zon beweegt, als ik u vroeger uitlegde, toen ik de aarde liet stilstaan in *A*.

§ 95.

HOE VENUS ER UITZIET DOOR EEN KIJKER, EN HOE DE TOE- EN AFNAME VAN LICHT VAN VENUS VERKLAARD KUNNEN WORDEN.

DE HEER. Wel Abdullah, herinnert gij u nu nog, hoe wij verklaren kunnen dat Venus dan eens morgenster, en dan eens avondster is?

ABDULLAH. O ja mijnheer, en ik heb het lijstje, dat u mij gegeven hebt, ook bewaard en nagezien. Ik begrijp nu ook heel goed, dat als Venus eerst op een grooten afstand van de aarde is, bijv. 1,723 of 1,720, en als dan later die afstand afneemt, en 1,679, 1,596 enz. wordt, dat dan Venus helderder moet worden, want hoe dichter bij de aarde, hoe helderder, dat is natuurlijk; ik begrijp nu ook, dat als de grootste afstand van de zon, dus 46°,3, voorbij is, de helderheid van Venus nog toeneemt; maar wat ik niet begrijp, is, dat u mij gezegd hebt, dat dit maar eenigen tijd duurt; ik geloof u hebt gezegd vijf weken; en dat Venus dan weer zwakker en zwakker van licht wordt.

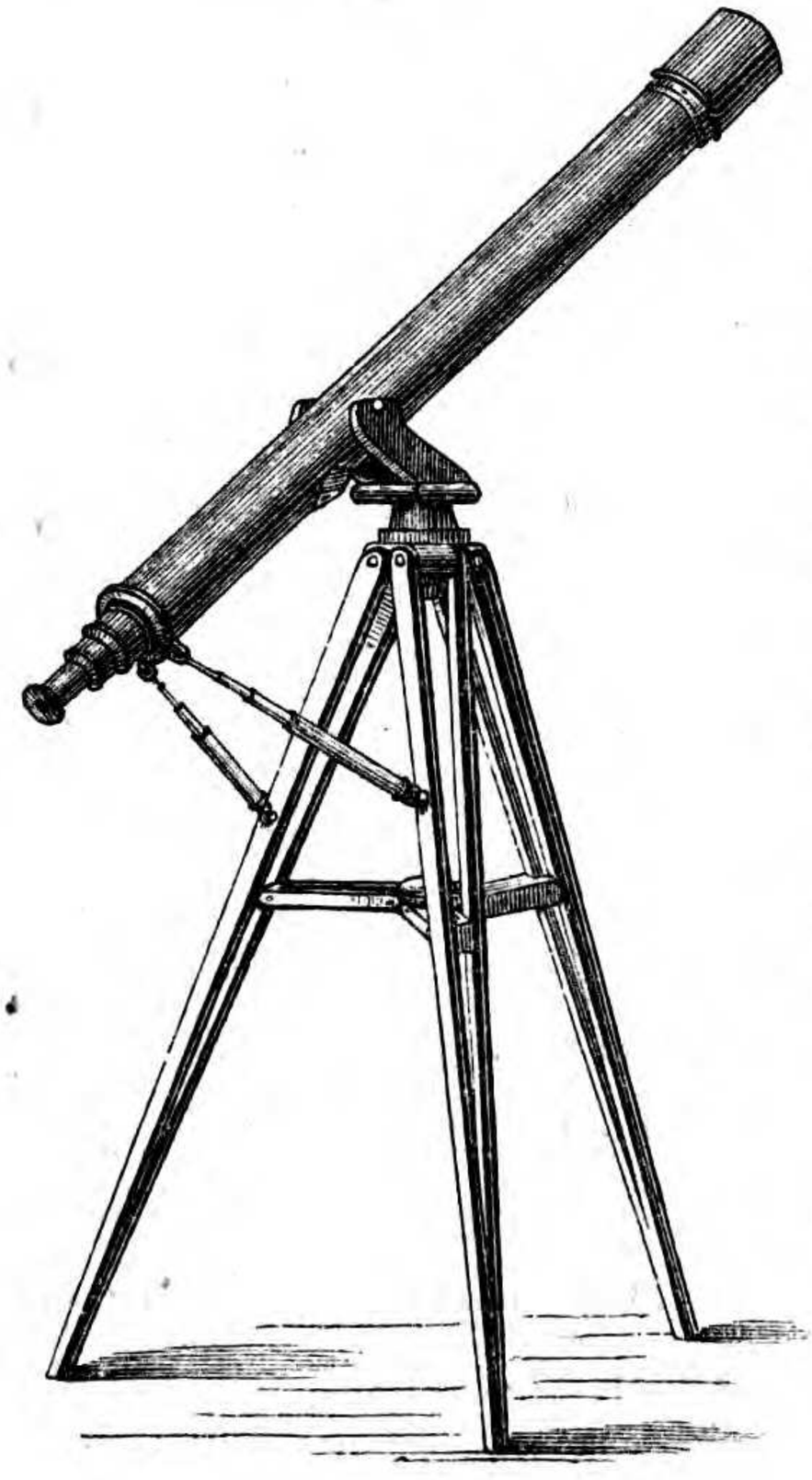
DE HEER. Wel Abdullah, dat zal u wel duidelijk worden als gij u maar wilt herinneren, wat ik u ook gezegd heb, dat namelijk het schitterende licht van Venus van de zon komt; het is, zoo als men zegt, aan de zon ontleend. Maar gij moet wel nagaan, hoe Venus geplaatst is, ten opzichte der zon en der aarde. Want de zon beschijnt slechts die helft van de oppervlakte van Venus, die naar haar toegekeerd is; de andere helft, die van haar afgekeerd is, is in het donker. En van de aarde af kunnen wij alleen die helft van Venus zien, die naar *ons* toegekeerd is, en van de andere helft zien wij niets. Als Venus in hare bovenste conjunctie is, dus in *E*, fig. 188, en de aarde staat dus in *A*, dan is Venus wel ver af, maar de helft, die door de zon beschenen wordt, is tevens naar de aarde gekeerd, en Venus moet zich dus voordoen als een rond schijfje, evenals de volle maan.

Maar is Venus, uit de aarde gezien, op haren grootsten afstand van de zon, dus in B of C, fig. 188, dan is van uit de aarde slechts de helft van de beschenene zijde zichtbaar; en wel: is Venus in B, dat is als zij avondster is, de rechterhelft, als men de noordpool des hemels boven het hoofd heeft; en in C de linkerhelft. Hier in Indië hebben wij de noordpool des hemels niet boven het hoofd, die is zelfs niet eens boven onzen horizon. Maar wij kunnen ons verbeelden, dat wij met den rug op den grond liggen, met het hoofd naar het noorden en de voeten naar het zuiden gekeerd. Wanneer wij dan naar Venus zien, als zij avondster is, dan is hare rechterzijde naar de zon gekeerd, en als zij morgenster is, hare linkerzijde.

ABDULLAH. Maar mijnheer, daar kunnen wij toch niets van zien, dan zou dus Venus er als de maan moeten uitzien?

DE HEER. Ja, Abdullah, dat hebt gij goed begrepen, maar dat gij er niets van zien kunt, is omdat Venus voor uw oog te klein is.

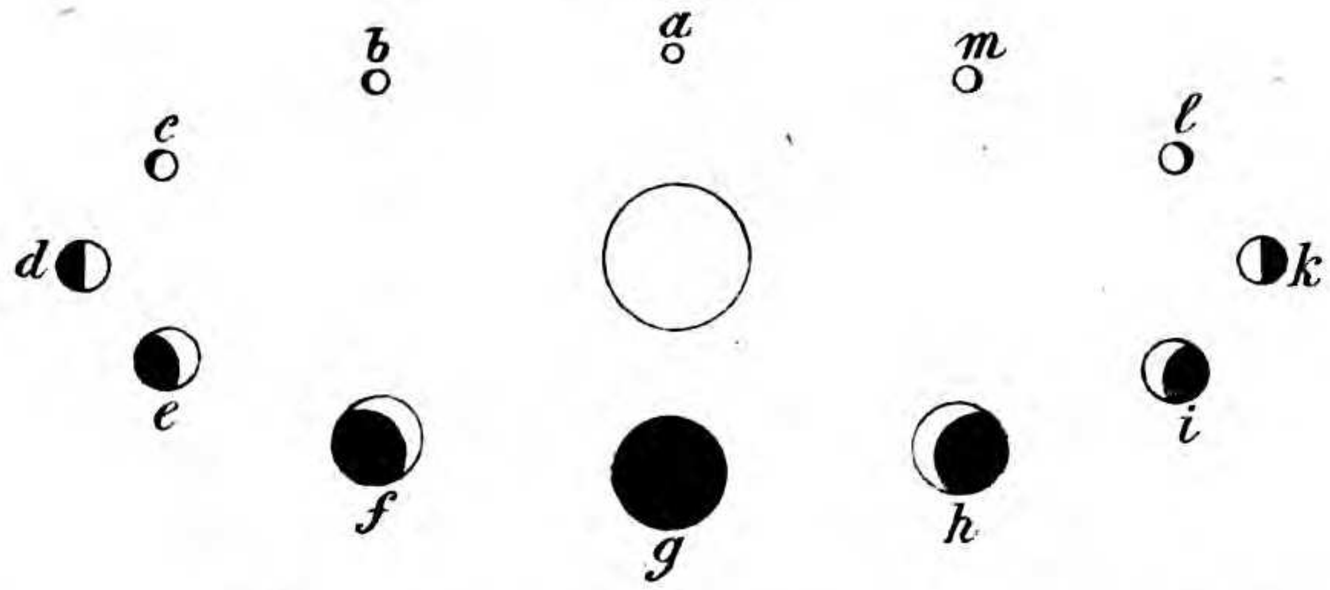
Fig. 190



Maar wanneer wij een' kijker gebruiken, dan zien wij precies hetgeen ik u heb medegedeeld. Zelfs een gewone verrekijker, zoo als hier in Indië verscheidene heeren wel hebben, is al sterk genoeg, om dat te doen zien. Maar anders moet men voor die beschouwing der sterren liever een grooteren kijker op een voet gebruiken, die goed vast staat, zoo als in fig. 190 is afgebeeld; daarmede nu kan men zeer goed volgen, hoe de gedaante van Venus verandert, en gij zult ook wel

zien, waarom het licht van Venus weder afneemt, als zij van *B*, fig. 188, naar *D* gaat, als gij maar eens fig. 191 wilt

Fig. 191.



bezien, waar juist de verschillende gedaanten geteekend zijn, waarin Venus zich voordoet. Hier stelt *a* voor, hoe Venus er door een kijker uitziet bij hare bovenste conjunctie, althans zoodra zij zichtbaar wordt; *d*, hoe zij er uitziet bij haren grootsten schijnbaren afstand van de zon, *g* bij hare onderste conjunctie; *b* en *c* wijzen aan, hoe de ronde gedaante in *a* langzamerhand overgaat in den vorm van eerste kwartiermaan *d*; en uit *e* en *f* kan men zien, hoe die vorm weêr langzaam in een dunne sikkel overgaat, totdat zij geheel donker is. Alleen moet ik u nog mededeelen, dat hetgeen in de figuur zwart geteekend is, aan den hemel niet zichtbaar is. Gij ziet nu wel

1°. dat Venus ons grooter toeschijnt, naarmate zij dichter bij de aarde is;

2°. dat meer van hare verlichte helft zichtbaar is, naarmate zij dichter bij de bovenste conjunctie is, en meer van hare donkere helft, naarmate zij dichter bij de onderste conjunctie is.

3°. dat zij bij hare onderste conjunctie alleen hare donkere zijde naar ons toekeert, en dus niet zichtbaar is;

4°. dat bij *e* nog iets meer licht zichtbaar is dan bij *d*, zoodat, als Venus avondster is, er eerst *na* den tijd van haren grootsten schijnbaren afstand, en dus als zij morgenster is, *vóór* den tijd van haren grootsten schijnbaren afstand, er een tijd moet zijn, dat hare helderheid het grootst is.

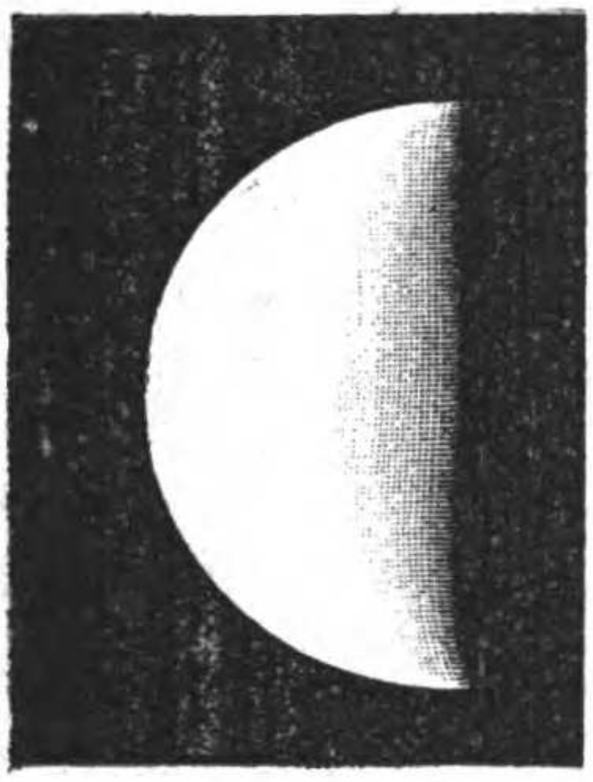
§ 96.

OP VENUS WORDEN GEENE LANDEN EN ZEEËN GEZIEN. DE TIJD, WAARIN ZIJ OM HARE AS DRAAIT, IS ONBEKEND. WAARSCHIJNLIJK DRIJVEN ER VELE WOLKEN IN DEN DAMPKRING VAN VENUS, DIE VERHINDEREN DE OPPERVLAKTE TE ZIEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u zegt dat Venus juist zoo een lichaam is als de aarde; als men nu Venus door een sterken kijker beziet, ziet men dan op Venus ook landen en zeeën?

DE HEER. Neen, op Venus kan men niets van landen of zeeën zien. Zij glinstert zoo sterk, dat men slechts één witten bol of sikkel ziet, alleen waar het lichte gedeelte in het donkere overgaat, dus op de grens tusschen licht en donker, daar ziet men dat die overgang niet plotseling plaats heeft, maar langzamerhand, zie bijv. fig. 192; dit is natuurlijk, want aan den bollen rand der figuur valt het zonnelicht recht op de oppervlakte van de planeet, maar dicht bij den rechterrand valt het zonnelicht al schuiner en schuiner op de oppervlakte en men ziet dus den overgang van licht tot donker over een breeden band, die dan nog wat breeder wordt, omdat Venus ook een dampkring heeft, even als onze aarde.

(Fig. 192.)

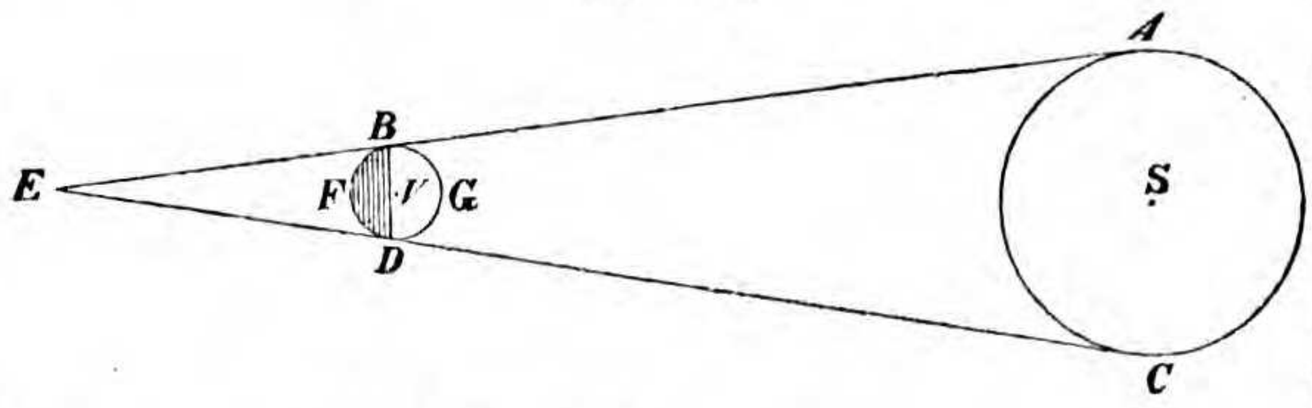


ABDULLAH. Hoe kan men dat nu weten?

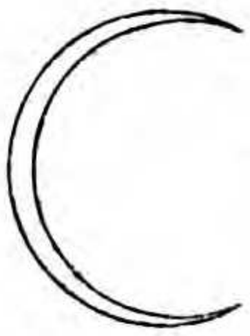
DE HEER. Wel zie eens hier. In fig. 191 staat de zon in het midden. In *e*, *f*, *h* en *i* ziet gij de planeet, als er nog maar een sikkeltje van zichtbaar is. Nu moet gij wel bedenken, dat de zon een veel grootere bol is dan Venus: hare middel-

lijn is wel 110 maal grooter dan die van Venus. En wat is daar nu een gevolg van? Zie eens hier, fig. 193. Als *S* de zon beteekent en *V* Venus, en als ik de raaklijnen *A B* en *C D* trek, dan zal de boog *B G D*, die in het licht is, grooter zijn dan een halve cirkel, en van den halven bol, zoo als in fig. 192, of de sikkel, zoo als in fig. 194, zal dus iets meer dan een halve cirkel verlicht moeten zijn.

(Fig. 193.)



(Fig. 194.)



Als nu Venus zich als zoo een fijne sikkel voordoet, dan is het nog al moeilijk, haar in een kijker te vinden, omdat zij dan zoo dicht bij de zon staat, maar het is toch wel mogelijk, en dan vindt men den boog, die verlicht is, veel grooter dan men verwacht had; en dat kan alleen toegeschreven worden aan een dampkring, dien Venus bezit. Herhaalde malen is dit door de sterrekundigen gezien.

Doordien men nu op Venus geene landen of zeeën en ook geene vlekken hoegenaamd onderscheiden kan, zoo kunnen wij ook niet zeker weten of Venus om hare as draait even als de aarde of niet. Maar er is wel geen twijfel aan, Venus draait stellig *wel* om eene as, even als de aarde, want wij zien het van de zon, de maan, en andere planeten, zoo als ik u later wel vertellen zal; en enkele sterrekundigen hebben ook gemeend dat zij ook op Venus vlekken konden zien, en hebben dan ook opgegeven, in hoeveel tijd Venus om hare as draait; maar andere waarnemers, die ook zeer sterke kijkers hadden, hebben die vlekken maar niet kunnen vinden, en dus ook niet kunnen bepalen, in hoeveel tijd Venus om hare as draait. Wij kunnen dus nu wel zeggen, het is waarschijnlijk dat Venus, even als de aarde, om hare as draait, maar in hoeveel tijd, dat weten wij niet.

ABDULLAH. Maar mijnheer, zou men nu in de verte op onze aarde wèl het land en de zee kunnen onderscheiden? Bij voor-

beeld, als iemand nu eens op Venus met een kijker naar de aarde keek?

DE HEER. Dan zou hij zonder twijfel de landen helderder en de zeeën donkerder zien, want als het land door de zon beschenen wordt, geeft het meer licht dan de zee. Gij moet hiervan natuurlijk uitzonderen, dat de zee, als zij vlak is, de zonnestralen even als een spiegel terugkaatst; die terugkaatsing beschouwen wij niet; ik bedoel het licht, dat naar alle kanten afgegeven wordt; dat licht is sterker als het van het land komt, dan als het van de zee komt.

Maar in onzen dampkring drijven ook wolken, en als die door de zon beschenen worden, dan zijn zij nog veel helderder en witter dan het land; als men van de verte de aarde door een kijker bezien kon, zou men stellig wel die witte wolken in den dampkring zien drijven, die de landen en zeeën nu en dan geheel bedekken. Die zouden zich stellig als witte vlekken voordoen. En daarom is het ook niet onwaarschijnlijk, dat Venus ook wolken, en wel zeer groote wolken, in haren dampkring heeft, wellicht is die dampkring zoo vol wolken, dat iemand, op Venus zijnde, nergens den blooten hemel zou kunnen zien. Als dat zoo is, dan zou het zeer eenvoudig zijn, waarom men geene landen en zeeën op Venus kan zien, omdat men namelijk de oppervlakte van de planeet niet eens ziet, door de wolken, die er over drijven.

---

§ 97.

OVER DE OVERGANGEN VAN VENUS VOORBIJ DE ZON. HUNNE ZELDZAAMHEID. ZIJ HEBBEN BIJ PAREN PLAATS; TUSSCHEN DE VOORBIJGANGEN VAN ELK PAAR LIGGEN ALTIJD 8 JAAR, VERMINDERD MET 2 OF 3 DAGEN.

DE HEER. Toen ik u de vorige keer in fig. 191 de verschillende gedaanten liet zien, waaronder Venus in een kijker gezien

wordt, zeide ik u tevens, dat hetgeen in die figuur zwart geteekend was, aan den hemel niet zichtbaar is.

ABDULLAH. Ja, mijnheer, en ik heb al gedacht hoe is het dan met de zwarte kring *g*? Ziet men dan niets van Venus?

DE HEER. Denk maar eens na. Die figuur geldt voor de onderste conjunctie, als Venus tusschen de zon en de aarde doorgaat. Nu begrijpt gij wel, dat als Venus precies tusschen de aarde en de zon staat, men haar uit de aarde op de zon moet zien, en dan ziet men haar ook als een zwart bolletje net als *g* in fig. 191. Dat is den 9 December 1874 gebeurd, en dat zal den 6 December 1882 weder gebeuren. In de vorige eeuw is het gebeurd den 6 Juni 1761 en den 3 Juni 1769. Nog vroeger den 6 December 1631 en den 4 December 1639.

En als het in 1882 gebeurd is, dan zal men weder moeten wachten tot 8 Juni 2004 en 6 Juni 2012.

ABDULLAH. Wel mijnheer, dat is vreemd. Telkens twee keer, en acht jaar tusschen beide keeren. Maar hoe komt het, dat dat zoo zelden gebeurt? Want u hebt mij zelf voorgerekend, dat er 584 dagen tusschen eene onderste conjunctie en de volgende onderste conjunctie liggen, en dat is nog niet eens twee jaar.

DE HEER. Ja, maar dat is toch zoo vreemd niet. De reden, dat Venus bij elke onderste conjunctie niet op de zon gezien kan worden, is dezelfde, als waarom er niet bij elke nieuwe maan eene zoneklips is, Want ik heb u immers gezegd, dat de loopbaan van Venus, zie fig. 187, niet in de vlakte van de loopbaan der aarde ligt, maar met de eene helft, *E F G* noordelijk van die loopbaan, en met de andere helft, *G H E* zuidelijk van die loopbaan; onderaan in dezelfde figuur kunt gij zien, hoe schuin de loopbaan van Venus *L M* ten opzichte van de loopbaan der aarde *J K* ligt.

Indien dit nu niet zoo was, d. i. als de loopbaan van Venus wel in de vlakte van de loopbaan der aarde lag, dan zou ook bij elke onderste conjunctie Venus over de zon gaan, en dus zou men dit bijv. kunnen zien,

behalve den 9 December 1874,
ook nog den 14 Juli 1876,
den 21 Februari 1878,
den 24 September 1879,
den 3 Mei 1881,
den 6 December 1882,

enz.

Maar alleen den 6 December 1882 zal men Venus weder als een zwart schijfje op de zon kunnen zien, en die andere opgenoemde dagen niet. Maar het is niet moeilijk te begrijpen hoe dat komt. Want zie eens deze figuur; fig. 195. Hier beteekent weder *S* de zon, de buitenste cirkel *A C F B D H* de loopbaan der aarde, de binnenste cirkel *a c f b d h* de loopbaan van Venus, *E* en *G* de knoopen van deze loopbaan. Toen nu den 9 December 1874 Venus voorbij de zon ging, was de aarde in *A* en Venus in *a*, even voorbij den klimmenden knoop. Toen was Venus nog zoo weinig benoorden de loopbaan der aarde, dat men, van de aarde af, haar ook op de zon zag voorbijgaan, zoo als in fig. 196 is voorgesteld, namelijk langs de *koorde C E*, (zoo heet van eene lijn, die een cirkel in twee punten snijdt, het stuk *C E* tusschen de twee snijpunten). — Hier in Indië hebben toen ook verscheidene menschen het kunnen zien; maar omdat men niet in de zon kan zien, zonder zijne oogen te bederven, moest men door een glas kijken, dat boven de rook van een olielampje zwart gemaakt was.

Fig. 195.

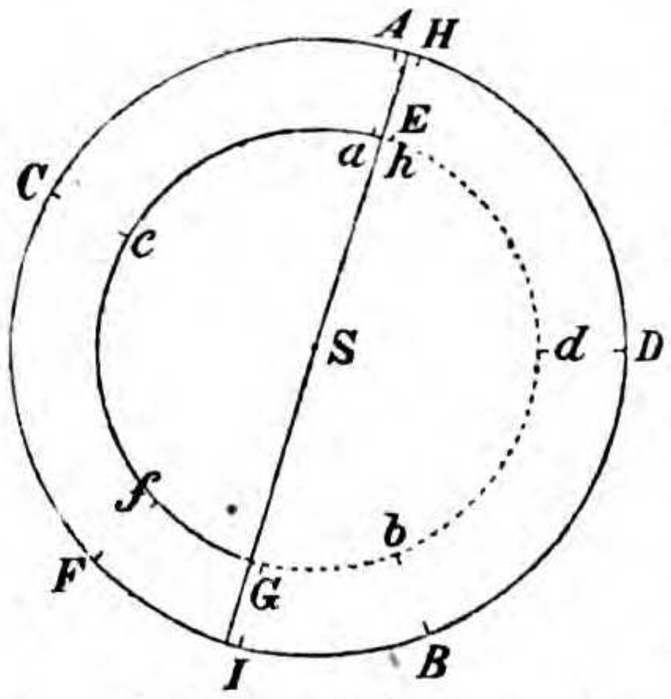
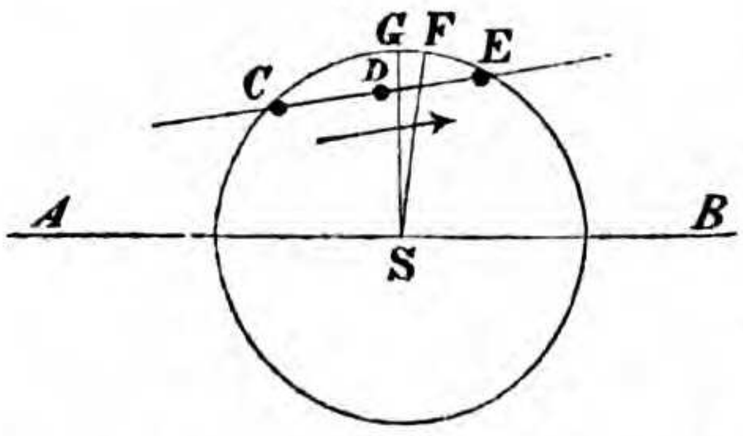


Fig. 196.



ABDULLAH. O ja, mijnheer, dat herinner ik mij nog heel goed; die heeren op de suikerfabriek stonden er alle naar te kijken, en hebben mij ook door zoo een zwart glas laten zien; ik

herinner mij heel duidelijk, dat ik toen een zwart rond vlekje op de zon zag, en toen ik vroeg, wat dat was, zeide een van die heeren: eene ster; maar ik dacht toen dat zij maar schertsten. Maar nu begrijp ik waarom zij dat zeiden, als dat Venus geweest is, dan was dus dat zwarte vlekje hetzelfde als de avondster.

DE HEER. Ja natuurlijk, maar tusschen die twee bestaat hetzelfde onderscheid als bij de maan; de donkere maan, die gij alleen zien kunt bij eene zoneklips, is dezelfde maan als de volle maan, die zoo prachtig aan den hemel schijnt en zoo veel licht geeft; maar dat licht krijgt de maan alleen van de zon, en bij donkere maan, of, zooals de Europeanen het noemen, nieuwe maan, ziet gij de maan juist van dien kant, die niet door de zon beschenen wordt, dus waar het donker is. Zoo is het nu met Venus ook.

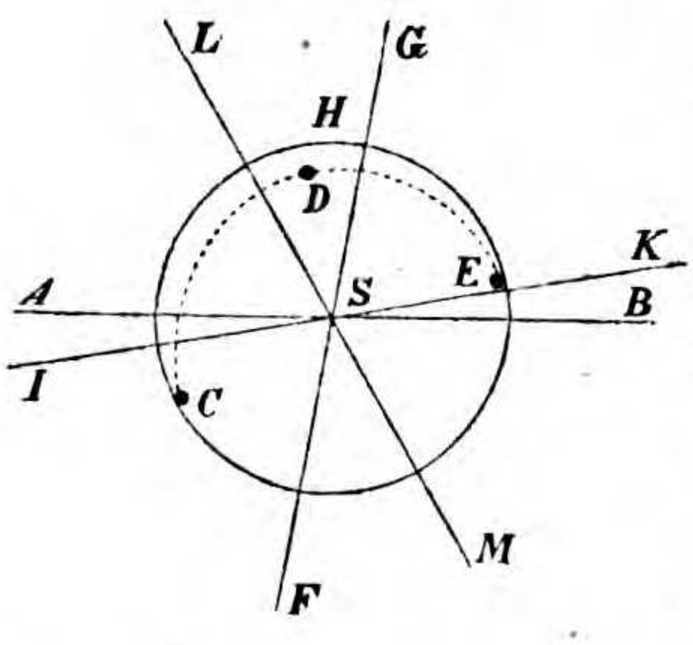
---

§ 98.

VERSCHILLENDE PLAATSING VAN HET NOORDELIJKE PUNT DER ZONNESCHIJF, DES MORGENS, DES MIDDAGS EN DES NAMIDDAGS. BIJ EEN VOORBIJGANG SCHIJNT VENUS DAARDOOR ZICH ANDERS OVER DE ZON TE BEWEGEN, DAN ZIJ WERKELIJK DOET.

ABDULLAH. Maar mijnheer, toen die heeren mij door dat glas lieten kijken, toen was het des morgens tien uur, en toen stond die zwarte vlek niet zoo als u mij daar laat zien, aan den bovenkant der zon, maar aan de linkerhand, iets beneden het midden; ik zal het eens aanwijzen, het was zoo ongeveer in C, fig. 197; te half twaalf keek ik nog eens, en toen zag ik de zwarte vlek in de hoogte, in D; en 's namiddags, te een uur of half twee, toen hoorde ik dat die zwarte vlek weêr van de zon af zou gaan, maar toen stond die vlek aan de rechter-

Fig. 197.



zijde, ongeveer in E; dus ook niet zoo hoog als u geteekend hebt.

DE HEER. Wel dat is natuurlijk. In de fig. 196 beteekent de lijn A B de zonsweg of de ekliptika, waarvan de vlakte in fig. 195 samenvalt met de vlakte van het papier. Maar als ik uwe bedoeling recht vat, dan is in uwe figuur 197 A B de horizontale boog, die men door het middelpunt der zon getrokken kan denken, zoodat dan H het hoogste punt der zonneschijf is.

ABDULLAH. O ja, mijnheer, zoo meen ik het ook.

DE HEER. Welnu, als de zon haren dagelijkschen loop volbrengt, en als men er dan op let, waar het noordelijkste punt der zon ligt, dan ziet men, dat de zonneschijf ook voor ons oog schijnt om te draaien; en dat komt daar van daan, omdat het noordelijkste punt zich ten opzichte van het hoogste punt aanhoudend beweegt. In het oosten, als de zon A pas op is, dan is, zie fig. 198, het noorden N aan de *linker*hand, de noordpool n staat daar onder den horizon en wel onder het noorden N, en dus is het noordelijkste punt van de zon, a, aan den *linker*rand; op den middag als de zon in den meridiaan is, staat zij van omtrent 12 October tot het einde van Februari *) zuidelijk van het zenith Z, zie B, en dan is het noordelijkste punt a het bovenste van de zonneschijf, maar van 1 Maart tot het begin van October, staat de zon op den middag ten noorden van het zenith, bijv. C, en dan is het noordelijkste punt a het laagste punt van de zonneschijf.

Fig. 198,

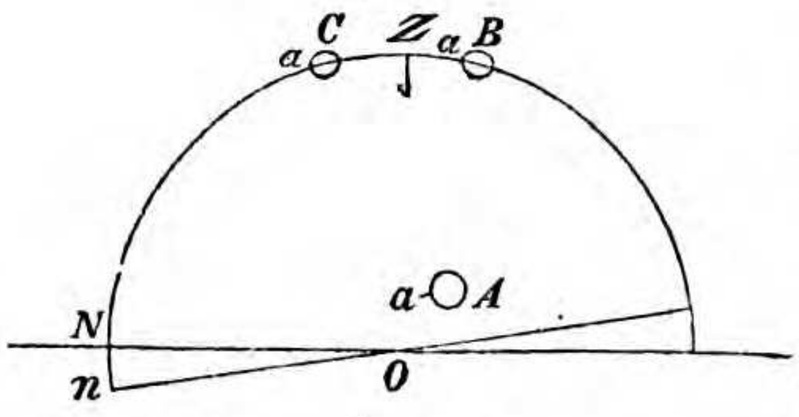
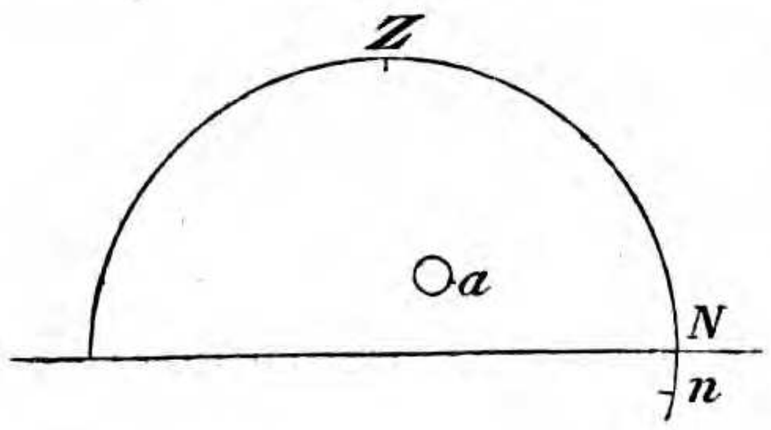


Fig. 199.



En als wij des avonds de zon in het westen zien nederdalen, zie fig. 199, hebben wij het noorden aan onze *rechter*hand, en dus ligt het noordelijkste punt van de zon dan op den *rechterrand* der zon.

*) Hier wordt vooronderstelt dat het gesprek te Solo plaats heeft, dat op 7°34′ Z. Br. ligt.

De ekliptika of zonsweg, die in fig. 196 langs $A\,B$ ligt, was den 9 December 1874, toen Venus des morgens te half 10 op de zon trad, in de richting van $F\,G$, fig. 197, geplaatst, en daardoor zaagt gij Venus daar inkomen, waar in fig. 197 C staat.

Dicht bij den middag was de ekliptika bijna horizontaal, ongeveer zoo als $I\,K$, en toen zaagt gij Venus in D, even als dezelfde letter in fig. 196 aanduidt.

Toen te half twee de overgang van Venus eindigde, was diezelfde ekliptika in den stand $L\,M$, zoodat Venus dus in E scheen uit te treden.

Als gij van kwartier tot kwartier den stand van Venus op die wijs hadt opgeteekend, dan zoudt gij hebben gevonden, dat Venus schijnbaar den gestippelden boog $C\,D\,E$ doorliep.

Maar als gij de ekliptika altijd denzelfden stand geeft, zoo als in fig. 196, dan ziet gij dat Venus slechts de kleine lijn $C\,D\,E$ op de zon beschreven heeft.

ABDULLAH. O ja mijnheer, nu begrijp ik het, men moet het noorden altijd boven houden.

DE HEER. Ja, maar het punt G, dat hier het bovenste is, is niet het noordelijkste punt, zoo als wij dat gewoonlijk noemen; wij bedoelen daarmede gewoonlijk het punt, dat naar de noordpool gericht is, en dat punt was F, maar het punt G is het punt, dat het meest naar de noordpool van de ekliptika gericht was, en gij weet nu wel van wat ik u vroeger mededeelde, (2e stukje, § 46), dat dat niet hetzelfde is.

ABDULLAH. Neen mijnheer, dat herinner ik mij nog heel goed.

§ 99.

VERVOLG VAN HET ONDERWERP. WAAROM VENUS TUSSCHEN DE JAREN 1874 EN 1882 NOOIT OP DE ZON GEZIEN WORDT.

DE HEER. Nu, dan zullen wij voortgaan. Ik heb u dus gezegd, dat toen Venus den 9 December 1874 op de zon gezien is, de aarde was in *A* (fig. 195) en Venus in *a*, even voorbij den klimmenden knoop *E*.

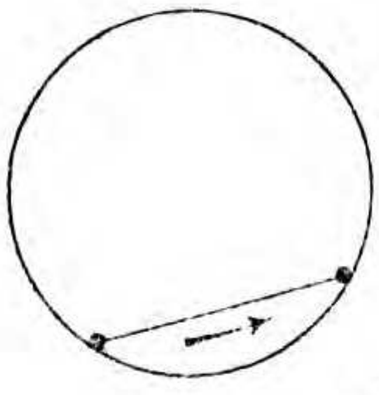
Wanneer is er nu weder eene onderste conjunctie geweest? Ik heb gezegd den 16 Juli 1876. Sedert de vorige onderste conjunctie was dus de aarde ééns haar baan rond geweest, en op haar tweeden rondgang stond zij toen in B; Venus was tweemaal om de zon geweest en op haar derden rondgang gekomen in *b*, verre van de knoopen, en zoo als gij wel in de figuur ziet, valt dat punt *b* op de gestippelde helft van de loopbaan van Venus, dus stond Venus zuidelijk van het vlak van de loopbaan der aarde, dus ging zij zuidelijk van de zon voor haar voorbij; en er is dus geene mogelijkheid geweest, haar voor de zon te zien.

De volgende onderste conjunctie had plaats den 21 Februari 1878, toen was de aarde in *C* en Venus in *c*; dus weder ver van de knoopen en noordelijk van de vlakte van de loopbaan der aarde. Venus ging dus ten noorden van de zon voorbij.

Dan komt de onderste conjunctie van 24 September 1879. De aarde in *D*, Venus in *d*, Venus zeer zuidelijk.

Verder 3 Mei 1881. De aarde in *F*, Venus in *f*, Venus weder zeer noordelijk.

Fig. 200.



Eindelijk 6 December 1882, de aarde in *H*, Venus in *h*, in de onmiddellijke nabijheid van den klimmenden knoop, even als in 1874. Venus gaat weder voorbij de zon, maar niet aan den noordkant van het middelpunt, maar aan den zuidkant, zie fig. 200.

§ 100.

WAAROM HET NU ZOO LANG DUURT VOOR ER WEDER EEN VOORBIJGANG VAN VENUS OVER DE ZON IS. NAUWKEURIGER BEREKENING VAN DEN OMLOOPSTIJD VAN VENUS, MET BETREKKING TOT DE AARDE.

Gij begrijpt nu wel, dat er bij de 4 volgende onderste conjuncties geen denken aan is, dat Venus voor de zon gezien wordt, want verplaatsen wij ons in de zon S, even als dan H een weinig van de rechterzijde van A is, zoo zal de volgende conjunctie van de aarde en Venus plaats hebben een weinig rechts van B, de volgende een weinig rechts van C, de volgende een weinig rechts van D, de volgende een weinig rechts van F, de volgende een weinig rechts van H, maar dan staat Venus een weinig rechts van h, reeds te ver van haren klimmenden knoop, en gaat ten zuiden de zon voorbij. Dit is nu 8 jaar later dan 1882, maar een paar dagen vroeger, dus den 3 of 4 December 1890. Zoo gaat het nu de volgende onderste conjuncties ook weder. En dus is er dan weder in een aantal jaren geen voorbijgang van Venus voorbij de zon.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als ik die figuur 195 bezie, hoe zonderling, dat die vijf punten A, C, F, B en D zoo regelmatig over den cirkel verspreid liggen, juist alsof zij den cirkel in vijf gelijke stukken verdeelden.

DE HEER. Ja maar, dat is niet precies; was het precies, dan zou het zesde punt H weer in A vallen. Maar juist door die verhouding komt het nu, dat die voorbijgangen zoo langen tijd achter elkander niet komen, en dat zij telkens bij paren komen, acht jaren na elkander.

Want wij hebben uitgerekend, dat de onderste conjuncties elkander opvolgen gemiddeld na 584 dagen. Nu is dat juist 8×73 dagen; en een jaar van 365 dagen is juist 5×73 dagen. Waren nu die getallen 584 en 365 geheel juist, dan

zou men ook telkens na 8 jaren een voorbijgang hebben, en in dien tijd zouden er vijf onderste conjuncties hebben plaats gehad, want

$$8 \times 365 = 2920 \text{ dagen},$$
$$5 \times 584 = 2920 \text{ dagen}.$$

Evenzoo is ook fig. 184 niet geheel juist. Want daar hadden wij voor de beweging van Venus in eene maand aangenomen $48\frac{3}{4}$ graad, dus dat is in acht maanden 390°, d. i. den geheelen omtrek ééns rond en nog 30°. Daarom kwam toen V juist op de lijn $S\ F$ te liggen. Was dat nu juist geweest, dan zoude natuurlijk in 12 maal zooveel tijd, dus in 8 jaren, Venus doorloopen hebben $12 \times 390° = 12 \times 30 \times 13 = 13 \times 360° = 13$ omloopen, en de aarde juist acht omloopen, dus dan zouden wij weder alle 8 jaar op denzelfden dag een Venusovergang kunnen verkregen hebben. Maar ook die figuur is niet geheel juist, want de $48\frac{3}{4}$ graad waren niet precies.

De getallen 584 en 365 waren ook niet precies. Want de aarde loopt om de zon in 365,25636 dagen en Venus in 224,70078 dagen. In dien tijd doorloopen zij dus 360°. Dus doorloopt in één dag:

de aarde 360°: 365,25636 of 0°, 98561
en Venus 360 : 224,70078 of 1 , 60213

Verschil: Venus meer dan de aarde 0°,61652. En dit weer deelende in 360°, vindt men dat Venus, om één omtrek meer te doorloopen dan de aarde, noodig heeft 583,92 dagen; dat is dus ook de tijdruimte tusschen eene onderste conjunctie en de volgende. Men noemt deze tijdruimte ook wel *de omloopstijd van Venus met betrekking tot de aarde.*

Nu is 8 jaar $= 8 \times 365{,}25636 = 2922{,}05$ dagen,
terwijl $5 \times 583{,}92 = 2919{,}60$ dagen is.

Er is dus een verschil van 2,45 dagen.

En zooveel komt dus nu de 5e onderste conjunctie vroeger dan 8 jaren te voren.

§ 101.

WANNEER ER DUS WEDER VOORBIJGANGEN KUNNEN VERWACHT WORDEN. VERSCHIL IN DE OP ELKANDER VOLGENDE PAREN VAN VOORBIJGANGEN.

Als gij nu de figuur 195 beziet, dan is het licht te begrijpen, *wanneer* wij verwachten kunnen dat Venus weer voorbij de zonneschijf gaat. Want als wij telkens een puntje rechts van de punten *B C D F* zetten, even ver er af, als *H* rechts van *A* staat,. en dan weer zoo een puntje, waar denkt gij dan, dat ik het eerst weer bij de knoopenlijn kom?

ABDULLAH. Wel mijnheer, uit de zon gezien: rechts van *B*.

DE HEER. Juist zoo, dan kom ik langzamerhand in *I*, en Venus dicht bij *G*, d. i. dicht bij den dalenden knoop. En hoeveel puntjes moet ik daartoe nu zetten? In *B* is de aarde den 14 Juli, maar in *I* den 6 Juni, dus dat scheelt 38 dagen. Maar alle 8 jaar rukt dat punt *B* naar de rechterhand, want dan heeft de conjunctie omtrent 2,45 dagen vroeger plaats, dus als dat 15 of 16 maal gebeurd is, dan heeft de conjunctie

$$15 \times 2{,}45 \text{ dagen} = 36{,}75$$
$$\text{of } 16 \times 2{,}45 \text{ dagen} = 39{,}20 \text{ dagen}$$

vroeger plaats, dus zeer nabij den knoop. Nu is

$$15 \times 8 \text{ jaren} = 120 \text{ jaren}$$
$$\text{en } 16 \times 8 \text{ jaren} = 128 \text{ jaren.}$$

Dit bij het jaar 1876 geteld, geeft de jaren 1996 en 2004.

Bij deze berekening hebben wij de beweging der aarde en van Venus gelijkmatig genomen; maar dat is niet geheel juist. Vooral in den omtrek van *B* zijn zoowel de aarde, als Venus, beiden dicht bij haar verste punt van de zon, en daarom loopen zij beiden ook wat langzamer, en zijn die 2,45 dagen dan ook wat te groot, daardoor komt het dat in het jaar 1996 Venus nog bij de onderste conjunctie te ver van den dalenden knoop

af is, om op de zon gezien te worden. Maar in het jaar 2004 heeft werkelijk weder een overgang voorbij de zon plaats, zoo als ik u reeds boven heb medegedeeld, en 8 jaar later, in het jaar 2012 ook.

Maar het verschil tusschen de overgangen, van deze eeuw die van 1874 en 1882, en die van de jaren 2004 en 2012 is, dat bij de voorbijgangen in 1874 en 1882 Venus zich dicht bij haren *klimmenden* knoop bevindt, terwijl de voorbijgangen van 2004 en 2012 bij haren *dalenden* knoop plaats zullen hebben, even als in de jaren 1761 en 1769 het geval geweest is.

Het spreekt ook van zelf, dat de aarde dan ook bij beide soorten van voorbijgangen niet in hetzelfde punt harer loopbaan is, en dus dat wij niet dezelfde dagteekening hebben.

Zoo hadden de voorbijgangen van 1761 en 1769 plaats in Juni, de voorbijgangen van 1874 en 1882 hebben plaats in December, en de voorbijgangen van 2004 en 2012 zullen weder plaats hebben in Juni.

---

§ 102.

WAAROM DE VOORBIJGANGEN VAN VENUS VOOR DE STERREKUNDE BELANGRIJK ZIJN. ZIJ DIENEN VOOR DE BEPALING VAN DEN AFSTAND DER AARDE TOT DE ZON.

ABDULLAH. Mijnheer, ik wilde u nog wat vragen. Die heeren van de suikerfabriek zeiden, dat het zoo belangrijk was, toen Venus voorbij de zon ging, en dat er vele sterrekundigen naar China en andere landen reisden om het te zien. Is dat dan zoo belangrijk? En waarom gingen zij dan zoo ver reizen? Als men het toch hier op Java zien kan, behoeft men er niet voor naar China te gaan.

DE HEER. Ja, daar hebt gij gelijk aan, maar het was niet enkel om het te zien, dat die sterrekundigen zoo ver reisden. Ik zal u eens vertellen, waarom zij dat deden. Het was om den afstand van de aarde tot de zon te vinden.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe kan dat?

DE HEER. Dat zal ik u eens uitleggen. Eerst moet gij opmerken, dat men, als men eenen afstand wil meten, niet altijd dezelfde maat gebruikt. Heeft men kleine afstanden te meten, dan gebruikt men den voet of den meter, bijv. de landmeters gebruiken bij hunne werkzaamheden kettingen, die 10 meters lang zijn. Zijn de afstanden grooter, dan gebruikt men hier in Indië nog palen; één paal is 400 rijnlandsche roeden, d. i. 4800 rijnlandsche voeten of 1506,9 meters. In Nederland gebruikt men nederlandsche mijlen of kilometers, die 1000 meters lang zijn. In Duitschland gebruikt men voor nog grootere afstanden de zoogenaamde duitsche mijlen, die zijn weer grooter dan de nederlandsche mijl of de paal. De duitsche mijl is $\frac{1}{15}$ gedeelte van een graad op de evennachtslijn, en is = 7420,4 meters. Deze maat wordt nu ook gebruikt, om op de aarde den afstand van twee ver van elkander afgelegen plaatsen uit te drukken, daarom noemt men haar ook geographische mijl. Zoo zal men, sprekende van den afstand van Amsterdam tot Batavia, zeggen, dat die afstand op den aardbol, in een rechten boog gemeten, bedraagt 1531,5 geographische mijlen.

Nu hebben de wijsgeeren te allen tijde verlangd te weten hoe ver, dat is hoe veel duitsche of geographische mijlen, de maan, de zon, de planeten en de sterren wel van de aarde afzijn, want zij begrepen dat dit boven alles noodig zou zijn, als men iets naders van die hemellichamen wilde weten. Maar dat was zeer moeilijk.

Minder moeilijk is het geweest, om de *verhouding* te vinden tusschen den afstand van Venus tot de zon en den afstand van de aarde tot den zon. Ik heb u al medegedeeld, dat de groote as van de loopbaan van Venus 0,723 was van de groote as van de loopbaan der aarde. Maar om den afstand zelf van de zon tot de aarde te vinden, dat was moeilijker, omdat de zon zoo ver af is.

---

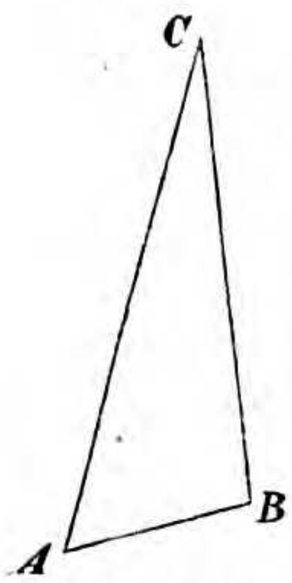
§ 103.

HOE MEN IN HET ALGEMEEN DEN AFSTAND VAN EEN VERAFGELEGEN VOORWERP BEPAALT.

Hoe men bij het maken van kaarten de afstanden van verafgelegen bergen of signalen kan bepalen, heb ik u al vroeger uitgelegd (2e Stukje, § 63). Om u nu eens te doen zien, waarom het zoo veel moeilijker is den afstand tot de zon goed te bepalen, zal ik u eens nader uitleggen, hoe men bij het meten van zoo een afstand redeneert.

Ik zal eens veronderstellen dat men, zie fig. 201, den afstand van een berg C wil bepalen, en dat men zelf in A is, en ook tot B gaan kan, en dat men dus ook den afstand $A\ B$ kan meten.

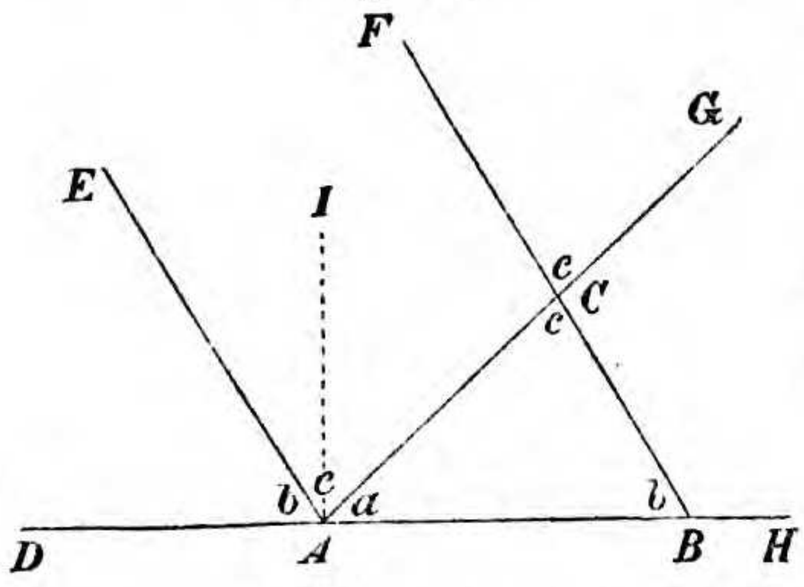
fig. 201.



Vroeger heb ik u ook al medegedeeld, dat er bij de opmetingen instrumenten gebruikt worden, waarmede men zulke hoeken als $C\ A\ B$ en $A\ B\ C$ nauwkeurig meten kan, in graden, minuten en sekunden.

Nu hebben alle driehoeken eene merkwaardige eigenschap, namelijk dat *de drie hoeken te zamen* 180° *uitmaken;* Want zie eens hier fig. 202. Ik heb hier een driehoek $A\ B\ C$; de drie hoeken van dezen driehoek heb ik met kleine letters a, b en c aangeduid.

fig. 202.



Om u nu te doen zien, dat wat ik zeide waarheid is, trek ik de zijde $A\ C$ door tot G, de zijde $B\ C$ tot F, en de zijde $B\ A$ tot D. Dan trek ik uit A eene lijn $A\ E$ evenwijdig aan $B\ F$. Nu ziet men dadelijk, dat de twee evenwijdige lijnen $A\ E$ en $B\ F$ gesneden worden door een derde lijn $D\ H$, en daarom is de hoek $D\ A\ E$

$=$ hoek $D\ B\ F = b$. Verder worden diezelfde evenwijdige lijnen gesneden door de lijn $A\ G$, dus is de hoek $E\ A\ G =$ hoek $F\ C\ G$, maar hoek $F\ C\ G =$ hoek $A\ C\ B = c$; wij hebben dus:

$$a = \text{hoek } B\ A\ C,$$
$$c = \text{hoek } C\ A\ E,$$
$$b = \text{hoek } E\ A\ D,$$

en deze drie optellende, vindt men dat

$$a + b + c = B\ A\ C + C\ A\ E + E\ A\ D$$

$=$ de geheele ruimte aan de ééne zijde van $D\ H$.

Maar als ik de lijn $A\ I$ trek, loodrecht op $D\ H$, dan is $D\ A\ I$ een rechte hoek of 90° en $B\ A\ I$ evenzoo, dus is die geheele ruimte aan die zijde van de lijn $D\ H$, waar I ligt, $=$ twee rechte hoeken of 180 graden.

Wat volgt daar nu uit met betrekking tot fig. 201? Dat ik maar behoef te meten hoek A en hoek B, dan kan ik hoek C door berekening vinden. Is bijvoorbeeld, zooals in fig. 201:

$$\begin{aligned} \text{hoek } A &= 70°, \\ \text{hoek } B &= 94°, \\ \hline \text{dus hoek } A + \text{hoek } B &= 164°, \\ \text{dan is hoek } C = 180° - 164° &= 16°. \end{aligned}$$

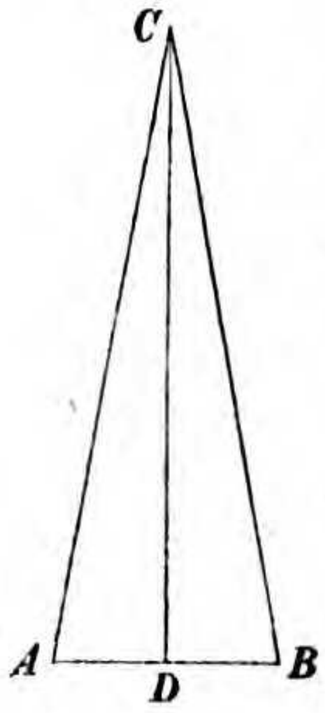
Het voordeel, dat men nu uit deze eigenschap trekt, is dat men het punt C niet behoeft te bezoeken, om den hoek C te kennen: en als men nu $A\ B$ kent en de drie hoeken van den driehoek, dan is het ook niet moeilijk, om den afstand $A\ C$, of ook $B\ C$ te vinden.

ABDULLAH. Maar hoe doet men dat dan?

DE HEER. Als ik u dit in zijn geheel wilde uitleggen, zou het ons veel te lang ophouden, dat kan ik dus niet doen. Er bestaat een geheel gedeelte der wiskunde, *driehoeksmeting* genoemd, waarin geleerd wordt, hoe men dergelijke berekeningen maken moet. Maar ik kan u wel eens een zeer eenvoudig geval laten zien, en dan zult gij de zaak zeker beter begrijpen.

Als namelijk C, fig. 203, zoo gelegen is, dat, als ik $C\ D$ trek naar het midden D der lijn $A\ B$, de hoeken $A\ D\ C$ en $B\ D\ C$ recht zijn, dan behoef ik enkel maar den hoek C en de lijn $A\ B$ te kennen, en dan kan ik dadelijk weten, hoeveel maal $A\ C$ grooter is dan $A\ B$.

Fig. 203.



Bijv. is

hoek $C = 1°$, dan is $A\ C =$ 57 maal $A\ B$,
„ „ $= 1'$ „ „ „ $=$ 3438 „ „ „
„ „ $= 30''$ „ „ „ $=$ 6875 „ „ „
„ „ $= 20''$ „ „ „ $=$ 10313 „ „ „
„ „ $= 10''$ „ „ „ $=$ 20626 „ „ „
„ „ $= 5''$ „ „ „ $=$ 41253 „ „ „
„ „ $= 1''$ „ „ „ $=$ 206265 „ „ .

---

§ 104.

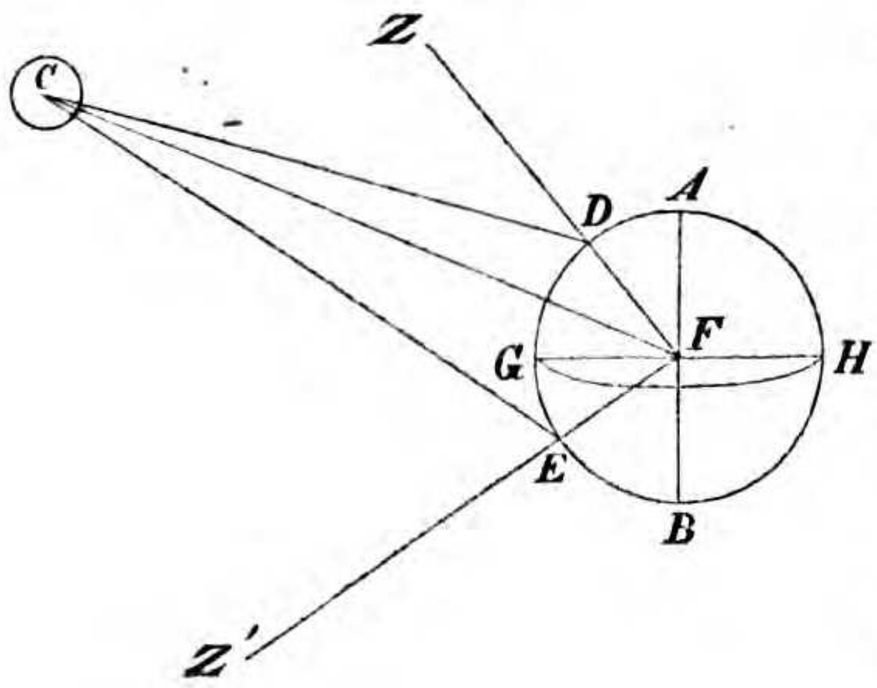
TOEPASSING DEZER METHODE TER BEPALING VAN DEN AFSTAND DER MAAN.

Even als men nu dit middel, om afstanden te bepalen, heeft toegepast op het land, heeft men het ook willen toepassen op de hemellichamen, maar dat is alleen maar met de maan gelukt.

ABDULLAH. Alleen maar met de maan? En waarom dat?

DE HEER. Omdat de maan van alle hemellichamen het dichtst bij de aarde is, en de anderen allen te ver af zijn, om eene nauwkeurige uitkomst te verkrijgen. Zie eens deze figuur, 204. Zij $A\ D\ E\ B$ de aarde, C de maan; nu willen wij den afstand $C\ F$ in geographische mijlen weten.

Fig. 204.



Wij kiezen nu twee plaatsen

D en E, die op denzelfden meridiaan liggen, maar zoover mogelijk van elkander van daan, en op ieder van die plaatsen moet een sterrekundige met zijn instrumenten aanwezig zijn.

Als wij nu de methode willen volgen, die ik u reeds heb medegedeeld, dan moet ten eerste bekend zijn de afstand $D\,E$, en dan moet verder de waarnemer in E meten den hoek $C\,E\,D$, tusschen het middelpunt der maan en de plaats D, en de waarnemer in D evenzoo den hoek $C\,D\,E$, tusschen het middelpunt der maan en de plaats E; maar hier doen zich nu twee zwarigheden op, namelijk:

1°. ik kan den afstand $D\,E$ niet onmiddellijk door de aarde heen meten;

2°. ik kan van D niet door de aarde naar E zien, en ook niet van E door de aarde naar D.

Zie hier nu, hoe de sterrekundigen doen. Ik zal nu maar rekenen, dat de aarde precies een bol is. Zij bepalen van D en E de geographische breedte. In de figuur stelt $G\,H$ de evennachtslijn voor, D heeft noorderbreedte en E zuiderbreedte. Nu is hoek $D\,F\,G$ de noorderbreedte van D en hoek $E\,F\,G$ de zuiderbreedte van E. De lijnen $D\,F$ en $E\,F$ zijn gelijk aan den straal der aarde, dus zijn in den driehoek $D\,E\,F$ bekend

de zijde $D\,F$,

de zijde $E\,F$,

de hoek $D\,F\,E =$ hoek $D\,F\,G +$ hoek $E\,F\,G$,

en daaruit kan men nu ook, volgens de regelen der driehoeksmeting, berekenen, niet alleen de zijde $D\,E$, maar ook de hoeken $D\,E\,F$ en $E\,D\,F$. Ik heb dus den afstand $D\,E$ leeren kennen, zonder dat ik dien onmiddellijk gemeten heb, en daarmede eene van de twee zwarigheden reeds opgelost.

Nu de tweede zwarigheid, namelijk hoe ik de hoeken $C\,D\,E$ en $C\,E\,D$ kan te weten komen. Ook daarvoor hebben de sterrekundigen een eenvoudig middel gevonden. Zij hebben namelijk werktuigen, waarmede zij vinden kunnen, hoeveel graden, minuten enz. eene ster of een ander hemellichaam van

hun zenith afstaat. Nu meten de waarnemers in D en E gelijktijdig de afstanden van de maan tot hun zenith, en zij kiezen voor dat oogenblik het tijdstip, als de maan door hun meridiaan gaat; dan kunnen zij dat het nauwkeurigst doen. Dan meet dus de waarnemer in D den hoek $C\ D\ Z$, en de waarnemer in E den hoek $C\ E\ Z'$. Nu is

hoek $C\ D\ Z$ + hoek $C\ D\ E$ + hoek $E\ D\ F = 180°$;

hoek $C\ D\ Z$ is gemeten,

hoek $E\ D\ F$ is berekend geworden,

rest dus hoek $C\ D\ E = 180°$, verminderd met de som van $C\ D\ Z$ en $E\ D\ F$.

Op dezelfde wijze nu wordt de hoek $C\ E\ D$ gevonden. Nu is dus in den driehoek $C\ D\ E$ bekend

de zijde $D\ E$,

de hoek $C\ D\ E$,

de hoek $C\ E\ D$,

dus kunnen berekend worden de zijden $C\ D$ en $C\ E$.

Nu is verder in den driehoek $C\ D\ F$ bekend:

de zijde $C\ D$,

de zijde $D\ F$,

de hoek $C\ D\ F = 180° - C\ D\ Z$,

en dus kan daaruit berekend worden de zijde $C\ F$.

In den driehoek $C\ E\ F$ is evenzoo bekend:

de zijde $C\ E$,

de zijde $E\ F$,

de hoek $C\ E\ F = 180° - C\ E\ Z'$,

en dus kan daaruit ook berekend worden de zijde $C\ F$.

Als de berekening goed gedaan is, moeten de beide driehoeken dezelfde waarde voor $C\ F$ opleveren.

ABDULLAH. En hoeveel heeft men dan voor den afstand der maan gevonden?

DE HEER. Die afstand is niet altijd even groot, dus heeft men ook niet altijd dezelfde waarde gevonden. Maar de *veranderingen*, die de afstand van de maan tot de aarde ondergaat, kennen de sterrekundigen toch, zoodat zij alleen maar

noodig hebben te weten hoe groot de gemiddelde afstand is. Daarvoor hebben zij nu gevonden: $60\frac{4}{15}$ maal de straal van de evennachtslijn $F\ G$.

Die uitkomst nu is zeer nauwkeurig, maar dat komt, omdat de maan zoo dicht bij is. Daardoor is het verschil in richting, waarin de maan gezien wordt, uit D in het noorder-, en E in het zuiderhalfrond, zoo groot.

Voor de punten D en E, werden voor deze waarnemingen gekozen in de vorige eeuw Berlijn en de Kaap de Goede Hoop; later heeft men de waarnemingen ook wel gedaan te Greenwich en aan de Kaap de Goede Hoop. Die plaatsen liggen dan wel niet op één en denzelfden meridiaan, zoodat de waarneming aan de Kaap de Goede Hoop eenige minuten vroeger plaats had dan die te Berlijn of te Greenwich, maar de sterrekundigen weten wel hoeveel de maan zich in die weinige minuten naar het noorden of zuiden verplaatst, en daarom komt dat er minder op aan, zij kunnen daar wel bij de berekening op letten.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u zeidet dat de afstand der maan gevonden was $= 60\frac{4}{15}$ maal den straal van de evennachtslijn der aarde, maar hoeveel is nu de straal van de evennachtslijn der aarde?

DE HEER. Wel, de geheele omtrek der evennachtslijn is verdeeld in 360 graden, en elke graad wordt gerekend te zijn 15 geographische mijlen, dus is de omtrek der aarde aan de evennachtslijn $= 360 \times 15 = 5400$ geographische mijlen. Nu leert men in de wiskunde, dat men den omtrek van een cirkel moet deelen door een vast getal om de middellijn te verkrijgen; dat vaste getal is 3,1415926 met nog meer cijfers er achter. Deelt men nu 5400 mijlen daardoor, dan verkrijgt men voor de middellijn 1718,8732 geographische mijlen, dus is de straal daarvan de helft of 859,4366 mijlen. En vermenigvuldigt men dit nu met $60\frac{4}{15}$, dan verkrijgt men dat de gemiddelde afstand der maan is 51 795,38 geographische mijlen. Hiermede wordt nu bedoeld de afstand van het middelpunt der maan tot het middelpunt der aarde.

En wilt gij dien afstand in palen hebben, dan behoeft gij dat getal slechts met 4,9245 te vermenigvuldigen, en dan verkrijgt gij 255 066 paal. Hoe groot nu deze afstand is, zult gij beter begrijpen, als gij eens aanneemt dat een voetganger hem wil afleggen, en drie paal in het uur loopt. Zoo iemand zou daartoe noodig hebben 9 jaren 255 dagen en 14 uren, wanneer hij zonder ophouden doorliep, en meer dan 20 jaren, indien hij elken dag slechts 10 uur liep.

En dit is nu de afstand van het hemellichaam, dat het dichtste bij ons is!

---

§ 105.

WAAROM DIE METHODE NIET GOED VAN TOEPASSING IS BIJ DE BEPALING VAN DEN AFSTAND DER ZON.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u hebt gezegd, die methode kon alleen maar gebruikt worden om den afstand der maan te vinden. Maar waarom niet even goed om den afstand der zon te vinden? Al is de zon nu verder van de aarde af dan de maan, dan zie ik nog niet in, waarom men toch niet dezelfde methode volgen kan.

DE HEER. Wel, dat zal ik u eens uitleggen. Uit hetgeen ik u vroeger (§ 103) heb medegedeeld, zult gij wel begrijpen, dat de afstand van een hemellichaam C tot de aarde D (fig. 203) voornamelijk bepaald wordt door den hoek C, dien men niet zelf kan meten, maar dien men moet berekenen. Nu is die berekening niet zeer moeilijk, maar men heeft er vier hoeken voor noodig. Men moet kennen, zie fig. 204,

de breedte van D, hoek $D\ F\ G$,
de breedte van E, hoek $E\ F\ G$,
den zenithsafstand $C\ D\ Z$,
den zenithsafstand $C\ D\ Z'$,

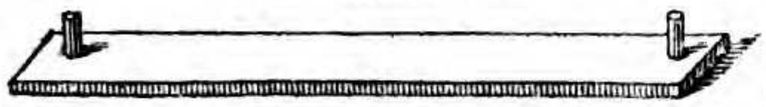
als men nu breedten en zenithsafstanden *geheel nauwkeurig* kon

vinden, dan was er geen zwarigheid om den afstand van de zon op dezelfde wijs te bepalen als den afstand van de maan.

Maar dan moest men niet alleen weten, hoeveel graden, minuten en sekunden die breedten en zenithsafstanden bedragen, maar ook hoeveel tiende deelen, honderdste deelen, duizendste deelen, enz. van sekunden; en dat gaat boven het vermogen der beste instrumenten.

Toen de kijkers nog niet bekend waren, had men aan de instrumenten, die dienden om hoeken te meten, latten met pinnetjes er op, fig. 205, daar keek men dan langs. Maar met zulke instrumenten kon men de hoeken niet nauwkeuriger meten dan tot een minuut, hoogstens een halve minuut.

Fig. 205.



Maar in het jaar 1608 vond Lippershey, een brilleslijper te Middelburg, de hoofdstad van de provincie Zeeland in Nederland, de kijkers uit en toen hebben, eenigen tijd later, de sterrekundigen aan hunne instrumenten kijkers aangebracht, die sterk vergrootten, en daardoor konden zij nauwkeuriger meten, maar nu moesten ook de cirkels van de instrumenten veel nauwkeuriger verdeeld worden. Nu kan men met de beste en kostbaarste instrumenten toch zeer moeilijk nauwkeuriger meten dan eene halve sekunde, ja het is menigmaal gebeurd, dat het gebleken is, dat van de eene of andere plaats de breedte, die men stellig dacht dat nauwkeurig bekend was, meer dan eene halve sekunde fout was. Als nu die twee breedten, en die twee zenithsafstanden, waarmede de hoek C berekend moet worden, ieder eene halve sekunde fout zijn, hetzij te groot, hetzij te klein, dan zou het kunnen gebeuren dat de hoek C zelf $4 \times 0'',5$, dat is twee sekunden fout was. Maar als wij nu eens aannemen, dat $E\ D$ zoo groot is als de straal $F\ G$ der evennachtslijn, dan is die hoek C bij de maan 59 minuten, maar bij de zon nog geene 9 sekunden. Nu begrijpt gij wel, dat als men eenen hoek van 59 minuten moet bepalen, en men maakt eene fout van twee sekunden, dan is die fout nog geen duizendste gedeelte van

het geheel, maar als men eenen hoek van 9 sekunden moet bepalen, en men maakt eene fout van twee sekunden, dan is die fout $\frac{2}{9}$, dus meer dan een 5^e gedeelte van het geheel. En dat is dus de reden dat die methode voor de zon niet zoo goed gebruikt kan worden als voor de maan.

---

§ 106.

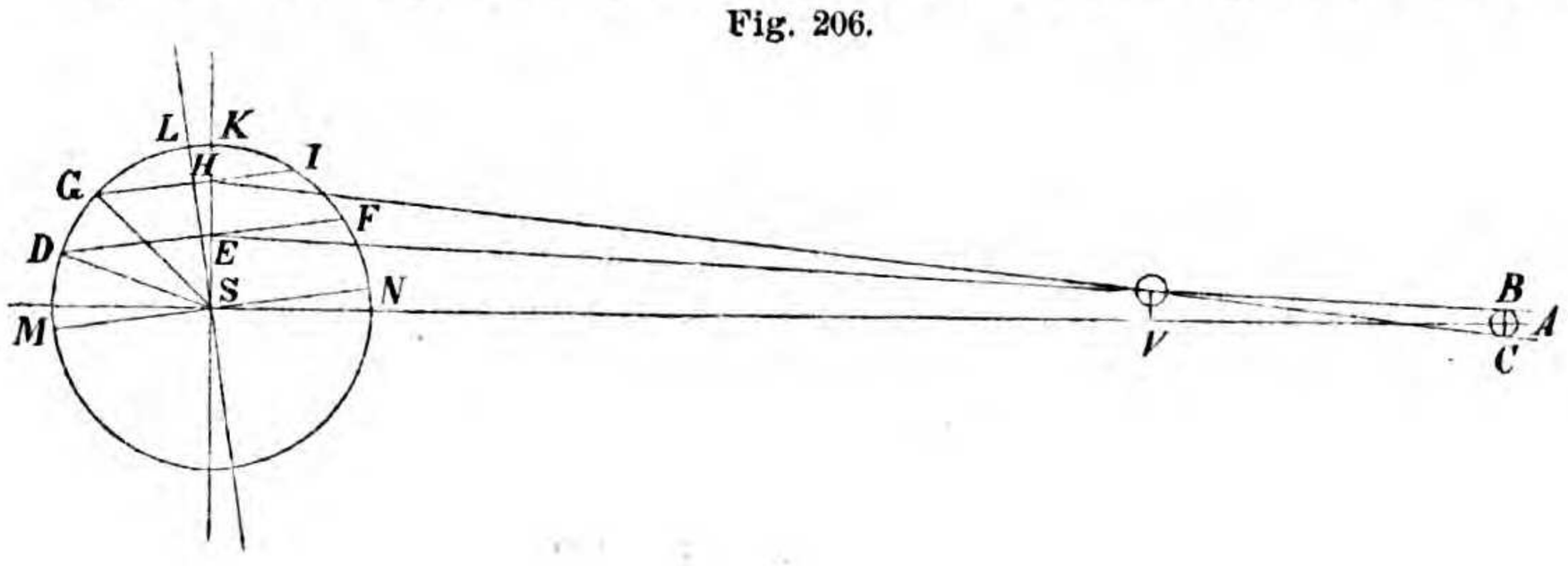
HOE UIT DE VOORBIJGANGEN VAN VENUS OVER DE ZON DE AFSTAND VAN DE ZON TOT DE AARDE BEPAALD WORDT. EERSTE METHODE, VAN HALLEY.

ABDULLAH. Dat begrijp ik nu heel goed, mijnheer, maar kan men den afstand van de zon dan nu zoo veel beter door die voorbijgangen van Venus vinden?

DE HEER. Ja zeker, veel nauwkeuriger, en toch heeft men in de laatste jaren weder andere methoden verzonnen, om dien afstand te vinden, die stellig even nauwkeurig, misschien wel nauwkeuriger zijn. Maar gij zult zeker wel eens willen weten, *hoe* men nu doen moet om uit den voorbijgang van Venus den afstand van de zon tot de aarde te bepalen. Ik kan u dat moeilijk in alle bijzonderheden mededeelen, want ten eerste zoudt gij dat nog niet begrijpen, en ten tweede zoude het ons veel te lang ophouden, maar ik zal ten minste trachten u een denkbeeld te geven, hoe daarbij gehandeld wordt.

Zij in deze figuur (fig. 206) S de zon, V de planeet Venus,

Fig. 206.



tijdens eenen voorbijgang, A de aarde. De lijn $S\ A$ stelt voor het vlak der ekliptika; als nu $B\ C$ de middellijn der aarde is, die loodrecht op het vlak der ekliptika staat, dan stel ik eens, dat er één waarnemer in B en één waarnemer in C geplaatst is. Wij zullen daarbij eens aannemen, dat de aarde niet om hare as draait, zoodat die beide waarnemers blijven waar zij zijn.

Nu kent men, zoo als ik u reeds meermalen gezegd heb, zeer nauwkeurig de *verhouding* tusschen den afstand van de zon tot Venus en den afstand van de zon tot de aarde. Men weet namelijk, dat als $S\ A = 100$ deelen is, dan is $S\ V = 72$ deelen.

Men kan hiervoor ook aannemen, als $E\ A = 100$ deelen is, dan is $E\ V = 72$ deelen, dus $V\ A = 28$ deelen.

Nu moeten de beide waarnemers B en C beiden voorzien zijn van een goed uurwerk en een sterken kijker, en beiden moeten nauwkeurig opteekenen, te hoe laat Venus op de zon intreedt, en te hoe laat zij er uitgaat.

Stel nu dat C Venus over de zon ziet gaan langs de koorde $G\ I$, zoo was het ongeveer den 9 December 1874; dan zal B Venus veel dichter bij het middelpunt zien voorbijgaan, en wel over de koorde $D\ F$. Deze koorde $D\ F$ is langer dan de koorde $G\ I$, en daarom zal Venus voor den waarnemer in B langer tijd besteden om over de zon te gaan, dan voor den waarnemer in C.

Figuur 206 is, zoo als gij zelf wel begrijpen zult, niet juist geteekend, want de zon is er veel te groot geteekend, in verhouding tot de afstanden van de zon tot Venus en de aarde, daarom is de afstand van $D\ F$ tot $G\ I$ ook naar verhouding te groot.

Ook spreekt van zelf, dat in de geheele figuur, de cirkel $M\ K\ N$ eene doorsnede voorstelt van de zon door een vlak, dat door de lijn $A\ S$ gaat, maar de lijnen $G\ I$, $D\ F$ en $M\ N$ liggen niet in dat vlak, maar staan er bijna loodrecht op; dit hindert echter niet in onze beschouwing.

Het is nu voor een sterrekundige niet moeilijk uit te reke-

nen, hoeveel tijd Venus gebruikt zou hebben om de geheele middellijn *M N* van de zon te doorloopen. Gij herinnert u immers, dat wij vroeger hebben gevonden, (in § 94), dat in de onderste conjunctie Venus in 10 dagen 15 graden, dus in 1 dag 1½ graad of 90 minuten doorloopt. Nauwkeuriger berekend, verkrijgt men 92 minuten. Maar de middellijn der zon is den 9 December slechts 32′,55, dus verkrijgt men door eene eenvoudige berekening, dat Venus bijna 8½ uur noodig zou hebben, om langs een middellijn als *M N* over de zon te gaan.

Laat ons nu eens aannemen, dat de waarnemer in *C* Venus langs de koorde *G H I* ziet voorbijgaan in 3 uur en 49 minuten, en de waarnemer in *B* langs de koorde *D E F* in 4 uur en 32,3 minuten; zoo zou het ongeveer in 1874 geweest zijn, als zich toen op die punten *B* en *C* waarnemers hadden bevonden.

Hieruit kunnen wij nu gemakkelijk vinden de verhouding dezer koorden *G H I* en *D E F* tot de middellijn *M S N*, want daartoe deelen wij die tijdruimten, de minuten tot een decimale breuk herleid, dus 3^u,817 en 4^u,536 slechts door 8,5; wij verkrijgen dan 0,4491 en 0,5337, dat wil dus zeggen dat

$$D\ F = 0{,}5337 \times M\ N,$$
$$\text{en } G\ I = 0{,}4491 \times M\ N.$$

Nemen wij nu de helft van de koorden en de helft van de middellijn *M N*, dan verkrijgen wij natuurlijk dezelfde verhouding, dus is

$$D\ E = 0{,}5337 \times M\ S,$$
$$\text{en } G\ H = 0{,}4491 \times M\ S.$$

Maar nu heb ik u vroeger eene schoone eigenschap der rechthoekige driehoeken medegedeeld (2^e stukje, § 45), die zult gij u zeker nog wel herinneren?

ABDULLAH. O ja, mijnheer, u meent zeker, dat het vierkant op de schuine zijde even veel inhoud heeft als de beide vierkanten op de rechthoekszijden te zamen genomen.

DE HEER. Juist zoo, en als ik nu *D S* en *G S* trek, dan zijn die beide even groot als *M S* of *L S*, zij zijn namelijk stralen

van de zonneschijf. Wij zullen nu die vierkanten schrijven zoo als de wiskundigen de tweede macht gewoonlijk uitdrukken, namelijk door een cijfer 2 rechts in de hoogte, zoo beteekent $D\ E^2$ het vierkant op $D\ E$, enz., dan is dus

$$D\ E^2 + E\ S^2 = D\ S^2,$$
$$G\ H^2 + H\ S^2 = G\ S^2,$$

derhalve

$$E\ S^2 = D\ S^2 - D\ E^2,$$
$$H\ S^2 = G\ S^2 - G\ H^2.$$

Maar

$$D\ S^2 = M\ S^2$$
$$D\ E^2 = 0{,}5337^2 \times M\ S^2 = 0{,}2848\ M\ S^2$$

dus is $E\ S^2 = 0{,}7152\ M\ S^2$,

en hieruit vindt men

$$E\ S = 0{,}84565\ M\ S.$$

Evenzoo hebben wij

$$G\ S^2 = M\ S^2,$$
$$G\ H^2 = 0{,}4491^2\ M\ S^2 = 0{,}2018\ M\ S^2,$$

dus is $H\ S^2 = 0{,}7982\ M\ S^2$;

en hieruit weder

$$H\ S = 0{,}8934\ M\ S.$$

Trek ik $E\ S = 0{,}84565\ M\ S$ hiervan af

dan vind ik $H\ E = 0{,}04775\ M\ S.$

Ik vergelijk nu met elkander de driehoeken $H\ V\ E$ en $C\ V\ B$, en ik merk op, dat $E\ V$ en $V\ B$ dezelfde verhouding tot elkander moeten hebben als $S\ V$ en $V\ A$, dus zoo, dat als $E\ V$ 72 deelen is, dan is $V\ B = 28$ deelen; nu is het duidelijk dat ook $H\ E$ en $B\ C$ in dezelfde verhouding zullen zijn, en dus dat $B\ C$ zal zijn $\frac{28}{72}$ of $\frac{7}{18}$ deel van $H\ E$, dat is in dit geval:

$\frac{1}{18} \times 0{,}04775\ M\ S = \frac{0{,}33425}{18}\ M\ S = 0{,}01857\ M\ S = \frac{1}{53{,}85}\ M\ S.$

En daar de straal der aarde $A\ B$ gelijk is aan de helft van de middellijn $B\ C$, is dus $A\ B = \frac{1}{107{,}7}\ M\ S$, d. i. één 107,7e gedeelte van den straal der zon, of met andere woorden: de straal der zon is 107,7 maal grooter dan de straal der aarde.

Maar nu schijnt de zon den 9 December eene breedte te hebben aan den hemel van 32,55 minuten, en daaruit kan nu weder door de driehoeksmeting de afstand van de zon tot de aarde gevonden worden; maar die afstand geldt dan ook voor 9 December, en dan is die afstand kleiner dan de gemiddelde, daar de aarde dan niet ver van het punt harer loopbaan is, dat het dichtste bij de zon is; gij herinnert u immers dat zij den 1 Januari in dit punt aankomt.

Den gemiddelden afstand noemt men dien afstand, die precies tusschen den grootsten en den kleinsten afstand in ligt. Op dien afstand schijnt de zon slechts een middellijn te hebben van 32′,0. Nu vindt men door de driehoeksmeting, dat eene lijn slechts 0,00931 van den afstand moet bedragen om onder eene hoek van 32 minuten gezien te worden.

Als nu 0,00931 $\times$ de afstand = 107,7 middellijnen der aarde is, dan is natuurlijk de gemiddelde afstand der zon

$= \frac{107.7}{0.00931}$ middellijnen der aarde

= 11569 » » »

= 23138 stralen der aarde.

En wanneer wij eindelijk dien afstand, even als dien der maan, in geographische mijlen willen weten, dan moeten wij ons weder herinneren, dat de straal der aarde 859,4366 mijlen is, en dan verkrijgen wij dus $23138 \times 859{,}4366 = 19\,886\,000$ geographische mijlen of bijna 20 000 000 geographische mijlen; wil men liever den afstand in palen weten, dan moet men dit getal weder met 4,9245 vermenigvuldigen, men krijgt dan bijna 98 000 000 paal.

Om u een denkbeeld te geven van dien afstand, zullen

wij eens aannemen, dat een spoortrein dien afstand aflegt met de grootste snelheid, die door de sneltreinen wordt aangenomen, n.l. 75 kilometer per uur, en dan zullen wij berekenen, hoeveel tijd die trein voor dien afstand noodig heeft.

75 kilometer is iets meer dan 10 geographische mijlen. Nemen wij nu maar juist zooveel aan, dan heeft zulk een trein noodig

2 000 000 uren,
of 83 333 dagen,
of 238 jaren.

Als er dus in het jaar 1643 een sneltrein van de zon vertrokken was, zou die nu eerst, in 1881, op de aarde kunnen aankomen.

Gij ziet dus, dat die afstand werkelijk ontzettend groot is. En nog zult gij later zien, dat de sterrekundigen afstanden hebben gemeten, die nog duizenden malen grooter zijn.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dit is dus niet de afstand op den 9 December?

DE HEER. Neen, zoo als ik u reeds zeide, is de afstand op den 9 December iets kleiner. Het is de *gemiddelde* of, zoo als men zegt, *middelbare* afstand van de aarde tot de zon.

Om den grootsten en kleinsten afstand te vinden, moet men weten hoe groot de excentriciteit van de loopbaan is. Die excentriciteit bedraagt bij de loopbaan der aarde zeer nabij $\frac{1}{60}$. $\frac{1}{60}$ van 19 886 000 geogr. mijlen is 331 000 geogr. mijlen. Telt men dit dan bij 19 886 000 geogr. mijlen op, dan verkrijgt men voor den grootsten afstand, op 3 Juli, 20 217 000 geogr. mijlen. En trekt men het er van af, dan verkrijgt men voor den kleinsten afstand, op 1 Januari, 19 555 000 geogr. mijlen.

Maar de sterrekundigen rekenen zeer weinig met geographische mijlen, omdat de afstanden, waarover zij spreken, te groot zijn. Zij nemen als eenheid van maat aan: den middelbaren

afstand van de aarde tot de zon; en dan is bijv., in die maat uitgedrukt, de middelbare afstand van Venus = 0,723. Dit is voor hen veel gemakkelijker.

---

§ 107.

NADEELEN VAN DEZE METHODE. TWEEDE METHODE OM HETZELFDE DOEL TE BEREIKEN, METHODE VAN DE L'ISLE.

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

ABDULLAH. Ik denk het wel mijnheer.

DE HEER. Toch moet ik u er opmerkzaam op maken, dat de methode, die ik u de vorige keer geleerd heb, soms niet gebruikt kan worden, en dan moet men dus eene andere methode bedenken. Zie maar eens fig. 206. Ten eerste heb ik *G I* tamelijk ver van het middelpunt der zon getrokken; zoo was het ook in 1874, zie fig. 196; daardoor was de koorde *D F* (fig. 206), die iets dichter bij het middelpunt kwam, veel langer dan *G I*, en uit het verschil van die twee koorden hebben wij gevonden, welk gedeelte de straal der aarde was van den straal der zon.

Maar wanneer nu *G I* eens vlak boven *M N* getrokken geweest was, wat zou er dan gebeurd zijn?

ABDULLAH. Dan zou het verschil natuurlijk maar zeer klein geweest zijn.

DE HEER. Juist zoo, maar dan is het ook niet mogelijk, om uit zoo een klein verschil de berekening met zekerheid te maken. Want in ons voorbeeld hadden wij aangenomen, dat *G I* in 3^u49^m en *D F* in $4^u32^m,3$ werd afgelegd, dus een verschil van $43^m,3$. Indien nu de 3^u49^m ééne minuut te groot en de $4^u32^m,3$

ééne minuut te klein geweest was, dan zoude het verschil, (43m,3) 2 minuten te klein zijn, dus omtrent $\frac{1}{21}$ gedeelte van het geheel.

Maar als nu $G\ I$ vlak voorbij het middelpunt had geloopen, dan zou $D\ F$ er zeker niet veel van verschild hebben. Indien het verschil, in plaats van 43m,3, nu eens had bedragen 10m, dan zou dezelfde fout van 2 minuten $\frac{1}{5}$ van de geheele waarde bedragen, en dat is natuurlijk te groot. Dus gij ziet wel, dat die methode niet altijd even goed om te gebruiken is.

Maar er is nog een tweede reden, waarom men naar eene andere methode gezocht heeft. Wij hebben de vorige keer ondersteld, dat de aarde niet om hare as draaide, en dat de punten B en C dus op hare plaats bleven. Maar dat is in de werkelijkheid niet zoo. De aarde draait wel om hare as. En het kan gebeuren dat voor een waarnemer in B de ingang bij dag plaats heeft, zoodat hij dien zien kan, maar dat, door de wenteling der aarde om hare as, het in B reeds nacht is, als de uitgang plaats heeft. Andere plaatsen zijn er, die niet den ingang kunnen zien, omdat die bij hen in den nacht plaats heeft, maar wel den uitgang, die dan over dag wordt waargenomen.

En niet alleen kan een waarnemer den ingang of den uitgang missen door de wenteling van de aarde om hare as, maar ook door wolken.

Iemand kan naar eene plaats gereisd zijn, waar hij bij helder weder den ingang en den uitgang zou kunnen waarnemen. Hij komt er, neemt den ingang waar, doch wolken of slecht weder verhinderen, den uitgang te zien.

De methode, die ik u de vorige keer uitlegde, was in het jaar 1716 uitgevonden door een engelsch sterrekundige, met name Halley, en wordt daarom gewoonlijk de *methode van Halley* genoemd. Om die methode toe te passen, moeten dus de sterrekundigen met hunne kijkers reizen naar punten, waar zij den ingang en den uitgang beide kunnnen waarnemen, en er wordt alleen gevraagd hoe veel tijds er tusschen den ingang

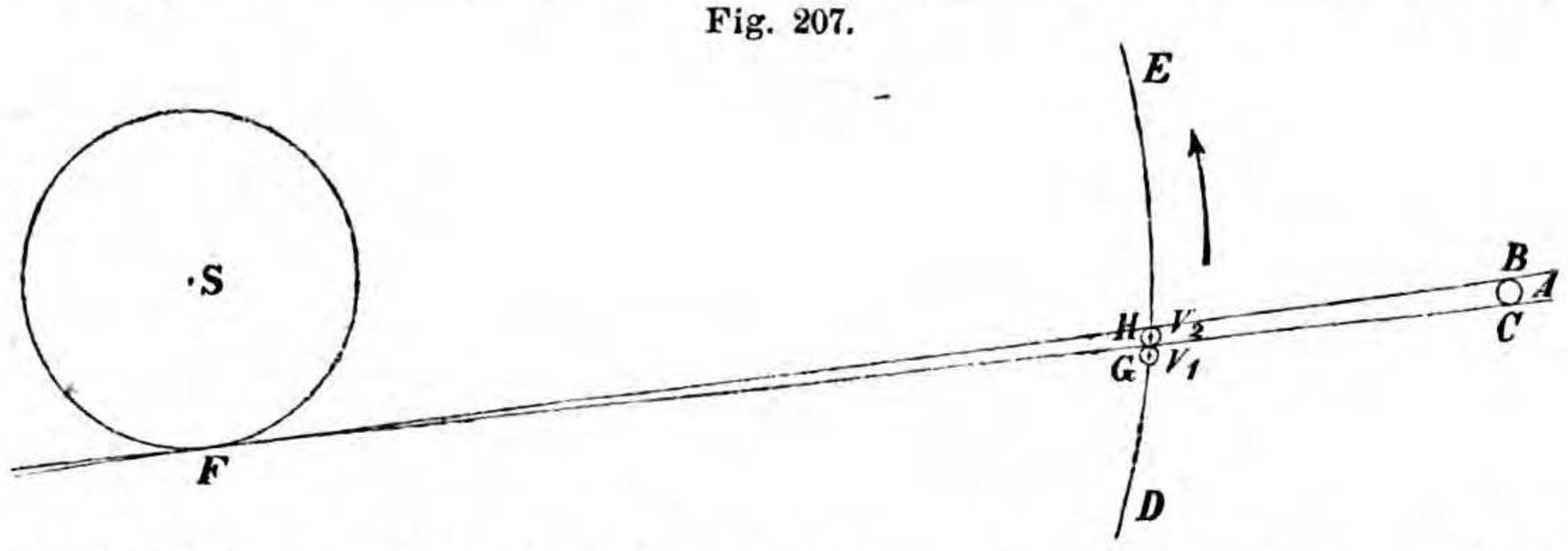
en den uitgang verloopen is. Hoeveel het uurwerk, dat men gebruikt, voor of na is, komt er, om zoo te zeggen, niet op aan, en hoe groot de lengte en breedte van de waarnemingsplaats is, behoeft men alleen maar ten naasten bij te weten.

Dat die methode hare gebreken had, zoo als ik u reeds heb uitgelegd, werd kort daarop het eerst opgemerkt door den franschen sterrekundige de l'Isle, en deze legde uit, hoe men doen moet, om in alle geval toch de waarnemingen te gebruiken, al gaat Venus dwars over het middelpunt der zon, en al hadden al de waarnemers geene gelegenheid om den in- en uitgang beide waar te nemen. En die methode van de l'Isle is bij de voorbijgangen van Venus van 1761, 1769 en 1874 bij de berekeningen veel gebruikt geworden.

De l'Isle merkte op, dat men zeer goed alleen twee waarnemingen van den ingang kon gebruiken, om daaruit den afstand van de aarde tot de zon te bepalen, mits men de plaatsen, waar die waarnemingen gedaan werden, zoo uitkoos, dat de tijd van ingang voor de eene plaats zoo vroeg mogelijk, en voor de andere plaats zoo laat mogelijk plaats had.

Om u dit duidelijk te maken, stel ik nu weder, fig. 207,

Fig. 207.



dat het papier het vlak der ekliptika voorstelt, (dus niet als in fig. 206, want daar was het papier loodrecht op dit vlak). S is weder de zon, A de aarde, D E de loopbaan van Venus, dien wij hier voor het gemak in de ekliptika zullen teekenen; als ik nu de twee raaklijnen $F B$ en $F C$ trek, zoowel aan de zon als aan de aarde, dan zal Venus, zoodra zij binnen den hoek $B F C$ komt, van de eene of andere plaats der aarde uit, op de zon gezien worden. Bijv. is Venus in V_1, dan ziet een waar-

nemer in C haar op de zon komen, en is zij tot V_2 gekomen, dan eerst ziet een waarnemer in B haar op de zon komen. Als dus nu maar bekend is, hoeveel tijd B dien ingang *later* ziet dan C, dan is het niet moeilijk te vinden, hoeveel maal $F\,B$ grooter is dan $B\,C$, dat wil zeggen: hoeveel maal de afstand van de aarde tot de zon grooter is dan de middellijn der aarde.

Want stel eens dat B den ingang 12 minuten later ziet dan C.

Gij herinnert u dat Venus, tijdens die onderste conjunctie, in één dag zich 92′ rechts schijnt te bewegen ten opzichte der zon; maar één dag is 1440 minuten, en 12 minuten is hier een 120e gedeelte van. Uit C gezien, moet dus de afstand $G\,H$ zich voordoen als

$\frac{1}{120}$ van 92′, of 46″

Maar de afstand van de zon tot Venus is grooter dan de afstand van Venus tot de aarde, en wel in reden van 72 tot 28, dus is $V_1\,V_2$, gezien uit de zon ook maar $\frac{28}{72}$ of $\frac{7}{18}$ van 46″, d. i. 17″,875, en dat is nu de hoek $V'\,F\,V''$ of anders gezegd de hoek $B\,F\,C$.

En als men nu weet, dat de middellijn der aarde, uit de zon gezien, 17″,875 groot is, dan kan men ook licht berekenen, hoeveel maal de afstand tot de zon grooter is dan die middellijn; men vindt dan: 11540 maal, dus 23080 maal grooter dan de straal, hetgeen dus nagenoeg overeenkomt met de uitkomst, die wij vroeger, volgens de andere methode, gevonden hebben (blz. 46).

Wanneer gij nu eens let op het verschil van deze beide methoden, dan ziet gij, dat het bij de laatste niet noodig is dat in- en uitgang beide zijn waargenomen; wij hebben onze uitkomst gekregen enkel uit de ingangen, die op twee plaatsen zijn waargenomen. Dat is dus een voordeel. Evenzoo kan men bij die methode van de l'Isle enkel de uitgangen gebruiken.

Verder, zoo als de figuur nu is, komt in het geheel niet in aanmerking, hoe groot de straal der zon is, gezien uit de aarde; ook een voordeel, maar dat niet zoo heel veel beteekent, want die straal is nauwkeurig genoeg bekend.

Maar wat is nu het nadeel der methode van de l'Isle? Dat gij moet weten, hoeveel minuten en sekonden de waarnemer in *B* den ingang later heeft gezien dan de waarnemer in *C*. Want *B* en *C* liggen aan twee tegenovergestelde punten van den aardbol; bijv. stel dat *B* ligt op Java en *C* in Amerika; in het punt *B* neemt men wel waar, hoe laat Venus daar op de zon treedt, maar dat is volgens den tijd van *B*. In *C* neemt men hetzelfde waar, maar dat is volgens den tijd van *C*. Wil men dus weten, hoe veel er tusschen die twee tijdstippen in is, dan moet men ook weten, hoeveel het verschil in lengte is tusschen *B* en *C*, en daarin ligt nu de moeilijkheid. Een van beiden, de waarnemers moeten alleen naar plaatsen gaan, waarvan men de lengte zeer nauwkeurig kent, of zij moeten de lengte hunner waarnemingsplaats zelf bepalen, hetgeen soms veel moeite kan inhebben.

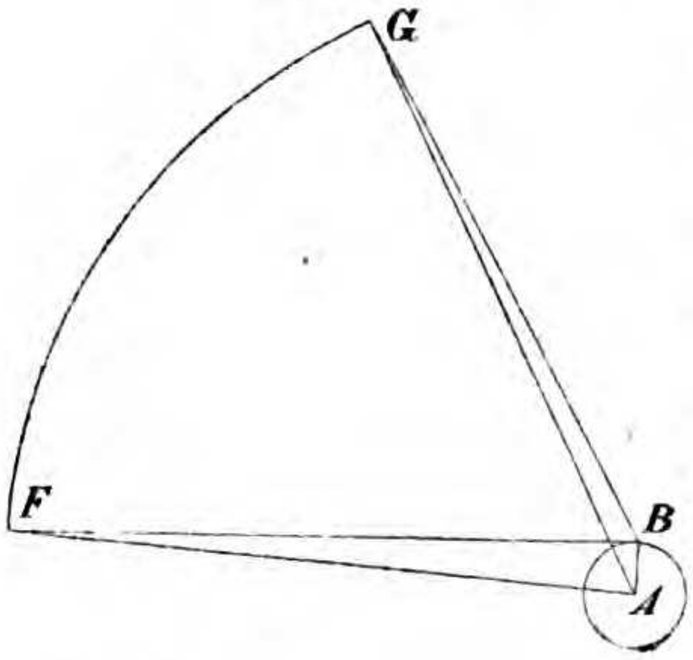
Bij de voorbijgangen van Venus, die tot nog toe vrij algemeen zijn waargenomen. namelijk die van 1761, 1769 en 1874, zijn plaatsen, of zoo men zegt stations, bezocht, die voor beide de methoden goed waren.

Ik moet u alleen nog herinneren, dat die plaatsen natuurlijk niet konden gekozen worden, precies zooals *B* en *C* in fig. 206, d. i. dat zij aan den kant liggen van de polen der ekliptika; even min zoo als in fig. 207, dat zij de eerste en laatste punten waren, die den ingang konden zien; maar er zijn naar verschillende oorden der aarde reizigers gegaan; op sommige plaatsen konden zij ingang en uitgang waarnemen, daarop werd bij de berekening de methode van Halley toegepast. Op andere plaatsen alleen de ingang of uitgang; daar moest men zorgen, de nauwkeurige lengte der waarnemingsplaatsen te kennen; de berekeningen moesten anders ingericht worden, als boven is uitgelegd, maar in hoofdzaak is het toch de methode van de l'Isle, die men gevolgd heeft.

Ik heb u reeds vroeger gezegd, dat de sterrekundigen niet gewoon zijn met geographische mijlen te rekenen; de getallen, die zij dan krijgen, worden te groot om ze te gebruiken en te

onthouden. Zoo is het nu ook met den afstand van de aarde tot de zon. Zij vragen er eigenlijk niet naar, hoeveel geographische mijlen die afstand groot is, maar zij willen alleen maar weten, hoe groot de hoek *B F C*, fig. 207, is, waaronder de middellijn der aarde zich uit de zon vertoont. Gewoonlijk gebruiken zij de helft van deze, derhalve de hoek *A F B*, fig. 208, waaronder de *straal* der aarde zich uit de zon vertoont. Volgens onze vorige berekening is die hoek de helft van 17″,875; of 8″,9375.

Fig. 208.



Toen ik u vroeger over de eklipsen sprak, heb ik u al medegedeeld dat men in het algemeen den hoek *A F B*, waaronder de straal der aarde uit een hemellicht *F* gezien wordt, het *verschilzicht* of de *parallaxis* van dat hemellicht noemt.

Staat het, zoo als *F*, in den horizon van *B*, dan noemt men dienzelfden hoek het *horizontale verschilzicht* of de *horizontale parallaxis*.

De middelbare horizontale parallaxis van de zon is dus = 8″,9375, iets meer of minder.

Ik zeg de middelbare, omdat de aarde niet altijd even ver van de zon, en dus die parallaxis niet altijd even groot is. Den 1 Januari is zij 0″,15 grooter, den 3 Juli 0″,15 kleiner.

Er zijn verschillende methoden om haar te vinden; de methode door de voorbijgangen van Venus is er eene van. Men kan tegenwoordig zeggen, dat die parallaxis tusschen 8″,70 en 8″,95 ligt, maar het juiste getal is nog niet bekend.

Ik heb u vroeger gezegd, dat de maan het dichtst van alle hemellichamen bij onze aarde staat. Daardoor is de horizontale parallaxis van de maan ook grooter dan die van eenig ander hemellichaam. Zij bedraagt gemiddeld 57′ 2″, en kan ruim drie minuten grooter en kleiner worden.

§ 108.

ER IS NOG EENE KLEINERE STER, DIE EVEN ALS VENUS, DAN EENS DES MORGENS, DAN EENS DES AVONDS, MAAR ALTIJD IN DE NABIJHEID DER ZON TE ZIEN IS. DEZE HEET MERCURIUS.

ABDULLAH. Mijnheer, u hebt mij laatst gezegd, dat er vijf sterren zijn, die even als Venus eene bijzondere beweging hebben. Maar die andere vier nu, is hare beweging ook zoo, even als die van Venus?

DE HEER. Wel, van die vier is er maar een, die dezelfde verschijnselen als Venus aanbiedt. Die gaat ook dan eens na de zon onder, dan weder komt zij voor de zon op; maar die is lang zoo helder niet als Venus, en men moet goed op de sterren opletten, als men haar vinden wil. Toch hebben de Grieken en andere oude volken haar al 2 tot 3000 jaren geleden gekend. De Europeanen noemen haar Mercurius, in navolging van de Romeinen, die denzelfden naam aan den god van den koophandel gaven. De Chineezen noemen haar gewoonlijk chin-sing, de ster van het uur, maar hebben haar nog allerlei namen gegeven. De Hindoes noemen haar Boedha, welken naam ook weder de Javanen hebben overgenomen; de Arabieren Otâred, عطارد.

Die ster nu wordt even als Venus alleen in de nabijheid der zon gezien. Dan eens des avonds in het westen, dan eens des morgens in het oosten. Zij schittert als eene heldere gewone ster; en men kan haar dus alleen daardoor herkennen, dat zij zich ten opzichte van andere sterren beweegt, of wel dat zij verschijnt, als men zeker weet dat er geene heldere ster op dien tijd in de schemering bij de zon te zien is. Bijv. gij kent het zevengesternte, en later zal ik u ook andere sterrebeelden leeren; dicht bij het zevengesternte staan geene zeer heldere sterren; gesteld nu dat gij avond op avond oplet hoe het zevengesternte dichter bij de zon komt, maar op eens, daar ziet gij er eene andere ster dicht bij, die gij er vroeger

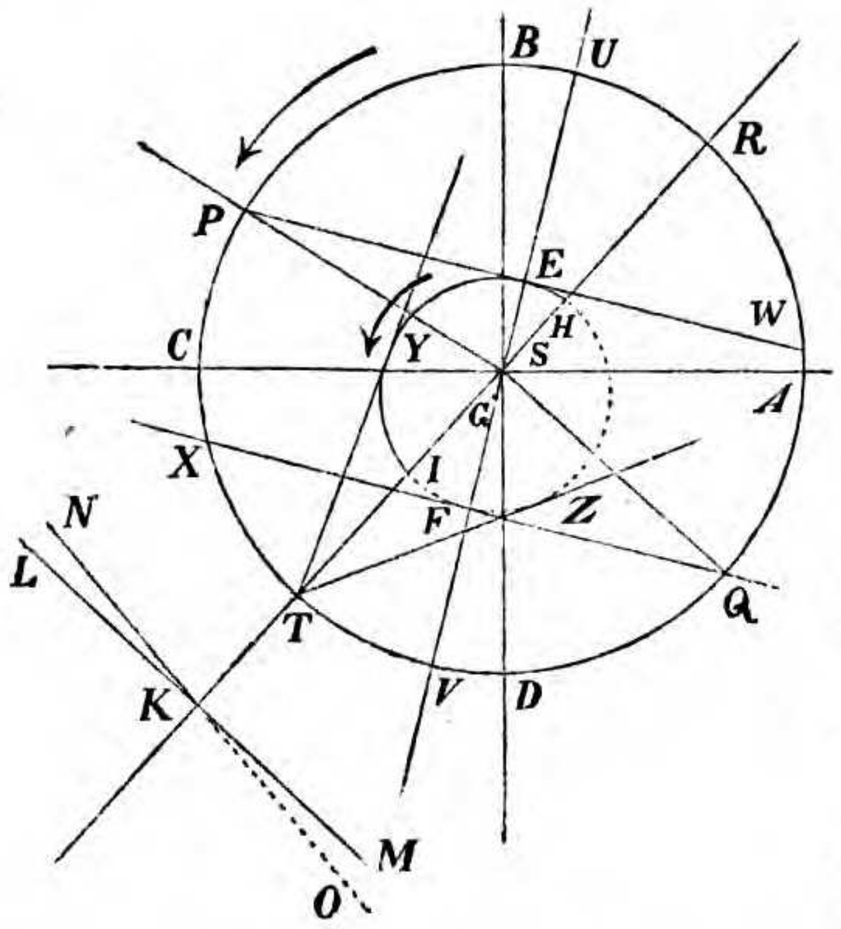
niet gezien hebt, dan weet gij zeker, dat dit Venus of Mercurius is. Gaat die ster dan na weinige dagen geschenen te hebben, weer naar de zon terug, dan kunt gij zeker zijn, Mercurius gezien te hebben.

Mercurius is lang zoo helder niet als Venus, en vele menschen, die wel weten, dat hij bestaat, hebben hem toch nooit gezien, gedeeltelijk omdat zij er niet op letten, gedeeltelijk omdat hij, al is hij vrij helder, alleen in de zonneschemering te zien is, en dus nog al vrij moeilijk.

Mercurius verwijdert zich ook niet zoo ver van de zon als Venus; ik heb u gezegd dat Venus zich niet verder dan 47° van de zon verwijdert, en omdat de loopbaan van Venus bijna rond is, zoo verschilt dat de eene keer of de andere niet veel.

Met Mercurius is dat geheel anders, de eene keer verwijdert hij zich niet verder dan 18 graden van de zon, de andere keer wel 28 graden. En de reden daarvan is heel duidelijk. Zie eens hier, fig. 209, hoe de loopbaan van Mercurius gelegen is. Die loopbaan is weder eene ellips, maar met eene veel sterkere excentriciteit dan van de loopbaan der aarde en van Venus; want als $E\ F$ de groote as van de loopbaan van Mercurius, S de zon en G het middelpunt der loopbaan is, dan is $G\ S$ $\frac{1}{5}$ van $G\ E$, of zoo als men zegt, de excentriciteit van die loopbaan is $\frac{1}{5}$; dus veel grooter dan bij de aarde, waar de excentriciteit slechts $\frac{1}{60}$ bedraagt. $E\ S$ is dus slechts $\frac{4}{5}$ $G\ E$, en $S\ F = \frac{6}{5}$ $G\ E$, dus dat is omtrent $1\frac{1}{2}$ maal zoo groot.

Fig. 209.



Deze figuur is op dezelfde wijze geplaatst als fig. 187 en fig. 195; de aarde bevindt zich dus

in C den 20 Maart,
in D den 21 Juni,

in A den 23 September,
in B den 22 December.

De loopbaan van Mercurius is zoodanig gericht, als de figuur aanwijst, dus met hare groote as in de richting naar de punten U en V, waar de aarde den 7 December en den 6 Juni is.

Trekken wij nu aan de loopbaan van Mercurius twee raaklijnen, $E\ P$ en $F\ Q$, één aan het dichtste punt E, één aan het verste punt F, dan snijden die raaklijnen de loopbaan der aarde, in de punten P en W, Q en X. Als nu de aarde in P is en Mercurius in E, dan is Mercurius voor de aarde op zijn grootsten afstand van de zon, men noemt dit, om het van eenen afstand in eene rechte lijn te onderscheiden, dat Mercurius in zijne grootste *elongatie* is; Mercurius staat nu, uit de aarde gezien, aan de linkerhand van de zon S, dat wil zeggen dat Mercurius dan *avondster* is. In de Europeesche almanakken wordt zulk eene elongatie eene *oostelijke* genoemd, omdat de Europeanen zich altijd voorstellen dat zij de noordpool des hemels boven hun hoofd hebben. Als Mercurius nu avondster is, dan staat hij voor hen aan de linkerhand der zon, en als de zon des middags in het zuiden staat, dan staat Mercurius ten oosten van de zon; wanneer wij hier op Java ons dat ook zoo willen voorstellen, moeten wij ons, zoo als ik u al vroeger eens gezegd hebt, verbeelden dat wij op den rug liggen met het hoofd naar het noorden.

Als nu de aarde in Q is, en Mercurius in F, dan is hij ook in de grootste elongatie, en ook aan de linkerhand van de zon; maar de hoek $E\ P\ S$ is slechts 18^0, en de hoek $F\ Q\ S$ is 28^0.

Nu is de aarde den 15 Februari in P en den 10 Augustus in Q.

Is dus Mercurius in Februari in zijne grootste oostelijke elongatie, dan staat hij toch dicht bij de zon, en is dus moeilijk te zien, door het sterke schemerlicht, dat in het westen na zons ondergang bestaat; ook gaat hij dan spoedig, namelijk iets meer dan een uur, na de zon onder.

Maar is Mercurius in Augustus in zijne grootste oostelijke elongatie, dan staat hij zoo ver mogelijk van de zon, hij is dus niet zoo in het schemerlicht, en gaat bovendien twee uur na de zon onder, dan is er bijna elken dag gelegenheid hem te zien. Als men dan maar een weinig op de sterren in het westen oplet, dan valt hij dadelijk in het oog.

ABDULLAH. Maar mijnheer, des morgens vroeg, kan men Mercurius dan ook gemakkelijk zien?

DE HEER. O ja, maar niet altijd even gemakkelijk.

Men moet des morgens vroeg maar opletten, of men eene ster ziet, die men vroeger niet in de schemering gezien heeft. Blijft die ster eenige dagen zichtbaar, schijnt zij dan een paar dagen stil te staan en keert zij dan naar de zon terug, dan kan het niet anders dan Mercurius zijn. Wilt gij weten, wanneer het een gunstige, en wanneer het een ongunstige tijd is om Mercurius des morgens te zien, dan moet gij maar letten op de twee andere snijpunten van die raaklijnen met de loopbaan der aarde, namelijk *W* en *X*.

In *W* is de aarde den 27 September, in *X* den 1 of 2 April. En wij besluiten dat Mercurius als morgenster het best te zien is in Maart of April, en het moeilijkst in September of October.

ABDULLAH. Maar mijnheer, is het nu bij Mercurius ook zoo, dat hij zich des avonds zooveel spoediger naar de zon terugbeweegt, dan van de zon af, even als bij Venus?

DE HEER. Ja, maar gij begrijpt wel dat het verschil bij Mercurius zoo groot niet is, als bij Venus, omdat de loopbaan van Mercurius kleiner is.

Even als de afstanden van de zon bij de grootste elongaties zoo veel verschillen, even zoo verschillen ook de tijden nog al, die er verloopen tusschen de grootste elongaties en de conjuncties, maar gemiddeld zijn er van de bovenste conjunctie tot de grootste elongatie ten oosten. . . . . 36,3 dagen,
van de grootste elongatie ten oosten tot de onderste conjunctie . . . . . 21,64 »

van de onderste conjunctie tot de grootste elongatie ten westen . . . . . 21,64 dagen
van de grootste elongatie ten westen tot de bovenste conjunctie . . . . . 36,3 „
Maakt dus te zamen. . . . . 115,88 „

Deze 115,88 dag is nu weder de omloopstijd van Mercurius om de zon met betrekking tot de aarde; en dien kunt gij gemakkelijk berekenen, als gij maar weet, dat de omloopstijd van Mercurius om de zon is 87,96926 dag en van de aarde 365,25636 dag.

Deelen wij namelijk deze getallen in 360°. dan verkrijgen wij:
Beweging van Mercurius om de zon, in één dag, uit de zon gezien . . . . . 4°,09234
Dito van de aarde. . . . . 0°,98561
Dagelijksche beweging van Mercurius met betrekking tot de aarde . . . . . 3°,10673

en als men dit weder in 360° deelt, dan verkrijgt men 115,88 dag, voor den omloopstijd van Mercurius met betrekking tot de aarde.

---

§ 109.

OVER DE OVERGANGEN VAN MERCURIUS VOORBIJ DE ZON.

ABDULLAH. Maar mijnheer, gaat Mercurius nu ook van tijd tot tijd voorbij de zon, even als Venus?

DE HEER. Ja zeker, en vrij wat meer malen dan Venus. zie nog eens fig. 209.

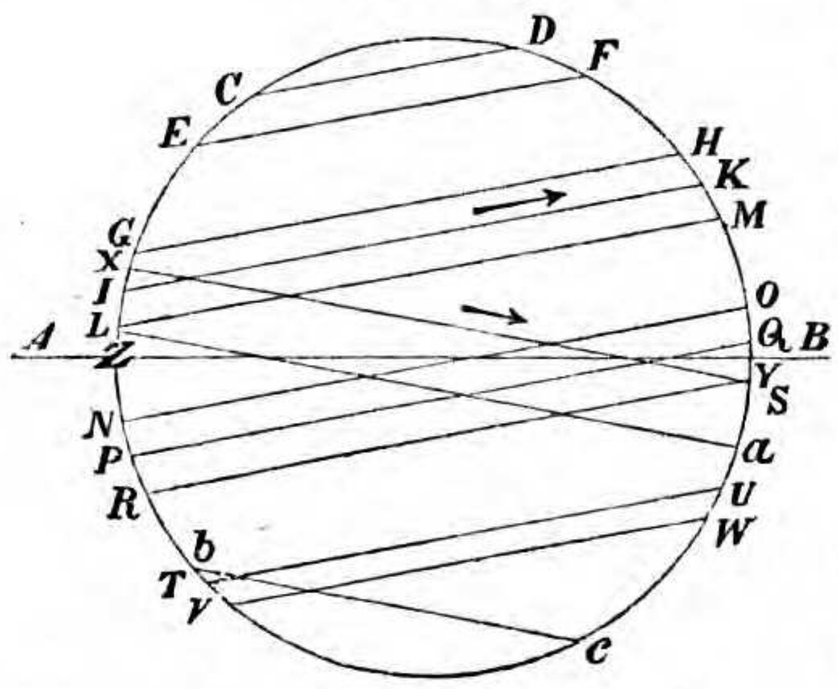
De loopbaan van Mercurius ligt, evenmin als die van Venus, in de vlakte van de loopbaan der aarde, of zoo als men het noemt, in de vlakte der ekliptika, maar snijdt deze vlakte in de punten *H* en *I*. Deze punten liggen met het middelpunt *S* der zon op ééne lijn, en de lijn *I S H* is dus de knoopenlijn van Mer-

curius. Het punt H is de klimmende knoop, het punt I de dalende knoop.

In de figuur is nu het gedeelte $H\ E\ I$ der loopbaan van Mercurius doorgetrokken, dit gedeelte moet men dus denken boven het papier, d. i. ten noorden van de ekliptika; het andere gedeelte $I\ F\ H$ is in de figuur gestippeld, en ligt dus beneden het papier, d. i. ten zuiden van de ekliptika.

Nu bevindt zich de aarde in R, tegenover den klimmenden knoop, op den 9 November, en in T, tegenover den dalenden knoop, op den 7 Mei. Als nu Mercurius tusschen de zon en de aarde doorgaat op den 9 November, of een paar dagen vroeger of later, dan kan men Mercurius voorbij de zon zien gaan, en even zoo wanneer zulk eene onderste conjunctie plaats heeft den 7 Mei, of een paar dagen vroeger of later. In deze figuur 210 ziet gij al de overgangen van Mercurius afgebeeld, die van het jaar 1880 tot het jaar 2000, dus in 120 jaar zullen plaats hebben.

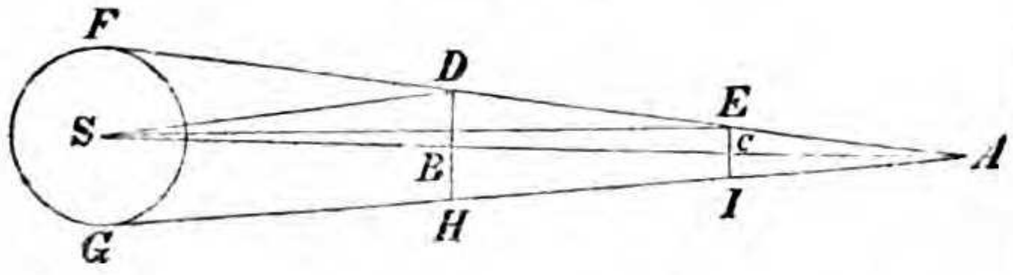
(Fig. 210.)



De cirkel in die figuur stelt de zon voor, $A\ B$ de ekliptika. De schuine koorden $C\ D$, $E\ F$, $G\ H$ enz., $X\ Y$, Za, bc, toonen de wegen aan, die, bij de verschillende overgangen, Mercurius over de zon nemen zal. Gij ziet wel, dat hier twee stellen koorden zijn, het eene stel bevat 10 koorden, die allen rechts naar boven gaan, het ander stel bevat 3 koorden, die allen rechts naar beneden gaan. Als gij let op de pijltjes, die de richting aanduiden, volgens welke Mercurius zich over de zon beweegt, dan ziet gij dat het eerste stel de voorbijgangen bevat, die plaats hebben als Mercurius in den *klimmenden* knoop is, terwijl het tweede stel uit de voorbijgangen is samengesteld, die in den *dalenden* knoop plaats hebben. Dat de doorgangen in den klimmenden knoop talrijker zijn, dan die in den dalenden knoop, komt daarvandaan, dat Mercurius in den klimmenden knoop veel dichter bij de zon is.

ABDULLAH. Maakt dat dan zooveel verschil?

(Fig. 211.)



DE HEER. Ja zeker, zie maar deze figuur 211 eens. Stel de cirkel $F\ G$ beteekent de zon, de aarde bevindt zich in A. Ik trek $A\ F$ en $A\ G$, die de zon in F en G aanraken. Als nu Mercurius zich op den afstand $S\ B$ van de zon bevindt, namelijk boven of onder B, dan zal hij zich op de zon vertoonen, mits hij maar tusschen de punten D en H is.

Is de afstand tot de zon echter grooter, bijv. $S\ C$, dan zal Mercurius tusschen E en I moeten zijn om, uit A, op de zon gezien te worden. Nu ziet gij wel, dat $E\ I$ veel kleiner is dan $D\ H$, en de kans, om bedekt te worden, is dus, als Mercurius op den afstand $S\ C$ van de zon is, veel geringer, dan als hij op den afstand $S\ B$ van de zon is.

Ziehier nu de dagen, waarop weder een voorbijgang van Mercurius te verwachten is; ik geef u het midden in tijd van

ONDERSTE CONJUNCTIE.				KOORDE IN FIG. 210.	DUUR VAN DEN VOORBIJGANG.	OP JAVA.
8 Nov.	1881	des	voormiddags $7\frac{3}{4}$ u.	R S	5u 18m	zichtbaar.
10 Mei	1891	„	„ 8	b c	5 8	„
11 Nov.	1894	„	„ (nachts) $1\frac{1}{2}$	L M	5 16	onzichtbaar.
13 „	1907	„	namiddags $7\frac{1}{2}$	E F	3 24	gedeeltelijk zichtb.
6 „	1914	„	„ 7	V W	4 2	„ „
7 Mei	1924	„	voormiddags $8\frac{1}{2}$	X Y	8 9	„ „
9 Nov.	1927	„	namiddags 1	P Q	5 23	zichtbaar.
11 „	1940	„	voormiddags $6\frac{1}{2}$	I K	5 0	gedeeltelijk zichtb.
14 „	1953	„	„ (nachts) $12\frac{1}{4}$	C D	2 26	onzichtbaar.
6 „	1960	„	namiddags $11\frac{1}{2}$	T U	4 26	„
8 Mei	1970	„	„ $3\frac{1}{4}$	Z a	8 6	gedeeltelijk zichtb.
9 Nov.	1973	„	„ $5\frac{1}{2}$	N O	5 26	„ „
13 „	1986	„	voormiddags $11\frac{1}{4}$	G H	4 42	zichtbaar.

Batavia. Voor elk ander punt van den Indischen Archipel kan men dan licht den tijd van den dag vinden, als men maar op het lengteverschil met Batavia let, zoo als ik u al meermalen heb uitgelegd.

Heeft nu de geheele voorbijgang voor Java des nachts plaats, dan staat er in de laatste kolom *onzichtbaar;* over dag, dan staat er *zichtbaar.* Maar heeft slechts de ingang of uitgang een van beide bij nacht plaats, dan is de voorbijgang *gedeeltelijk zichtbaar*, zoo als ook in de laatste kolom is aangeduid.

ABDULLAH. Als nu Mercurius voorbij de zon gaat, kan men dat dan ook met een donker glas voor de oogen zien?

DE HEER. Neen, daarvoor is hij te klein. Venus is omtrent zoo groot als de aarde, slechts een weinig kleiner. Maar de middellijn van Mercurius is slechts $\frac{3}{8}$ van die der aarde. Dus op denzelfden afstand van de aarde geplaatst, doet Mercurius zich nog niet half zoo groot voor als Venus. Maar nu staat Mercurius bij een voorbijgang in Mei 2 maal, bij een voorbijgang in November $2\frac{1}{2}$ maal verder van de aarde dan Venus, en dus kunt gij wel begrijpen, dat, al hebt gij in 1874 met het bloote oog Venus op de zon gezien, gij daarom nog niet in 1881 of 1891 Mercurius op de zon zult zien. Daarom moet men een kijker met een donker glas er voor gebruiken.

Is nu Mercurius des avonds of des morgens als avond- of morgenster zichtbaar, dan vertoont ook hij dezelfde gedaanteverwisselingen als Venus, maar men moet altijd een sterkeren kijker hebben om die goed te zien. Overigens ziet hij er dan even zoo uit als Venus, en de figuur 192, die Venus moet voorstellen, kan even goed geacht worden Mercurius te vertoonen. Van den tijd, waarin Mercurius om zijne as wentelt, is ook niets met zekerheid bekend, want men ziet ook op hem geene donkere vlekken, waardoor men alleen zou kunnen vinden, in hoeveel tijd hij om zijne as draait.

§ 110.

DE VOORBIJGANGEN VAN MERCURIUS ZIJN NIET GESCHIKT OM DEN AFSTAND VAN DE AARDE TOT DE ZON TE BEPALEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, kan men nu door die voorbijgangen van Mercurius voorbij de zon ook den afstand der aarde tot de zon vinden?

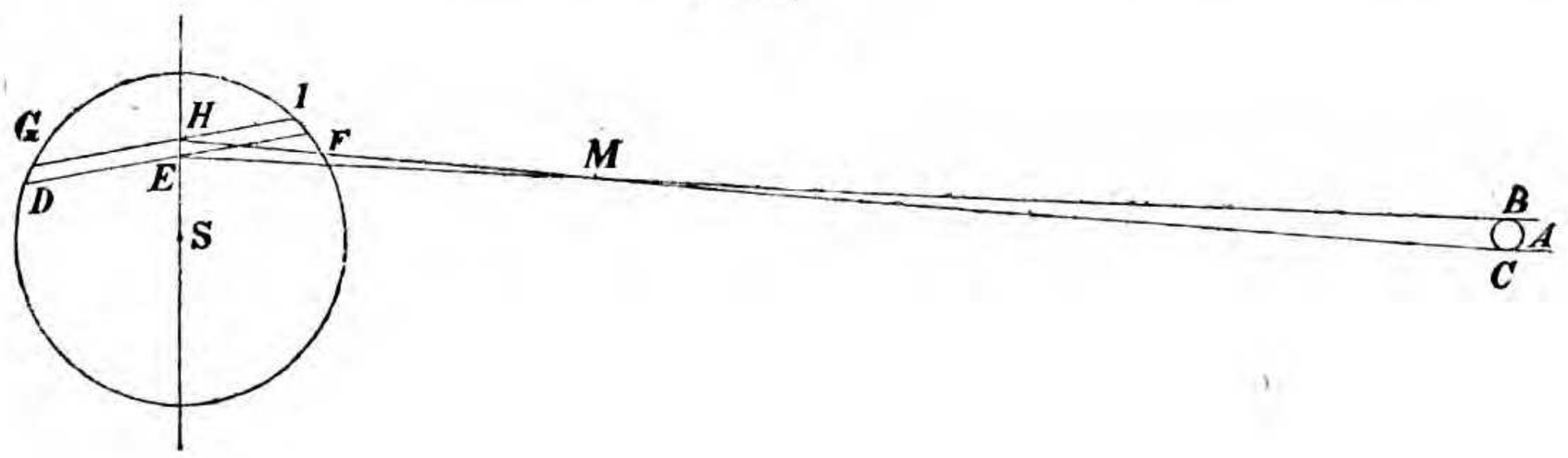
DE HEER. Oppervlakkig zoudt gij zeker zeggen ja, maar als gij de zaak nader beschouwt, dan blijkt wel van neen, namelijk lang niet zoo goed als door de voorbijgangen van Venus. Want in figuur 206 hebt gij gezien, dat de waarnemer in B en de waarnemer in C Venus lang niet langs dezelfde koorde over de zon zagen gaan; maar omdat $S\ V = 0{,}72$ van $S\ A$ en dns $V\ A = 0{,}28$ van $S\ A$ was, zoo is $S\ V$ meer dan $2\frac{1}{2}$ maal zoo groot als $V\ A$, en daarom was ook $E\ H$ meer dan $2\frac{1}{2}$ maal zoo groot als $B\ C$, of de middellijn der aarde.

Maar hoe is het nu met Mercurius? Nemen wij in fig. 209 weder $S\ A$ als eenheid aan, dan is de kortste afstand $S\ E$ van Mercurius tot de zon $= 0{,}307$, de langste afstand $S\ F = 0{,}467$.

Heeft er eene voorbijgang in November plaats, dan is de aarde in R en Mercurius in H, dan is zijn afstand tot de zon iets grooter dan 0,307, namelijk 0,314. Nemen wij daarvoor nu maar 0,31, dan is $H\ R = 0{,}69$, als wij de loopbaan der aarde als een cirkel beschouwen en dus $S\ R = 1{,}00$ aannemen.

Teekenen wij dus dezelfde figuur als figuur 206, maar nu voor Mercurius, dan verkrijgen wij fig. 212. Nu is $M\ E$ niet

Fig. 212.



zoo als bij Venus $2\frac{1}{2}$ maal grooter dan MA, maar $\frac{31}{65}$ van MA, dus nog niet de helft. HE is dus ook lang zoo groot niet bij Mercurius als bij Venus, en het verschil tusschen den tijd, dien de planeet noodig heeft, om, uit B gezien, zich langs de koorde DF te bewegen, verschilt veel minder van den tijd, dien zij noodig heeft om uit C gezien, zich langs de koorde GI te bewegen, dan zulks bij Venus het geval was. En omdat dat verschil nu zoo klein is, daarom is het niet geschikt om de parallaxis der zon te bepalen, zoo als gij lichtelijk begrijpen zult.

Bij de voorbijgangen van Mercurius, die in Mei plaats hebben, is de afstand van Mercurius tot de zon wel grooter dan bij de voorbijgangen van November, zij bedraagt dan 0,452, maar dezelfde redeneering blijft toch gelden, zoodat men ook die voorbijgangen niet kan gebruiken, om de parallaxis der zon met eenige nauwkeurigheid te bepalen.

---

§ 111.

OF ER NOG MEER BINNENPLANETEN ZIJN.

ABDULLAH. Mijnheer, u hebt mij laatst gezegd, dat er van de vier planeten, behalve Venus, slechts ééne is, die dezelfde verschijnselen aanbiedt als Venus, en dat was Mercurius. Zijn deze twee dan de eenige, waarvan de loopbaan binnen die der aarde is?

DE HEER. Ja, ten minste de eenige, die men gemakkelijk met het bloote oog zien kan. Omdat hare loopbaan geheel binnen die der aarde gelegen is, noemt men ze *binnenplaneten*.

Maar al zijn alleen die twee binnenplaneten met het bloote oog gezien, daarom is het toch zoo zeker niet, dat er niet binnen de loopbaan van Mercurius nog eene planeet is. Sommigen gelooven, dat dit zeker zoo is.

Want het is reeds dikwijls gebeurd, dat personen, die met een kijker naar de zon keken, gezien hebben, dat er een klein zwart bolletje langzaam over de zon liep, even als Mercurius, maar kleiner. Waarschijnlijk zijn dit voorbijgangen van kleine planeetjes geweest, die nog binnen de loopbaan van Mercurius om de zon loopen, maar doordien de menschen die dit gezien hebben, meestal geene sterrekundigen waren, maar slechts uit liefhebberij naar de zon keken, hebben zij dan niet zoo nauwkeurig beschreven, wat zij zagen; en dan konden de sterrekundigen uit hunne verhalen niet goed wijs worden.

Een enkele keer heeft eens een geneesheer in Frankrijk eene nauwkeurige beschrijving gegeven van zulk een voorbijgang. Die geneesheer heette Lescarbault, hij woonde te Orgères, op eenige uren gaans van Parijs.

Den 26 Maart 1859 zag hij, des namiddags te 4 uur, een zwart stipje op de zon, dat zich over de zon voortbewoog, en na omtrent anderhalf uur aan den anderen rand der zon gekomen was. Hij teekende, zoo nauwkeurig hij dat doen konde, den tijd van zijne waarnemingen en de plaats aan den rand op, waar hij het stipje het eerst gezien had, en waar hij het de zon had zien verlaten. De sterrekundigen hebben daaruit kunnen afleiden, hoe de baan van die planeet zou moeten liggen; maar hoe men later heeft gezocht, nooit heeft men meer diezelfde planeet buiten de zon gezien en ook niet op de zon. Verscheidene sterrekundigen hebben daarom ook al getwijfeld of die waarneming van Doctor Lescarbault wel echt was.

Zij begrepen ook, dat het heel goed mogelijk kon zijn, dat zulk een planeetje te dicht bij de zon stond, om alle dag, al is het met een sterken kijker, gezien te worden. Maar men hoopte ten minste, als er eens eene totale zoneklips was, dan eene goede gelegenheid te hebben, er naar te zoeken. Want bij zoo eene totale zoneklips wordt het, als de zon geheel door de maan bedekt is, zoo donker, dat de heldere sterren gezien kunnen worden. Maar menige zoneklips ging voorbij zonder dat men iets vond. Misschien komt dit ook wel daardoor, dat

men gewoonlijk meer naar de zon zelve keek, dan naar planeten zocht.

Eindelijk is het toch, den 29 Juli 1878, gelukt, tijdens eene totale zoneklips, een sterretje bij de zon te vinden. Deze eklips was in Noord-Amerika totaal. Verscheidene sterrekundigen begaven zich naar de plaats, waar zij haar als totaal zouden kunnen waarnemen en de heer Watson zag toen eene vrij heldere ster op een afstand van bijna 1½ graad van de zon. En een ander waarnemer op hetzelfde punt, de heer Swift, heeft die ster ook gezien. Nu is het zeker, dat op de plaats, waar die heeren de ster gezien hebben, geene vaste ster staat, want de sterrekundigen hebben kaarten, waarop alle bekende vaste sterren staan, en op die kaarten staat op die plaats geene ster, dus is het waarschijnlijk een planeetje geweest.

Op eene andere plaats, een weinig verder van de zon, vond de heer Watson nog eene vreemde ster, en het is niet onmogelijk, dat die even zoo goed als de andere eene planeet is; als dat zoo is, zouden er twee planeetjes nog binnen de loopbaan van Mercurius om de zon loopen. Maar die ster heeft de heer Swift niet gezien; en het zal dus nog geruimen tijd duren, eer men zeker weet of er werkelijk nog twee planeten binnen de loopbaan van Mercurius bestaan.

Men heeft vroeger zulk eene planeet Vulcanus genoemd, zooals bij de Romeinen de god van het vuur heette; waarschijnlijk bestaan er dus nu twee Vulcanussen, in plaats van een.

Maar wij zullen moeten wachten op latere zoneklipsen, die totaal zijn, dan zullen de sterrekundigen wel niet nalaten, weer goed te zoeken.

TWEEDE HOOFDSTUK.

Over de aarde als planeet. De achteruitgang der nachteveningen.

---

§ 112.

HOE ONWAARSCHIJNLIJK DE MEENING IS, DAT MERCURIUS EN VENUS OM DE AARDE LOOPEN. RECHTLOOPENDE BEWEGING EN TERUGGANG DER PLANETEN.

DE HEER. Wel Abdullah, wij komen nu aan de derde planeet, ten minste als wij die planeet of planeten binnen de baan van Mercurius niet medetellen. Weet gij nu welke die derde planeet is?

ABDULLAH. Wel mijnheer, als ik u goed begrepen heb, is dat de aarde.

DE HEER. Juist, ten minste als gij door planeet verstaat, wat wij er tegenwoordig door bedoelen, namelijk een hemellichaam, dat om onze zon draait. Maar vroeger verstond men onder planeten, alle hemellichamen, die niet op eene vaste plaats aan den hemel blijven, even als de vaste sterren, maar die zich, tusschen de sterrebeelden door, bewogen. Daarom zeiden de ouden, d. i. de Chaldeërs, Egyptenaren, Grieken, Romeinen, Arabieren, enz. dat er *zeven* planeten waren, de zon, de maan, en de vijf dwaalsterren, waarvan ik u nu al twee heb doen kennen, namelijk Mercurius en Venus. Zij verbeeldden

zich, dat de aarde in het midden der wereld stond, en dat die zeven planeten rondom de aarde liepen. Het zijn deze planeten, die in het maleisch ook *bintang toedjoeh* genoemd werden, waaronder dus de zon en maan ook behoorde.

Gij kunt zelf wel begrijpen, hoe vreemd die onderstelling was, want gij weet nu, hoe Venus en Mercurius schijnen te loopen; wanneer men nu daar de juiste verklaring van weet, zooals ik u die heb gegeven, dan is er niets vreemds in. Maar beproef nu eens met aan te nemen, dat Venus bijv. om de aarde loopt, zie dan maar, hoe onwaarschijnlijk dat is. Want als Venus aan gene zijde van de zon is, in of nabij hare bovenste conjunctie, dan beweegt zij zich uit de aarde gezien, ten opzichte der zon, van de rechterhand naar de linkerhand, altijd onderstellende, dat wij de noordpool boven ons hebben. Nu beweegt de zon zich, tusschen de sterren door, ook reeds van de rechter- naar de linkerhand, dus spreekt het van zelf dat, als men den loop van Venus ten opzichte der sterren nagaat, Venus in dien tijd zich zeer snel naar de linkerhand begeeft.

Maar hoe is het nu bij de grootste elongatie? Als Venus avondster is, en dan al tot hare grootste elongatie gekomen is, wat gebeurt er dan? Dan bereikt zij, uit de aarde gezien, haren grootsten afstand van de zon. Maar de meeste grootheden, die grooter en grooter worden en dan eene grootste waarde bereiken, worden daarna niet plotseling kleiner, maar langzamerhand. In een paar dagen ziet men dan in dien tijd ook bij Venus geene verandering in haren afstand tot de zon; maar daar de zon zich altijd naar de linkerhand begeeft, doet Venus dat dan ook; en dat ziet men ook wel, als men maar op de sterren let, die bij Venus staan. Maar eenige dagen later gaat Venus hoe langer hoe sneller naar de zon toe, ja, dit is tijdens de onderste conjunctie zooals gij u herinnert, 92′ per dag, en die beweging ten opzichte der zon is nu van de linker- naar de rechterhand, dus andersom als vroeger; maar de zon beweegt zich altijd door in de tegengestelde richting, en wel in

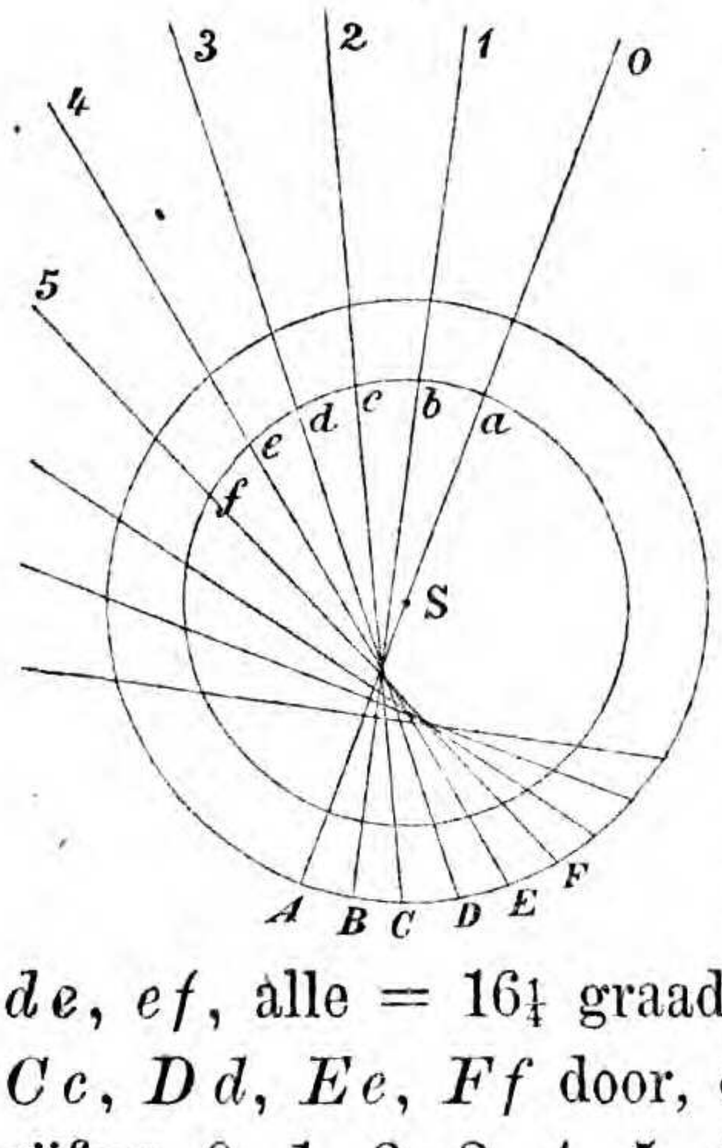
365¼ dag 360°, dus per dag omtrent 59′; er blijft dus nog over, dat tijdens de *onderste* conjunctie Venus nog 33 minuten per dag naar de rechterhand gaat.

Deze beweging noemt men bij de planeten den teruggang. Bij Venus begint die pas 50 dagen na de grootste elongatie als avondster; dan duurt hij 20, 21 of 22 dagen, totdat Venus de zon in hare onderste conjunctie bereikt, en duurt dan nog weder zoo lang na de onderste conjunctie, als Venus al morgenster geworden is, dus in het geheel 41, 42 of 43 dagen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, daar kan ik toch in de figuur nog niets van zien.

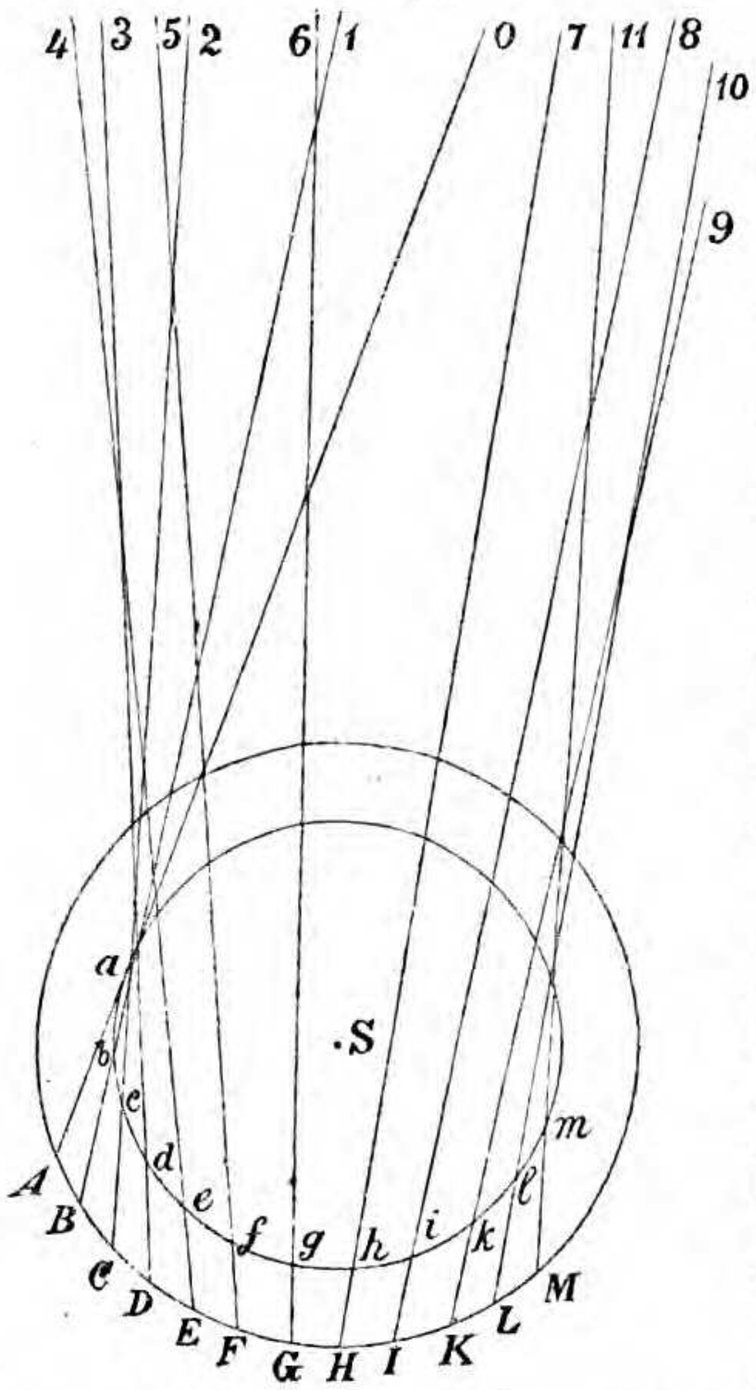
DE HEER. Ja maar, wanneer gij dat in de figuur zien wilt, dan moeten wij de lijnen, die van de aarde naar Venus getrokken worden, ver doortrekken, want wij moeten ons verbeelden dat in de verte de sterren zijn, en dan ziet men het wel. In deze figuur bijvoorbeeld, zult gij het wel zien. Zie eens hier fig. 214. Ik stel dat de zon is in S, de aarde in A, en Venus in a, dan is Venus in de bovenste conjunctie. Nu gaat de aarde alle 10¼ dag 10 graden vooruit en in denzelfden tijd Venus 16¼ graad. Die afstanden zijn hier afgezet, namelijk op den buitensten cirkel zijn $A\,B$, $B\,C$, $C\,D$, $D\,E$, $E\,F$ alle $= 10°$ en op den binnensten cirkel zijn $a\,b$, $b\,c$, $c\,d$, $d\,e$, $e\,f$, alle $= 16¼$ graad. Trekken wij nu de lijnen $A\,a$, $B\,b$, $C\,c$, $D\,d$, $E\,e$, $F\,f$ door, dan ziet gij wel aan de bijgeplaatste cijfers 0, 1, 2, 3, 4, 5, dat Venus na de bovenste conjunctie linksom door de sterren schijnt te loopen, d. i. in dezelfde richting als de zon, of zoo als men het noemt in eene rechtloopende beweging. Hier in Indië is die richting zoo te verstaan, dat als men met den rug op den grond ligt, met het

Fig. 214.



hoofd naar het noorden, die beweging dan is van het westen over het zenith naar het oosten gericht.

Fig. 215.



Maar laat ons nu eens zien, hoe het is na de grootste elongatie. Stel de zon is weder, fig. 215, in S, de aarde in A, Venus in a, in hare grootste elongatie als avondster. Nu stellen, even als aanstonds, weder B, C, D, ... M de plaatsen voor, waar de aarde zich, telkens na $\frac{1}{3}$ maand bevindt, en a, b, c, d, ... m, de plaatsen, waar Venus op dezelfde tijdstippen is. Trekken wij nu de verbindingslijnen $A\,a$, $B\,b$, $C\,c$, $D\,d$, ... $M\,m$ door, dan ziet gij weer aan de cijfers 0, 1, 2, 3, 4, ... 11, die er bij staan, dat, van 0 af gaande, 1, 2, 3, 4, nog altijd eene rechtloopende beweging aanwijzen, zelfs 5 nog, als gij de lijn $F\,f$ maar ver genoeg doortrekt. Maar te beginnen van $F\,f$ (of 5) wordt de beweging anders, want 6 is al meer rechts gericht dan 5; 7 nog meer, 8 weder meer, 9 nog meer, maar bij 10 zien wij weder omkeering; 10 is meer links gericht dan 9, en 11 meer links dan 10.

Die beweging nu van 5 tot 9, die dus in onze figuur eene beweging van 40 dagen voorstelt, wordt de teruggang van Venus genoemd. Zij heeft plaats, 20 dagen vóór en 20 dagen na de onderste conjunctie, zoo als gij wel begrijpen zult, want als de aarde tusschen G en H en Venus tusschen g en h is, dan is er onderste conjunctie.

Even als Venus heeft ook Mercurius zijnen teruggang, die duurt echter maar 21 of 22 dagen, de helft voor en de helft na de onderste conjunctie.

Als Venus of Mercurius van de rechtloopende beweging over-

gaan tot den teruggang of later weder van den teruggang tot de rechtloopende beweging, spreekt het van zelf, dat zij een oogenblikje schijnen stil te staan. Men noemt dat dan den *stilstand* der planeet. Deze heeft in ons voorbeeld voor Venus plaats tusschen 4 en 5, en tusschen 9 en 10.

§ 113.

HET STELSEL VAN KOPERNIKUS: DE ZON STAAT IN HET MIDDEN EN DE PLANETEN LOOPEN OM DE ZON; DE AARDE IS OOK EENE PLANEET.

Gij kunt nu wel begrijpen, dat, als men wilde aannemen, dat deze twee planeten, Venus en Mercurius, om de aarde liepen, men dan ook zou moeten vooronderstellen, dat zij dan eens rechtloopend, dan eens teruggaand zich bewogen. Ik zal u later wel eens uitleggen hoe de grieksche sterrekundigen daar in de oude tijden een middeltje op gevonden hadden; maar gij kunt nu toch wel zien, dat die verklaring altijd gedwongen moet geweest zijn.

ABDULLAH. Maar wie heeft het dan het eerst goed uitgelegd?

DE HEER. Dat is nu omtrent 350 jaren geleden gebeurd. Toen leefde er in Frauenburg, een stadje in Oost-Pruisen, aan de golf van Danzig, een roomsch geestelijke, met name Kopernik, gewoonlijk Kopernikus genoemd, en die heeft een werk geschreven, waarin hij het eerste heeft aangetoond, hoe waarschijnlijk het is, dat de zon in het midden staat, dat Mercurius en Venus om de zon loopen en de aarde ook. De aarde is dus volgens dat stelsel even goed eene planeet als Mercurius en Venus. Het boek van Kopernikus was juist afgedrukt, toen hij stierf, dit was in het jaar 1543. Zijn stelsel is door alle sterrekundigen aangenomen; en men heeft

zijn werk voor zoo gewichtig aangezien, dat er in Warschau en in Thorn, zijne geboorteplaats, standbeelden voor hem zijn opgericht.

---

§ 114.

DE DERDE WET VAN KEPPLER.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u hebt mij vroeger gezegd, dat Keppler het eerst gezegd heeft, dat de planeten in ellipsen om de zon liepen.

DE HEER. Ja, dat is ook zoo. Keppler werd in 1571 geboren, dus 28 jaar na den dood van Kopernikus.

Kopernikus stelde ook nog dat de planeten in cirkels om de zon liepen, maar zoo, dat de zon niet in het middelpunt stond. En als gij de figuren 195 en 209 beziet, dan zult gij ook wel zien, dat die onderstelling niet veel van de waarheid afwijkt. Maar hij had moeite om uit te leggen, hoe de planeten in die cirkels liepen, want gij weet immers reeds dat zij niet in alle punten van hare loopbaan even schielijk loopen. Dit heb ik u reeds vroeger van de aarde verteld. (1e stukje § 21, fig. 55). Hoe kunstig nu de middelen waren, die Kopernikus verzon, om voor die verandering van snelheid eene wet of een regel te vinden, het gelukte hem toch niet goed; ik heb u reeds medegedeeld, dat Keppler de ware wet gevonden heeft, zonder nog te weten waarom die wet bestond.

Maar niet alleen dat Keppler nu verbeterde, wat Kopernikus zich nog verkeerd voorstelde; niet alleen vond hij, dat de loopbanen der planeten ellipsen waren, met de zon in een der brandpunten; en dat de sectoren, door den voerstraal in gelijke tijden doorloopen, gelijk zijn, maar hij dacht nog over wat anders na. Ik heb u nu al medegedeeld, hoe groot de loopbanen van Mercurius en Venus zijn, met betrekking tot de loopbaan der aarde. Ik heb u ook medegedeeld, hoe groot

de omloopstijden van deze planeten zijn; maar nu stelde Keppler zich de vraag: is er eenig verband tusschen de grootte der loopbaan en den omloopstijd? En na dit onvermoeid te hebben onderzocht, heeft hij eindelijk het antwoord gevonden.

Laat ons die getallen eens opzetten. Voor de afstanden nemen wij, naar het gebruik in de sterrekunde, den middelbaren afstand der aarde = de eenheid aan; die middelbare afstand is tegelijk ook de halve groote as der loopbaan. Nu hebben wij dit tafeltje:

Planeet.	Kleinste afstand.	Grootste afstand.	Middelbare afstand.	Omloopstijd in dagen.
Mercurius	0,308	0,466	0,387	87,97
Venus	0,718	0,728	0,723	224,70
de Aarde	0,983	1,017	1,000	365,26

En nu zocht Keppler of hij ook kon vinden, welk verband er was tusschen de afstanden en de omloopstijden. Hij heeft, na veel zoeken, gevonden, dat het er niet op aankomt, hoeveel de kleinste en de grootste afstand met elkander verschillen, met andere woorden, hoe groot de excentriciteit der loopbanen is; maar dat de middelbare afstanden alleen maar in aanmerking komen.

Even als wij voor de afstanden tot eenheid hebben aangenomen den middelbaren afstand der aarde tot de zon, even zoo zullen wij nu voor de omloopstijden tot eenheid nemen den omloopstijd der aarde of 365,26 dagen; daardoor zal het u duidelijker worden wat Keppler vond. Wij moeten dus de omloopstijden van Mercurius en Venus, nl. 87,97 en 224,7 dagen, door dat getal deelen en verkrijgen dan de volgende getallen:

voor Mercurius 0,241,
„ Venus 0,615,
„ de Aarde 1,000.

Gij ziet wel, dat dit andere getallen zijn dan voor de afstanden gevonden zijn.

En zie hier nu het verband, dat Keppler vond. Zoeken wij eens de produkten:

$$0{,}387 \times 0{,}387 \times 0{,}387,$$
$$0{,}723 \times 0{,}723 \times 0{,}723,$$
$$1 \quad \times 1 \quad \times 1.$$

dan noemen wij die producten de *derde machten* van de getallen 0,387, 0,723 en 1. Wij vinden, als ik alleen maar de eerste cijfers aanzet:

0,058,
0,378,
1,000.

Maar wanneer ik de getallen 0,241; 0,615; 1,000, die de omloopstijden voorstellen, elk met zich zelf vermenigvuldig, dan verkrijg ik de *tweede machten* van die getallen, en dan vind ik

0,058,
0,378,
1,000,

dus dezelfde getallen als zoo aanstonds.

Men drukt die eigenschap uit door te zeggen: *de tweede machten der omloopstijden staan tot elkander als de derde machten der middelbare afstanden*, en men noemt dit *de derde wet van Keppler*.

Men kan zich nu bijna niet meer voorstellen, hoeveel moeite Keppler gehad heeft, om die wetten te vinden, maar uit zijne werken en brieven blijkt, dat hij er bijna zijn geheele leven aan gewijd heeft. Hij is dus niet ten onrechte een beroemd man geworden.

Gij ziet nu wel, hoe belangrijk die derde wet is voor het onderzoek van den loop der planeten. Want men behoeft maar den middelbaren afstand van eene planeet te kennen, dan kent men ook haren omloopstijd, en men behoeft maar den omloopstijd te kennen, dan heeft men ook den middelbaren afstand.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe komt dat nu?

DE HEER. Dat heeft Newton weder gevonden. Gij herinnert u

toch wel, wat ik u vroeger verteld heb (1e Stukje § 21), dat Newton heeft uitgelegd, waarom de aarde in eene ellips om de zon loopt?

ABDULLAH. O jawel mijnheer, omdat de aantrekkingskracht vermindert, zoo als u mij toen gezegd hebt: als de afstand 2 maal grooter is, dan is de aantrekkingskracht 4 maal kleiner, enz.

DE HEER. Juist zoo. Welnu, de derde wet van Keppler, die ik u geleerd heb, komt eenvoudig uit dezelfde oorzaak. Indien de aantrekkingskracht sterker afnam, als de afstand vermeerdert, dan zou die betrekking tusschen de omloopstijden en de afstanden van de zon ook anders zijn.

Ik kan u nu onmogelijk die zaak geheel uitleggen, gij zoudt dat niet begrijpen. Maar ik zal toch trachten u duidelijk te maken, dat als die derde wet van Keppler waarheid is, dan ook de aantrekkingskracht van de zon afneemt, zoo als gij zelf gezegd hebt. Daarvoor zal ik eens stellen, dat er behalve de aarde twee andere planeten zijn, maar dat alle drie in *cirkels* om de zon loopen. Een cirkel is toch ook eene ellips, waarvan de excentriciteit = 0 is, of met andere woorden, waarvan de groote as en de kleine as gelijk zijn. Ik zal verder stellen, dat de afstanden tot de zon zijn:

van de aarde 1,
van de 1e planeet 4,
van de 2e planeet 9.

Omdat nu de omloopstijd der aarde om de zon is één jaar, zoo moet die van de 1e planeet zijn 8 jaar en die van de 2e planeet zijn 27 jaar, want nu ziet gij wel, dat de derde machten van de afstanden zijn:

$1 \times 1 \times 1 = 1,$
$4 \times 4 \times 4 = 64,$
$9 \times 9 \times 9 = 729,$

en de tweede machten van de omloopstijden:

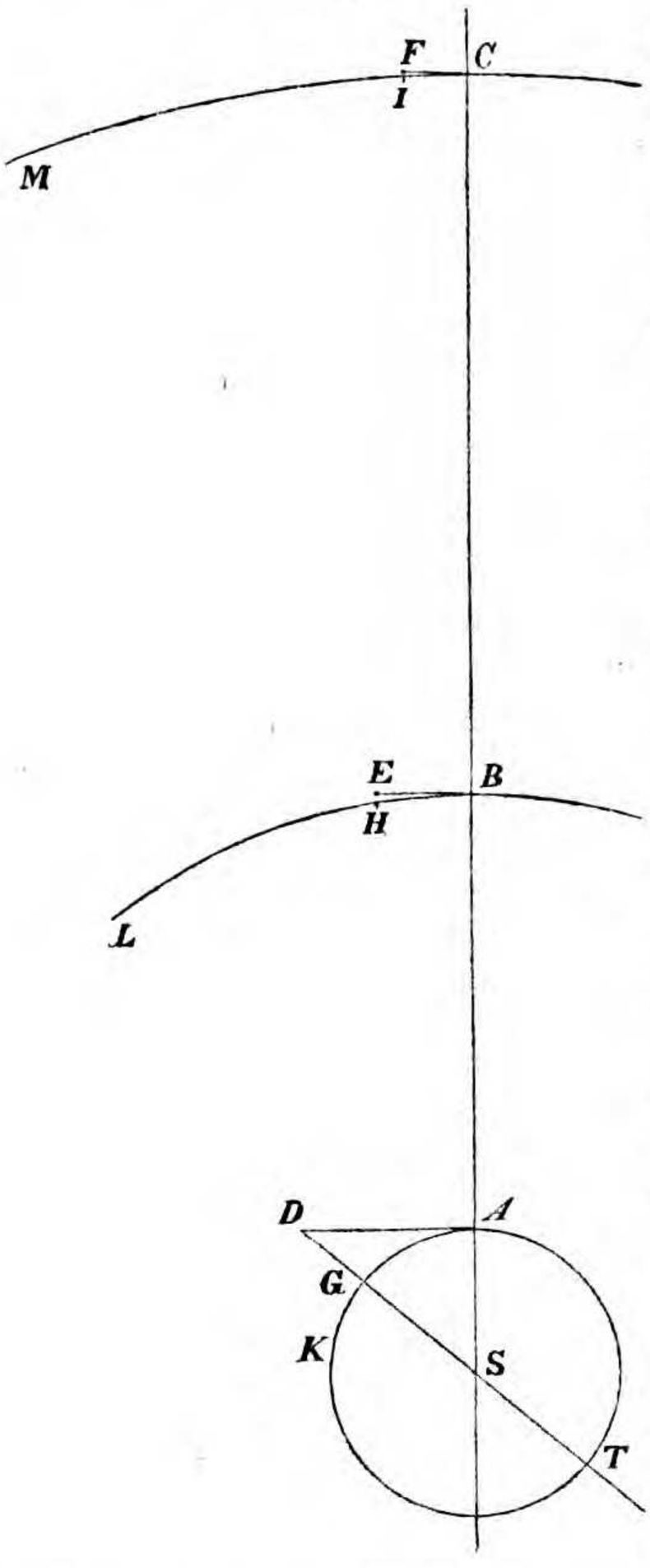
$1 \times 1 = 1,$
$8 \times 8 = 64,$
$27 \times 27 = 729,$

dus dezelfde getallen als zoo even.

Voor dat wij verder gaan, moeten wij weten, welke snelheid die twee planeten in hare loopbanen hebben, vergeleken bij de snelheid der aarde. En dat is niet moeilijk te berekenen, want als de straal van een cirkel 4 maal grooter is, dan de straal van een anderen cirkel, dan is de omtrek van den cirkel ook 4 maal grooter, maar wanneer nu de omloopstijd 8 maal grooter is, dan is de snelheid natuurlijk maar de helft.

Even zoo vindt gij dat de snelheid van de 2e planeet slechts is $\frac{1}{3}$ van de snelheid der aarde.

Fig. 216.



Zie nu eens hier, figuur 216. S stelt hier de zon voor, A de aarde, B de eerste en C de tweede planeet. Als nu deze drie planeten tegelijk in A, B en C waren, en de zon hield op hen aan te trekken, dan zouden zij langs de raaklijnen $A\ D$, $B\ E$ $C\ F$ voortgaan en zich van de cirkelvormige banen $A\ K$, $B\ L$ en $C\ M$ verwijderen. Maar de zon trekt ze nu zoo sterk aan, dat zij in die banen blijven. Ik stel nu, dat na zeker tijdsverloop, bijv. ééne sekonde, de aarde A in D zou gekomen zijn, als de zon haar *niet* aantrok, en dus in G, nu de zon haar *wel* aantrekt, dan stelt $D\ G$ de hoeveelheid van aantrekking der zon voor, op de aarde, gedurende den tijd van eene sekonde.

Ik moet er bijvoegen, dat dit alleen goed geredeneerd is, als $A\ D$ maar zeer klein is; in de figuur heb ik $A\ D$ duidelijkheidshalve te groot moeten teekenen.

Nu is de snelheid van de 1e planeet slechts half zoo groot als die der aarde, daarom is $B\ E$ slechts de helft van $A\ D$.

En de snelheid van de 2e planeet is slechts het derde gedeelte van die der aarde, daarom is $C\ F$ slechts één derde van $A\ D$.

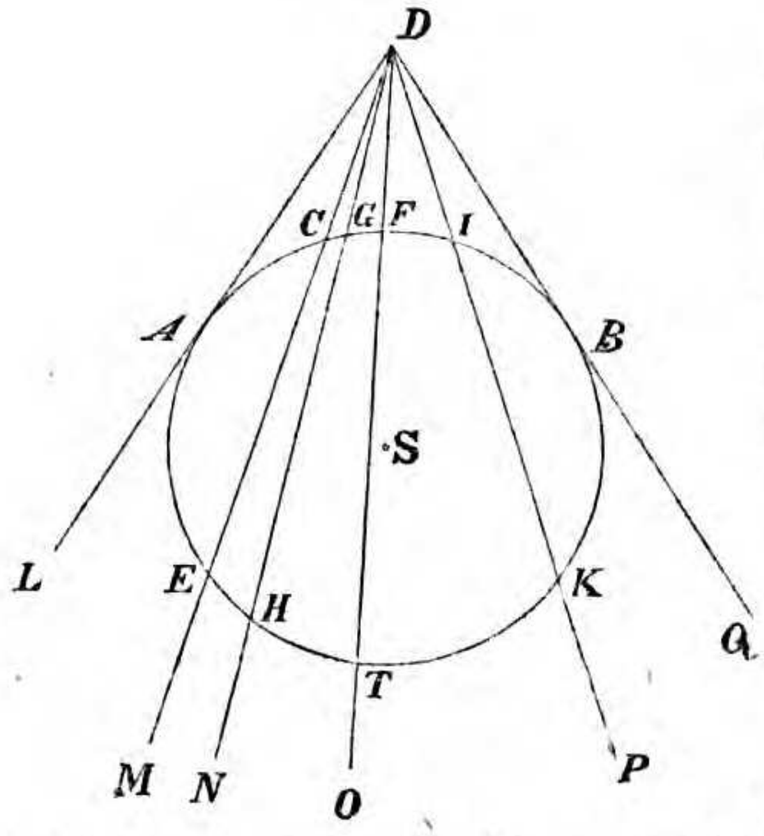
Trek ik nu van E in mijne gedachte eene lijn naar S, dan snijdt die lijn den cirkel $B\ L$ in het punt H en $E\ H$ stelt dus voor de aantrekking der zon op die eerste planeet, ingelijks gedurende den tijd van ééne sekonde.

En trek ik evenzoo in mijne gedachte, de lijn $F\ S$, dan snijdt die lijn den cirkel $C\ M$ in het punt I, en $F\ I$ stelt dan de aantrekking der zon op de tweede planeet voor, weder in den tijd van ééne sekonde.

Nu is de vraag maar, welk gedeelte zijn $E\ H$ en $F\ I$ van $D\ G$?

Daarvoor moet ik u eerst eene eigenschap van de cirkels leéren, die in de wiskunde zeer gemakkelijk bewezen wordt.

fig. 217.



Zie eens hier, fig. 217. Hier is een cirkel $A\ B\ K\ T\ H\ E$, en een punt D buiten dien cirkel. Nu zijn er door dat punt D een aantal lijnen getrokken, die den cirkel snijden; bijv. $D\ M$ snijdt de cirkel in de punten C en E, $D\ N$ in de punten G en H, $D\ O$ in de punten F en T, $D\ P$ in de punten I en K. Als ik zulk eene lijn om het punt D laat draaien, maar toch zoo, dat de lijn altijd in de vlakte van het papier blijft, dan komt die lijn ook ten laatste in den stand $D\ L$, of in dien van $D\ Q$. Dan wordt het eene raaklijn aan den cirkel. Nu hebben de stukken, waarin de cirkel al die lijnen verdeelt, de merkwaardige eigenschap, dat

$$D\ A \times D\ A,$$
$$= D\ C \times D\ E,$$
$$= D\ G \times D\ H,$$

$$= D\ F \times D\ T,$$
$$= D\ I \times D\ K,$$
$$= D\ B \times D\ B,$$

is. Dit is nu wel niet moeilijk te bewijzen, maar daarmede zullen wij ons niet ophouden; in elk boekje over wiskunde kunt gij dat vinden.

Passen wij dat nu toe op fig. 216, dan hebben wij ook dat

$$D\ G \times D\ T = D\ A \times D\ A.$$

Nu moeten wij opmerken, dat, zoo ik daar aanstonds zeide, $A\ K$ veel te ver uit getrokken is. Men moet maar een zeer kleine tijdruimte beschouwen, liefst zoo klein mogelijk, bijv., ééne sekonde, maar dan komt D zoo dicht bij A, dat men ze niet met het bloote oog van elkander kan onderscheiden. In dat geval wordt nu $D\ T$ eigenlijk niet merkbaar grooter dan $G\ T$, en dus gelijk aan 2 maal den straal der loopbaan, of bij de aarde $= 2$.

$D\ G$ is de aantrekking in bijv. ééne sekonde. Wat wordt dus nu onze vergelijking?

$$\text{Aantrekking} \times \text{dubbele straal} = (\text{snelheid})^2.$$

Slaat dit nu op de aarde, dan is de straal $= 1$, dus voor de aarde is.

$$2 \times \text{aantrekking aarde} = (\text{snelheid aarde})^2,$$

d. i. $\text{aantrekking aarde} = \frac{1}{2}\ (\text{snelheid aarde})^2$.

Gaan wij nu tot de eerste der twee andere planeten over; de straal der loopbaan is viermaal grooter dan die der aarde, dus $= 4$, dus de dubbele straal $= 8$; de snelheid tweemaal kleiner dan die van de aarde; derhalve.

$$\text{aantrekking } 1^e \text{ planeet} \times 8 = (\tfrac{1}{2} \text{ snelheid aarde})^2$$
$$= \tfrac{1}{4}\ (\text{snelheid aarde})^2$$

dus

$$\text{aantrekking } 1_e \text{ planeet} = {}_3{}^1{}_2\ (\text{snelheid aarde})^2$$

derhalve 16 maal kleiner dan bij de aarde.

Nu gaan wij over tot de laatste planeet. Van deze is de straal

der loopbaan 9 maal grooter, dan die der aarde, dus de dubbele straal = 18; de snelheid 3 maal kleiner, wij hebben dus nu

aantrekking 2e planeet $\times$ 18 = $\frac{1}{9}$ (snelheid aarde)^2

derhalve:

aantrekking 2e planeet = $\frac{1}{162}$ (snelheid aarde)^2
of $\frac{1}{81}$ aantrekking aarde.

In de figuur 216, is dus $EH = \frac{1}{16} DG$ en $FI = \frac{1}{81} DG$. Maar de straal der loopbaan BL is 4 maal grooter dan SA, en de straal der loopbaan CM is 9 maal grooter dan SA; wij zien dus, dat de aantrekkingen nu weder afnemen in de reden van de tweede machten der afstanden tot de zon; juist zoo als ook werkelijk in de natuur plaats heeft.

Bij de planeten heeft men nu hierop te letten, dat de loopbanen niet zijn cirkels, maar ellipsen; het bewijs wordt daardoor natuurlijk ingewikkelder en moeilijker, maar het moet toch op dezelfde wijs gegeven worden, als ik u nu heb uitgelegd.

---

§ 115.

IN HOEVEEL TIJD DE AARDE OM HARE AS DRAAIT. STERREDAG EN ZONNEDAG.

DE HEER. Nu zullen wij dus die derde planeet, de aarde, eens nader beschouwen. Gij weet nu dat de aarde den vorm heeft van een afgeplatten bol, even als een djeroek bantan. Maar weet gij nog, waarom de aarde dien vorm heeft?

ABDULLAH. Ja mijnheer, omdat zij om eene as draait, en de middelpuntvliedende kracht haar een weinig doet uitzetten.

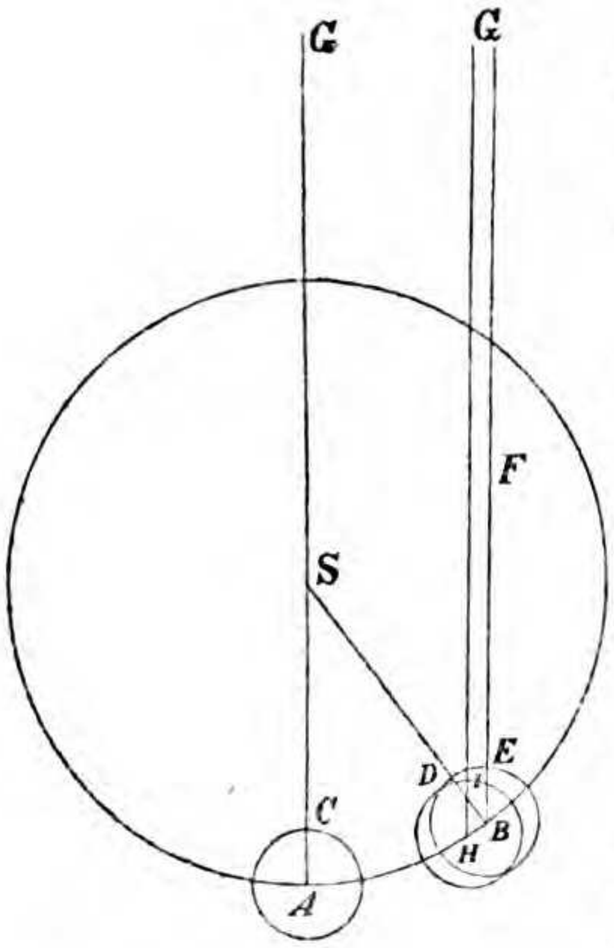
DE HEER. Juist zoo, en door dat uitzetten moet zij wel aan de polen wat inkrimpen, en daardoor wordt de afplatting van de aarde voldoende verklaard. Maar zeg mij nu eens; in hoeveel tijd denkt gij nu dat de aarde om hare as draait?

ABDULLAH. In één dag.

DE HEER. Ik dacht wel, dat gij dat zoudt antwoorden. Maar dat is toch niet geheel juist. Want ik twijfel niet of gij meent daarmede een middelbaren dag, van middag tot middag.

ABDULLAH. Natuurlijk, mijnheer.

Fig. 218.



DE HEER. Welnu, zie dan nu maar eens fig. 218, en dan zult gij zelf wel zien, dat de tijd, waarin de aarde om hare as wentelt, minder is.

Want laat de zon in *S* staan, *A B* verbeeldt de loopbaan der aardé, en stel dat de aarde van daag op den middag in *A* is en morgen middag in *B*. Wat wil dat zeggen: van daag en morgen op den middag? Dat de plaats, die wij bewonen, zich heden in *C*, en morgen in *D* bevindt, namelijk in punten, die naar de zon toegekeerd zijn; maar trek nu eens de lijn *B F*, evenwijdig aan *A S*, dan zult gij dadelijk moeten erkennen, dat de tijd, waarin de aarde om hare as draait, te rekenen van heden middag, om zal zijn, als de plaats, waar wij wonen, in *E* zal zijn, want *E* is naar dezelfde zijde gekeerd als *C*.

De tijd, dien de aarde gebruikt heeft om van *A* naar *B* te komen, is gelijk aan dien, dien onze woonplaats noodig gehad heeft om ééns om te wentelen en nog bovendien den boog *E D* af te leggen. Nu is de boog *E D* evenveel graden als de hoek *E B D*, en de hoek *E B D* is even groot als de hoek *B S A*, dus, als wij rekenen dat de aarde regelmatig om de zon loopt, $\frac{1}{365\frac{1}{4}}$ van den geheelen omtrek.

In een middelbaren dag, heeft dus de aarde meer dan ééne omwenteling om hare as volbracht, en wel

$$1 + \frac{1}{365\frac{1}{4}} \text{ of } \frac{366\frac{1}{4}}{365\frac{1}{4}}$$

omwenteling. Hieruit volgt dus dat de ware omwentelingstijd van de aarde om hare as is

$$\frac{365\frac{1}{4}}{366\frac{1}{4}} \text{ dag},$$

of

$$23^{u}\ 56^{m}\ 4^{s}.$$

Men noemt zulk een tijdvak een *sterredag*; en de reden is zeer eenvoudig. Stel namelijk eens, dat als de aarde in A is, een bewoner in C niet alleen de zon in zijnen meridiaan heeft, maar ook eene ster G, die *zeer ver* afstaat, millioenen malen verder dan S, dan zal, als de aarde eens om hare as gedraaid heeft, haar middelpunt niet in B, maar in H gekomen zijn, het punt C is dan precies ééns om geweest en bevindt zich dan in I, en de ster G bevindt zich dan weder in den meridiaan van I, maar de zon nog niet. Dit gebeurt pas 3 minuten en 56 sekonden later, als het middelpunt der aarde in B gekomen is en onze woonplaats in D.

Reeds vroeger heb ik over hetzelfde verschijnsel met u gesproken (2e stukje § 76), en toen heb ik u ook op het verschil van een zonnedag en een sterredag opmerkzaam gemaakt, maar toen hebben wij de zaak beschouwd, zoo als zij aan den hemelbol, schijnbaar, plaats had; terwijl gij nu gezien hebt, hoe de zaak zich in werkelijkheid toedraagt.

---

§ 116.

IN HOEVEEL TIJD DE AARDE OM DE ZON DRAAIT. OMLOOPSTIJD DER AARDE MET BETREKKING TOT DE STERREN.

ABDULLAH. Mijnheer, als ik wel heb, hebt u mij vroeger gezegd, toen wij over de tijdrekening spraken, dat de aarde om de zon liep in 365 dagen, 5 uren, 48 minuten en 45 sekonden (1ste stukje § 25). Maar toen u nu laatst over den omloopstijd van Venus met betrekking tot de aarde spraakt,

hebt u gezegd, dat de omloopstijd der aarde bedroeg 365,25636 dagen, en later weer 365,26 dagen.

Er moet toch in twee van die drie getallen eene fout zitten, want 5 uren, 48 minuten en 45 sekonden is toch *minder* dan ¼ dag; en de beide andere getallen hebben breuken bij zich, die *grooter* zijn dan 0,25 of ¼ dag; hoe moet het nu wezen?

DE HEER. Ik ben al zoo gewend, dat gij goed oplet, dat ik wel verwacht heb, dat gij deze vraag eens doen zoudt, en het komt dus juist goed, dat ik u dit nu eens wilde verklaren.

Vooreerst moet gij dan weten, dat wij zeer dikwijls, wanneer het niet noodig is, om een decimaal getal geheel nauwkeurig te schrijven, alleen maar de eerste cijfers nemen; bijv. zoo spreken wij kortheidshalve wel van 365 dagen, al weten wij dat er een breuk bij is.

Toen ik den omloopstijd vrij nauwkeurig wilde hebben, zeide ik 365,25636 dagen, maar daarom is het niet zeker, dat er niet een 6e, 7e, 8e, 9e cijfer achter behoort. Wij hadden voor ons doel toen de millioenste deelen niet noodig, en gingen dus niet verder dan de honderdduizendste deelen, dat is: de vijfde decimaal.

Indien wij nu slechts twee decimalen noodig hebben, en dus de duizendste deelen kunnen verwaarloozen, dan schrijven wij 365,26 dag, en niet 365,25, omdat de 3 cijfers, die er achter komen, 636 duizendste deelen van één honderdste bedragen, en omdat 636 duizendste meer is dan de helft; wij nemen dan een weinig te veel, maar het is slechts 0,00364 dag, en als wij schreven 365,25, dan zouden wij te weinig nemen, en onze fout zou wezen 0,00636 dag, dus meer.

Die twee getallen 365,26 en 365,25636 moet gij dus beschouwen als hetzelfde te beteekenen. Maar gij hebt volkomen gelijk, met op te merken, dat dit meer is dan 365¼ dag; het is, tot uren, minuten en sekonden herleid, 365 dagen 6 uren 9 minuten en 9,5 sekonden, — terwijl ik u, toen wij van de tijdrekening spraken, een jaar heb opgenoemd, dat *kleiner* was dan 365¼ dag. De reden van dit verschil is weder een dergelijke als die, welke het onderscheid tusschen een middelbaren dag en een sterredag veroorzaakt.

Dat lange jaar, 365 dagen, 6 uren, 9 minuten en 9,5 sekonden, is de omloopstijd der aarde met betrekking tot de sterren; dat wil zeggen: vooronderstel dat gij u in de zon bevindt en de aarde, door haren omloop om de zon, vlak langs eene ster ziet gaan, dan zal het 365 dagen, 6 uren, 9 minuten en 9,5 sekonden duren, eer de aarde een geheelen omloop volbracht heeft, en weer tot diezelfde ster is teruggekeerd. Dat is dus de eigenlijke omloopstijd van de aarde om de zon, en dien hebben wij moeten gebruiken, toen wij hem moesten vergelijken met den omloopstijd van Venus.

Het spreekt dus ook wel van zelf, dat als wij hier op de aarde de sterren over dag ook konden zien, te gelijk met de zon, en wij zagen dan de zon bij eene ster, er dan ook diezelfde tijd zou moeten verloopen, eer wij de zon weer bij die ster zouden zien.

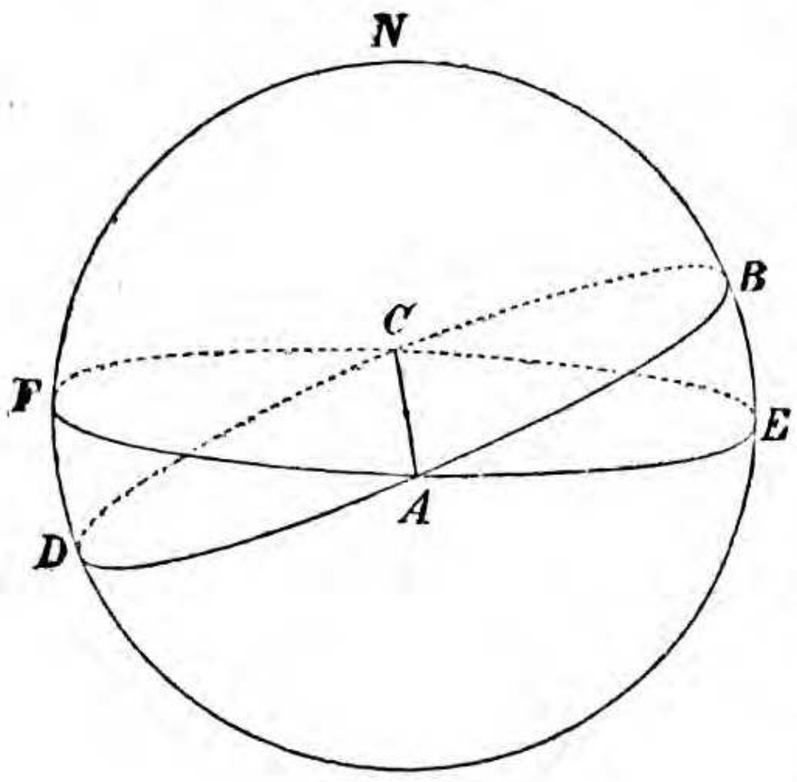
---

§ 117.

OMLOOPSTIJD DER AARDE, MET BETREKKING TOT HET NACHTEVENINGSPUNT. VERSCHIL VAN DIT JAAR MET HET VORIGE.

Maar gij zult u herinneren, dat ik u gesproken heb van een jaar van 365 dagen, 5 uren, 48 minuten en 45 sekonden, toen ik met u handelde over de tijdrekening. Het moet eigenlijk zijn 46 sekonden. En waar hangt die tijdrekening, of liever waar hangen de moessons en de jaargetijden van af? Van den stand der zon ten opzichte der evennachtslijn aan den hemel.

Fig. 26.



Is de zon zoo noordelijk mogelijk, dus in fig. 26, in B, dan is bij ons sedert een paar maanden de droge moesson ingevallen, en

in Europa is het dan de langste dag en de kortste nacht. Is de zon zoo zuidelijk mogelijk, dus in D, dan is op Java de regenmoesson juist kort te voren ingevallen, en in Europa is het winter, het is dan de kortste dag en de langste nacht.

Gaat de zon in de maand Maart door het punt A, dat in de evennachtslijn ligt, dan is voor de geheele aarde, zoowel voor noordelijke als zuidelijke plaatsen, de dag even lang als de nacht, zoo als gij u wel zult herinneren. Hetzelfde is het geval, als de zon in September door het punt C gaat, dat ook in de evennachtslijn ligt. Van daar die naam *even-nachts-lijn*, d. i. de lijn der gelijke nachten; van daar ook de naam *evenaar*, d. i. *gelijkmaker*, die ook aan de evennachtslijn gegeven wordt.

Die punten nu, A en C, heeten om dezelfde reden de *nacht-eveningspunten*, d. i. de punten, waarin de gelijkmaking der nachten aan de dagen plaats vindt. Het eene punt A, waar de zon in Maart komt, heet het *voorjaars-* of *lente*-nacht-eveningspunt; het punt C daarentegen, dat de zon in September bereikt, het *najaars-* of *herfst*-nachteveningspunt.

Nu zult gij licht begrijpen, dat wij voor de tijdrekenkunde moeten gebruiken den tijd, die er verloopt, tusschen het oogenblik dat de zon door één der nachteveningspunten, bijv. het lente-nachteveningspunt gaat, en het oogenblik, dat de zon dit punt het volgende jaar weder bereikt.

En nu is het, al langen tijd geleden, gebleken, dat die tijd korter is dan $365\frac{1}{4}$ dag, terwijl de omloopstijd met betrekking tot de sterren langer is dan $365\frac{1}{4}$ dag.

Als gij

$365^{d}\ 6^{u}\ 9^{m}\ 9^{s},5$

vermindert met

$365^{d}\ 5^{u}\ 48^{m}\ 46^{s}$,

dan vindt gij voor het verschil

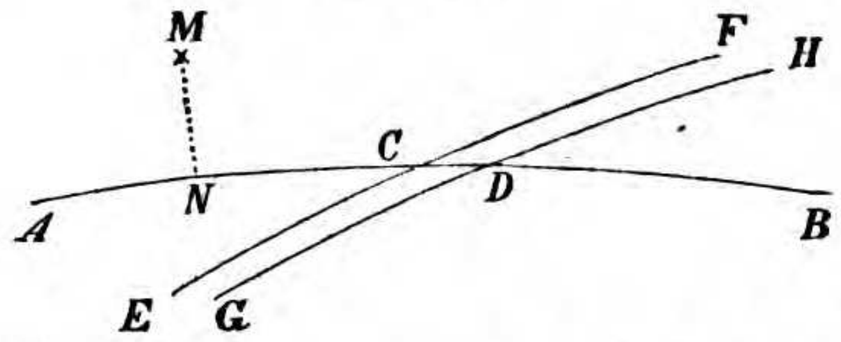
$20^{m}\ 23^{s},5$.

§ 118.

NAASTE OORZAAK VAN DIT VERSCHIL. ACHTERUITGANG DER NACHTEVENINGEN, DOOR HIPPARCHUS ONTDEKT, 150 JAAR VOOR CHRISTUS, D. I. 796 JAAR VOOR DE HIDJRA.

En waar komt nu dat verschil van daan? Eenvoudig daar van, dat de nachteveningspunten aan den hemel niet op dezelfde plaats blijven. Stel eens in fig. 219, dat *A B* den zonsweg aan den hemel beteekent, en dat *C* het voorjaars-nachteveningspunt is, en dat op den 20 Maart van een of ander jaar de zon door dat punt gaat.

Fig. 219.



Als *C* het nachteveningspunt is, dan wil dat zeggen dat de evennachtslijn aan den hemel, *E C F*, den zonneweg in het punt *C* snijdt. Als nu, na een jaar, de zon den geheelen zonsweg in de richting van *C* naar *A* heeft rondgeloopen, dan zou zij tot *C* noodig hebben 365 dagen, 6 uren, 9 minuten en 9,5 sekonden, maar in dien tijd is de evennachtslijn aan den hemel verplaatst van *E C F* naar *G D H*. Het nachteveningspunt is dus verplaatst van *C* naar *D*, en daardoor komt het dus, dat het jaar, met betrekking tot de nachteveningspunten, zooveel korter is dan het jaar met betrekking tot de sterren.

ABDULLAH. Wel mijnheer, dat is vreemd; ik dacht dat de evennachtslijn aan den hemel eene vaste lijn was, die zich niet verplaatste.

DE HEER. Ja, dat dachten de sterrekundigen in het begin ook. Maar zie eens wat gebeurd is. Ongeveer 300 jaren voor de christelijke jaartelling, dus nu bijna 2200 jaar geleden, stichtte de egyptische koning Ptolemaeus Philadelphus te Alexandrië eene hoogeschool. Daar werd de sterrekunde ook beoefend,

en weinige jaren later waren er aan die hoogeschool twee geleerden, met name Aristillus en Timocharis, die van alle sterren, die zij zien konden, vlijtig opteekenden, hoe laat zij opkwamen en ondergingen. Of zij instrumenten gehad hebben, om eenige waarnemingen mede te doen op de sterren, die aan den hemel zichtbaar waren, is niet bekend. Omtrent 150 jaar later, leefde een ander grieksche sterrekundige, met name Hipparchus, die vrij goede instrumenten had, en daarmede, zoo goed hij kon, de plaatsen der sterren aan den hemel bepaalde. Hij wordt algemeen als de grootste sterrekundige van die tijden genoemd.

Nu weet gij waarschijnlijk nog wel, wat men door de lengte en de breedte eener ster verstaat?

ABDULLAH. Jawel mijnheer, als bijv. *M* in die fig. 219 eene ster is, dan is de loodrechte boog *M N* op de ekliptika de breedte van die ster, en de lengte is de afstand van *N* tot het voorjaarsnachteveningspunt, dus *C N*.

DE HEER. Juist. Nu maakte die sterrekundige Hipparchus eene lijst van de helderste sterren aan den hemel, en hij trachtte zoo goed hij kon, van allen de lengte en breedte te bepalen. Die lijst van Hipparchus bestaat nog. En toen hij daarmede gereed was, wilde hij zien of zijne uitkomsten overeenkwamen met de waarnemingen van Timocharis en Aristillus. Uit deze kon hij ook de lengte en de breedte der sterren berekenen. En wat vond hij nu? Dat de lengten van alle sterren omtrent anderhalve graad waren vermeerderd; terwijl de breedten onveranderd gebleven schenen te zijn. Hij begreep dat dit eene gewichtige ontdekking was, en schreef er een werk over, dat hij noemde; »over den achteruitgang der nachteveningspunten", maar dat werk is, helaas, verloren gegaan.

Gij ziet dus dat Hipparchus reeds begreep dat, als de lengten van *alle* sterren grooter geworden waren, dit daaraan moest liggen, dat het nachteveningspunt, waaraan de telling der lengten begint, achteruitgegaan was, dus in de richting van *C* naar *D*. En dat is nog zoo.

Alleen heeft men later langzamerhand nauwkeuriger leeren

vinden, *hoeveel* het nachteveningspunt alle jaar achteruitgaat. Hipparchus meende dat het één graad in 100 jaar was, dat is per jaar 36″, maar dit is veel te weinig.

In de 9e en 10e eeuw was de sterrekunde bij de Arabieren zeer in bloei. Toen was er een beroemd sterrekundige, genaamd Al-baten; deze bepaalde in het jaar 879, (dus 266 van de Hidjrah) ook van een aantal sterren de lengte, en vergeleek ze met die van Hipparchus; hij vond nu eene betere uitkomst, namelijk dat de achteruitgang der nachteveningen bedroeg 1° in de 66 jaar, dus dat is bijna 54″,5 in één jaar. Dit was nu weder wat te veel. Tegenwoordig weet men, dat het bedraagt per jaar 50″,25, dus in omtrent 71½ jaar één graad.

En als gij nu weet, dat de zon den geheelen omtrek der ekliptika of 360°, dat is 1 296 000 sekonden, doorloopt in 365,26 dagen, dan vindt gij door eene gemakkelijke berekening, dat zij, om 50″,25 te doorloopen, noodig heeft 0,01416 dag of $20^m23^s,5$, juist zoo als wij straks voor het verschil van de beide jaren gevonden hebben.

---

§ 119.

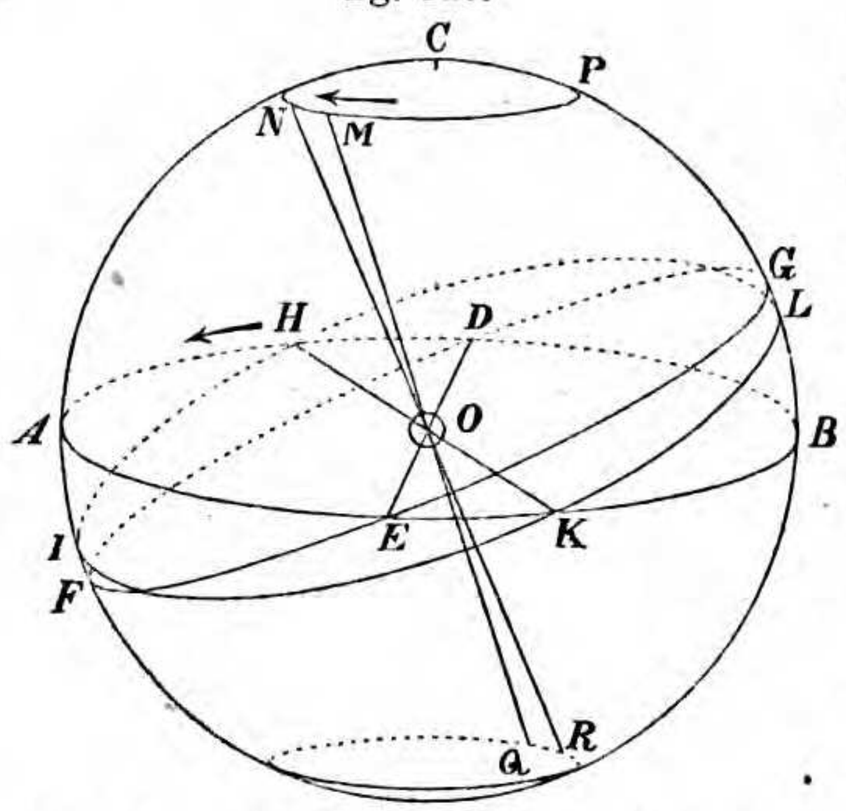
IN HOEVEEL TIJD HET NACHTEVENINGSPUNT DE GEHEELE EKLIPTIKA DOORLOOPT. HOE DE EVENNACHTSLIJN ZICH BEWEEGT, EN WELKEN WEG DE POLEN AAN DEN HEMEL DOORLOOPEN.

ABDULLAH. En gaat dat nu maar altijd door? Dan moet het nachteveningspunt dus eindelijk den ganschen zonsweg doorloopen?

DE HEER. Ja zeker, maar dat duurt toch heel lang, want als gij 50″,25 op 1 296 000 deelt, dan krijgt gij 25 790 jaar. Maar

hoe lang dat nu is, toch is, sedert die waarnemingen van Timocharis en Aristillus, reeds een tijdvak van 2160 jaar verloopen, dus dat is omtrent $\frac{1}{12}$ van den omtrek. En het nachteveningspunt is dus nu 30° verder achteruit dan ten tijde van die sterrekundigen. Gij zult nu wel willen vragen, hoe komt dat dan toch? Om de naaste oorzaak daarvan te weten, is zoo moeilijk niet, zie eens fig. 220, die den hemelbol moet voorstellen, terwijl de aarde in *O* is. Hier stelt *A E K B D H* het vlak der ekliptika voor, *C* de noordpool der ekliptika. Het pijltje bij *H* stelt de richting voor, waarin wij de lengte tellen. Als nu *H* voorstelt het nachteveningspunt ten tijde van Timocharis en Aristillus, dan is het thans in *D*, 30° achterwaarts van *H*. Maar nu is het nachteveningspunt het snijpunt van de evennachtslijn aan den hemel en de ekliptika. Wij moeten dus besluiten dat het vlak der evennachtslijn vroeger den stand *H L K I* had, en nu langzamerhand opgeschoven is tot den stand *D G E F*.

fig. 220.



ABDULLAH. Dat is heel natuurlijk, maar hoe komt dat dan?

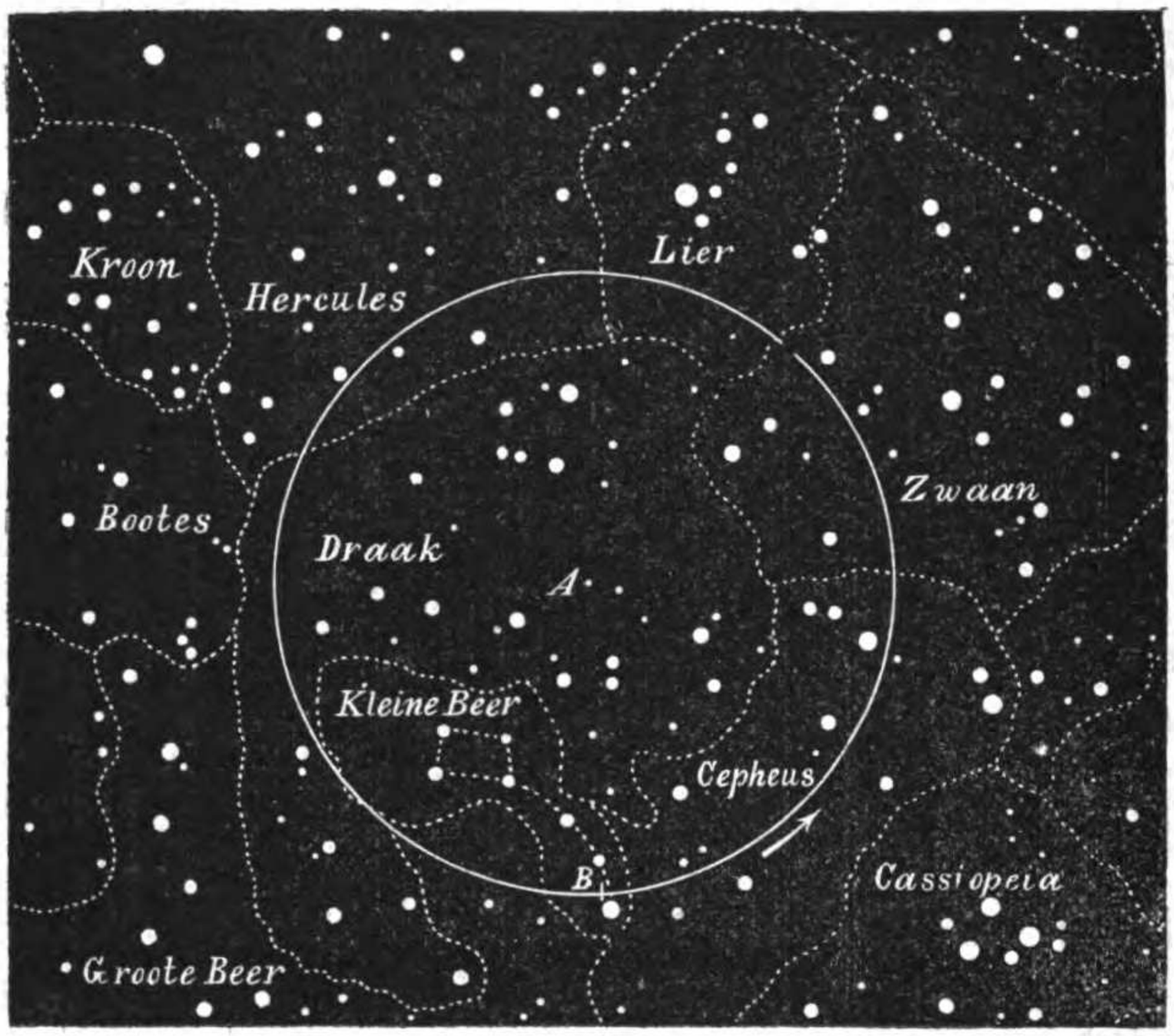
DE HEER. Nog een weinig geduld. Ik moet u eerst herinneren, dat die evennachtslijn aan den hemel niet anders is dan de boog, waar het vlak van de evennachtslijn onzer aarde den hemel treft, als wij het verlengd denken, en dat de as der aarde, verlengd, den hemelbol treft in de pool des hemels.

De as der aarde is dus vroeger gericht geweest langs *Q O M* en is thans gericht langs *R O N*.

De noordpool des hemels was dus vroeger *M*, nu *N*. Zij is dus verplaatst langs den kleinen cirkel *P M N*, waarvan *C*, de noordpool der ekliptika, het middelpunt op den hemelbol is, en is dus tegenwoordig op eene andere plaats dan vroeger, dat wil zeggen, bij andere sterren.

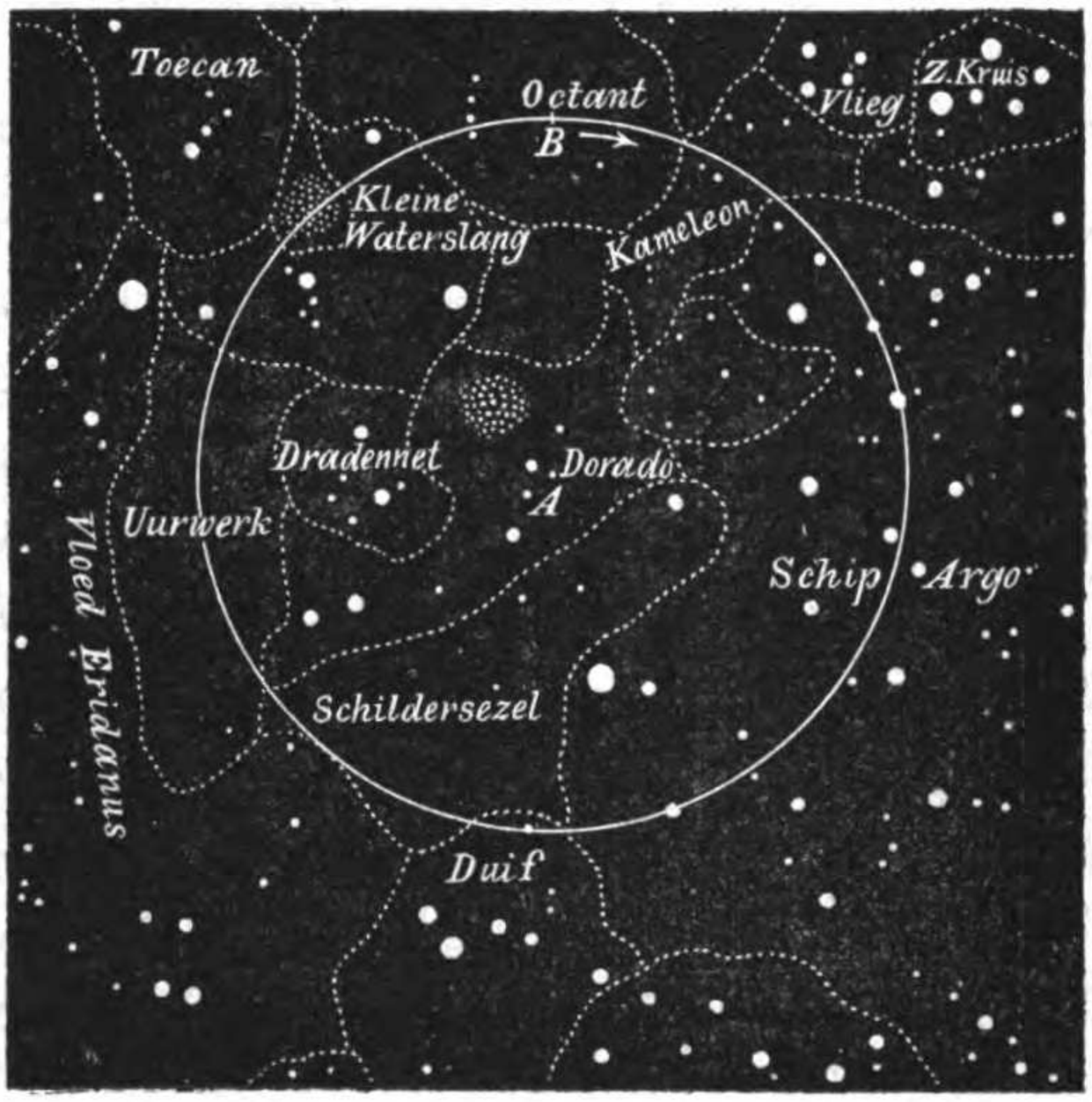
En evenzoo is het met de zuidpool. Die was vroeger in *Q* en nu in *R*.

fig. 221.



In de nevensstaande figuren 221 en 222 ziet gij, welke kringen deze polen in den tijd van 25,790 jaar omloopen.

fig. 222.



In de eerste, 221, is *A* de pool der ekliptika, *B* de pool des hemels. De witte stippen in deze figuren zijn sterren. De ster, die bij *B* staat, is de noordelijke poolster, door de Europeanen eenvoudig »de poolster" genoemd. Deze ster, met 6 anderen, die er in de figuur mede

door eene gestippelde lijn verbonden zijn, maken met nog eenige kleine sterretjes in den omtrek, een sterrebeeld uit, dat den naam draagt van den *Kleinen Beer*, (arabisch Al-dob al-açgar الدب الاصغر). Aan de linkerhand van dezen kleinen Beer ziet gij het sterrebeeld de *Draak*, (arabisch Al-tinnîn التنين), aan de rechterzijde het sterrebeeld *Cepheus*, (Kifaus قيفاوس) verder de *Zwaan* (Al-dedjâdje, الدجاجة, de kip), *de Lier*, (Al-sjaljâk, الشلياق) en *Hercules*, (Al-djâtsi, الجاثي, de knielende). De cirkel, die in de figuur te zien is, heeft tot middelpunt de pool der ekliptika; die cirkel heeft tot straal $23\frac{1}{2}$ graad, en zijn omtrek wordt nu door de noordpool des hemels in 25,790 jaar beschreven. Hieruit kunt gij nu zien, langs welke sterren de pool al geweest is, en langs welke sterren zij later gaan zal. Gij ziet er uit, dat zij vroeger veel verder van de poolster afstond, dan thans, dat zij nu nog de poolster nadert, en er eerst na een aantal jaren het dichtst voorbij zal gaan. Dit gebeurt pas in het jaar 2100, dus over ruim 200 jaar.

Ook volgt hier uit, dat die zelfde poolster, die thans op Java nooit zichtbaar is, het 1000 en meer jaren vroeger wel was, want toen stond de pool zoo veel verder van de poolster en dus de poolster zoo veel verder van de pool. Nu behoeft eene ster slechts omtrent 7 graden van de noordpool af te staan, om bij helder weder op Java, (althans te Batavia) zichtbaar te worden, en dat was voor omstreeks 1000 jaren met de poolster het geval.

En evenzoo is het duidelijk, dat als in het jaar 2100 de pool voorbij de poolster gegaan zal zijn, zij zich dan in de eerste eeuwen hoe langer hoe meer van de poolster zal verwijderen, en dat zij 1200 jaar later, dus ongeveer 1400 jaar na het tegenwoordige jaar, of ongeveer in het jaar 3300, op nieuw 7° van de poolster af zal zijn, zoodat die dan weder te Batavia zichtbaar zal worden, nadat zij er omtrent 2400 jaar onzichtbaar geweest is.

Gij kunt uit die zelfde figuur ook zien, dat nu ongeveer 4000 jaar geleden eene ster uit den Draak de noorder-poolster geweest is. Deze ster, die thans gewoonlijk α (alpha) van den

Draak heet, en bij de Arabieren *Al-dsîch* الذيخ genaamd werd, is thans op Java in de maanden Mei, Juni en Juli, des avonds, in het noorden gemakkelijk te zien.

Ook kunt gij er uit besluiten, dat er na 12000 jaar, als de pool bijna aan het tegenovergestelde punt van den cirkel gekomen is, van waar zij nu staat, de ster *Wega*, of de helderste ster van de Lier (arabisch Al-nasr al-wâki, الذسر الواقع, de vallende adelaar), tamelijk dicht bij de pool zal staan en dus door de menschen, die dan leven, de noorder-poolster zal genoemd worden.

En beziet gij nu fig. 222, dan kunt gij ook dergelijke gevolgtrekkingen afleiden met betrekking tot de zuidpool. Thans staat de zuidpool in *B*, in het sterrebeeld, dat de sterrekundigen het *Octant* genoemd hebben, d. i. een instrument, waarmede de zeelieden door middel van de zon alle dag de plaats van hun schip op de kaart kunnen bepalen. Er staat aan den hemel, dicht bij die pool, een klein sterretje, dat men slechts met moeite met het bloote oog zien kan. In de figuur is het niet geteekend. Maar als gij nu in de figuur den cirkel volgt, en opmerkt, dat de geheele cirkel in bijna 26000 jaar door de zuidpool doorloopen wordt, dan ziet gij dat die pool na ongeveer 2000 jaar in het sterrebeeld de *Kameleon* zal komen, dat ook geene heldere sterren bevat. Weder 2000 jaar later echter komt de zuidpool in het sterrebeeld het *Schip Argo*, (arabisch Al-safîna, السفينة) en dan gaat zij verscheidene heldere sterren voorbij, die achtereenvolgens de zuidelijke poolster zullen zijn.

ABDULLAH. Dus dan blijft zoo eene ster, als zij poolster is, altijd op dezelfde plaats aan den hemel, en gaat dus niet op of onder?

DE HEER. Niet *geheel* op dezelfde plaats; als zij nog bijv. een graad van de pool afstaat, dan draait zij elken dag om de pool in een cirkel, die één graad tot straal heeft, even zoo als thans ook met de noorder-poolster het geval is.

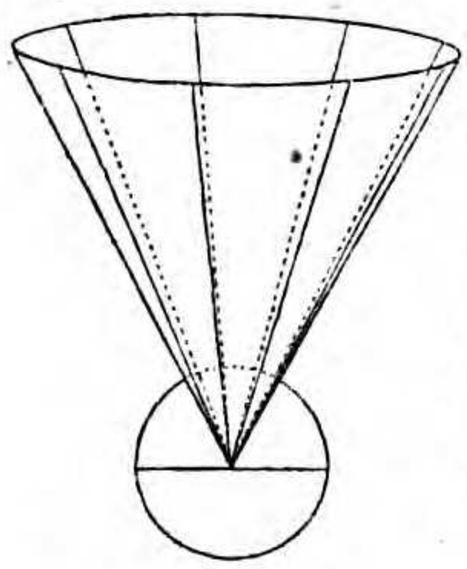
§ 120.

HOE DE AS DER AARDE ZICH BEWEEGT. VERGELIJKING MET DE BEWEGING DER AS VAN EEN TOL. VERGELIJKING VAN DE BEWEGING DER EVENNACHTSLIJN MET DIE DER MAANSLOOPBAAN.

ABDULLAH. Maar als dan nu die polen zoo ronddraaien, dan moet de as van de aarde evenzoo ronddraaien?

DE HEER. Natuurlijk; op de aarde zelve gaat de as altijd door dezelfde punten, de polen der aarde. Maar die as blijft niet altijd naar hetzelfde punt van den hemel gericht; gij kunt dus de aarde vergelijken bij een tol; ook deze heeft eene as, die altijd door den kop en de punt gaat, maar als die schuin staat, dan is zij van oogenblik tot oogenblik anders gericht, en draait in de rondte in een vlakte, die heel veel overeenkomst heeft met een puntig mandje, waarin men de rijst door stoom laat gaar koken, *koekoesan*; eene vlakte die men in de wiskunde eene *kegelvlakte* noemt. Zie fig. 223.

Fig. 223.



En nu zult gij wel begrijpen, dat het heel wat moeite gekost heeft, om dat te weten te komen. Ptolemaeus dacht nog ten onrechte, dat de aarde in het midden van het heelal onwrikbaar vast stond, en dat de sterrenhemel in een sterredag om de aarde draaide. Hipparchus had gevonden, dat de lengten der sterren vermeerderden; 200 jaar later vond Ptolemaeus hetzelfde, en het is wel te begrijpen, dat hij toen ook weer zeide, dat de geheele sterrenhemel nog eene tweede, uiterst langzame, beweging had, namelijk om de as der ekliptika, en dan in de richting der telling van de lengte, dus in de richting van het pijltje, dat in fig. 220 bij *A H* staat. Het spreekt van zelf, dat de lengte van elke ster dan ook moet toenemen, even goed als wanneer het nachteveningspunt achteruitgaat.

Maar toen de sterrekundigen later al inzagen, dat de sterrenhemel niet in één dag om de aarde draaide, maar de aarde om een as wentelde, toen was ten minste de eerste stap gedaan, om de waarheid te vinden.

Toen later ook begrepen werd, dat de zon niet om de aarde, maar de aarde om de zon draaide, toen was weder een groote stap voorwaarts gedaan, maar nu was het nog altijd de vraag, wat draait nu in nagenoeg 26000 jaren om, de sterrenhemel voorwaarts, of het nachteveningspunt achterwaarts? En waardoor komt het?

Eindelijk is de oorzaak gevonden, door den grooten Newton. Gij weet dat hij de algemeene aantrekkingskracht ontdekt heeft, dat is: hij heeft gevonden. dat elk voorwerp elk ander voorwerp aantrekt; hij heeft gevonden dat door die aantrekking alle drie de wetten van Keppler verklaard kunnen worden. Hij heeft ook bewezen, dat door de aantrekking van de zon op de maan, de knoopenlijn der maan omdraait, waardoor de eklipsen niet altijd in dezelfde maanden van het jaar vallen.

Welnu, de reden, waarom de as van de aarde zulk eene langzame beweging heeft, even als van een tol, en dat de evennachtslijn dus ten opzichte van de ekliptika achteruitgaat, even als in fig. 220 is geteekend; die reden heeft zeer veel overeenkomst men die van den teruggang van de knoopenlijn der maan. Het is eigenlijk hetzelfde verschijnsel.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is toch heel wat anders. De maan loopt in eene schuine baan om de aarde, en toen u mij vroeger uitlegdet, waarom de zon door hare aantrekking die loopbaan deed draaien, heb ik u wel begrepen, maar in fig. 220 is immers de aarde het bolletje, dat in *O* staat, en dat draait om zijne as. Hoe kan die as nu door de aantrekking der zon zich bewegen, en die vlakte van de evennachtslijn ook?

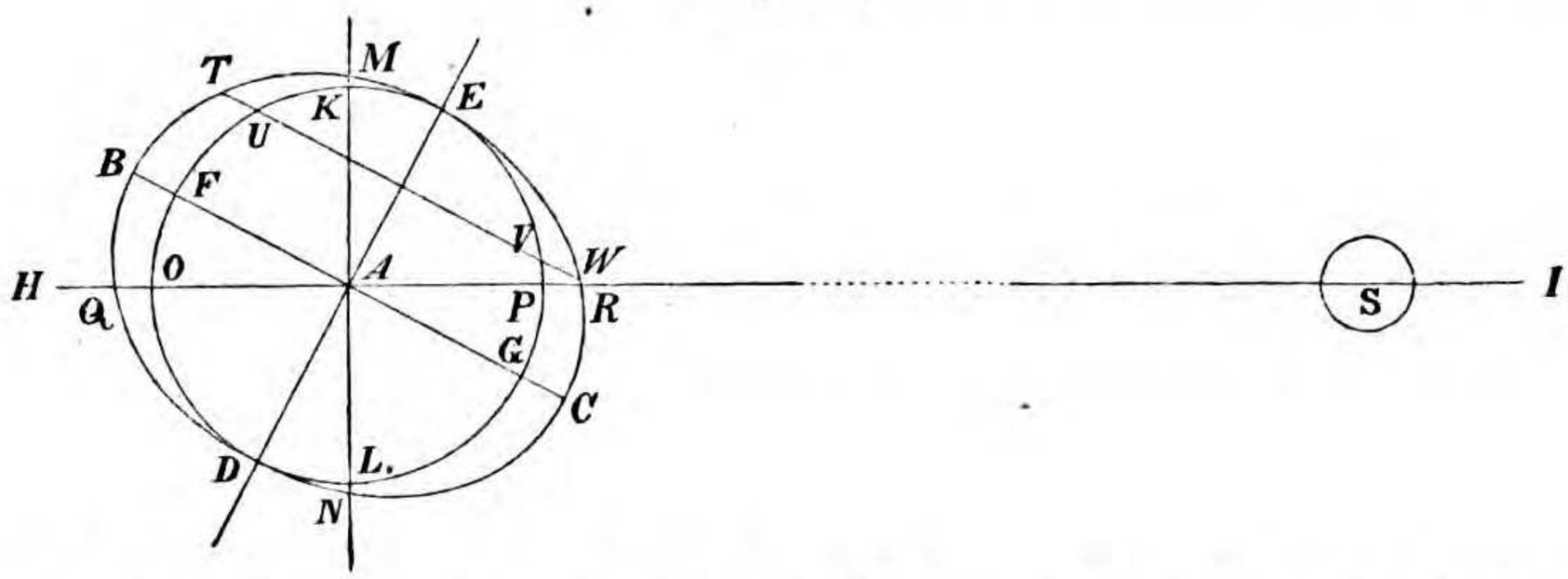
DE HEER. Het is ook zeer wonderlijk, maar het komt, omdat die aarde geen zuiver bolletje is. De aarde is afgeplat, en die afplatting is oorzaak van den achteruitgang van de nachteveningspunten. Dat heeft Newton uitgelegd.

§ 121.

VERKLARING, HIERVAN DOOR NEWTON GEGEVEN. BEREKENING VAN DEN ACHTERUITGANG DER NACHTEVENINGEN DOOR DE WERKING DER ZON.

Want zie maar eens hier. Stel dat in fig. 224 *E C D B* de aarde verbeeldt, en *S* de zon; *H I* beteekent dan het vlak

Fig. 224.



der ekliptika, en de as *E A D* der aarde helt op die vlakte, zoodat de hoek *E A S* = is aan 66½ graad.

Zoo als nu die fig. 224 geteekend is, staat de aarde in de maand Juni, dan is namelijk de noordpool *E* naar de zon gekeerd.

Als nu de aarde een zuivere bol was, zoo als door den kring *E F D G* wordt aangeduid, dan zou de werking der zon volstrekt geen invloed op hare as kunnen hebben; maar behalve dien bol bestaat de aarde nog uit het gedeelte, dat tusschen hare oppervlakte *E B D C* en den bol *E F D G* ligt.

Om u nu het verschil te doen zien, dat hierdoor onstaat, zoo zullen wij de aarde eens doorsnijden langs de lijn *M N* en loodrecht op *H I*. Is de aarde nu een zuivere bol, zoo als *E F D G*, dan hebben wij haar in twee halve bollen gesneden, *K F D L* en *L G E K*. Beide deze halve bollen hebben boven en onder de ekliptika gelijke stukken. Want de halve bol *K F D L*, heeft

boven de ekliptika den kwartbol *K F O*, en
onder de ekliptika den kwartbol *O D L*.

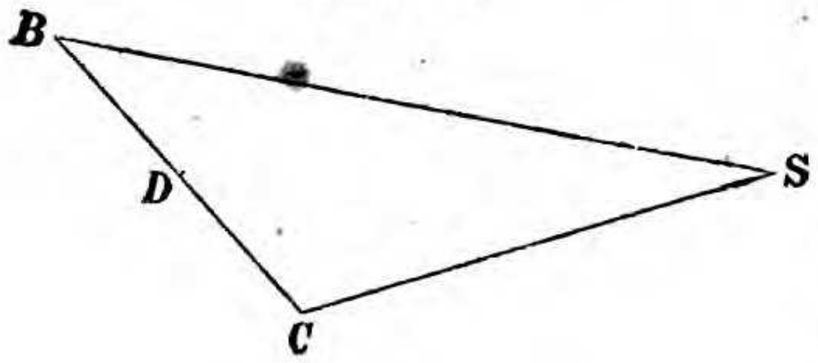
Nu is het dus duidelijk, dat de zon dezelfde aantrekking

heeft op beide deze kwartbollen, en dus dien halven bol *K F O D L* wel naar zich toetrekt, maar geene draaiing hoegenaamd kan teweegbrengen.

Hetzelfde is het geval met den halven bol *K P G L*, die wordt door het vlak der ekliptika ook in twee gelijke kwartbollen verdeeld; de eene kwartbol *K A P E* ligt *boven*, de andere kwartbol *L A P G* ligt *onder* het vlak der ekliptika, en als de zon nu beide aantrekt, dan is hare aantrekking op beide kwartbollen gelijk, dus daar kan weer geene draaiing door ontstaan.

Maar laat ons nu eens zien, wat er gebeurt, als wij de afgeplatte aarde op dezelfde wijze doorsnijden. Wij zullen liever die afgeplatte aarde deelen in twee deelen, in eene kern *E F D G*, die den vorm van een bol heeft, en in eene schil, die op die kern rust om de geheele afgeplatte aarde te vormen. Wij zullen nu niet letten op de kern, die wij zoo aanstonds beschouwd hebben, en ons nu maar alleen met de schil bemoeien. Die schil is nu ook in 4 stukken gedeeld. De twee stukken *P R C N L G* en *O Q B T M K U F* zijn gelijk en de twee stukken *P R E M K* en *O Q D N L* ook; boven en onder de ekliptika is dus even veel van die schil, een dik en een dun gedeelte; maar boven de ekliptika is het dunne gedeelte naar de zon gekeerd, en het dikke gedeelte van de zon afgekeerd, en onder de ekliptika is het juist omgekeerd, daar is het dikke gedeelte naar de zon toegekeerd. Als gij nu maar u herinnert, dat elk deeltje van de aarde door de zon wordt aangetrokken, en dat hoe dichter bij de zon, hoe sterker die aantrekking is, dan begrijpt gij ook wel, dat de werking van de zon op deze schil nu zoo is, dat er eene draaiing moet ontstaan. Want het dikke gedeelte, dat ik nu maar kortsheidshalve *G C* zal noemen, wordt sterker aangetrokken dan het dikke gedeelte *B F*; en indien nu in fig. 225 *B* en *C* twee bollen of andere voorwerpen zijn, die met elkander door eene stang verbonden zijn, en als ik in *S* sta, en

Fig. 225.



naar beide die voorwerpen B en C touwen gespannen heb, en als ik dan aan beide die touwen trek, maar harder aan het touw $C S$, dan aan het touw $S B$; dan spreekt het van zelf dat de stang $B C$, behalve dat hij naar mij toegaat, om zijn midden D zal draaien, zoodat C zich naar mij toe, en B zich van mij af beweegt.

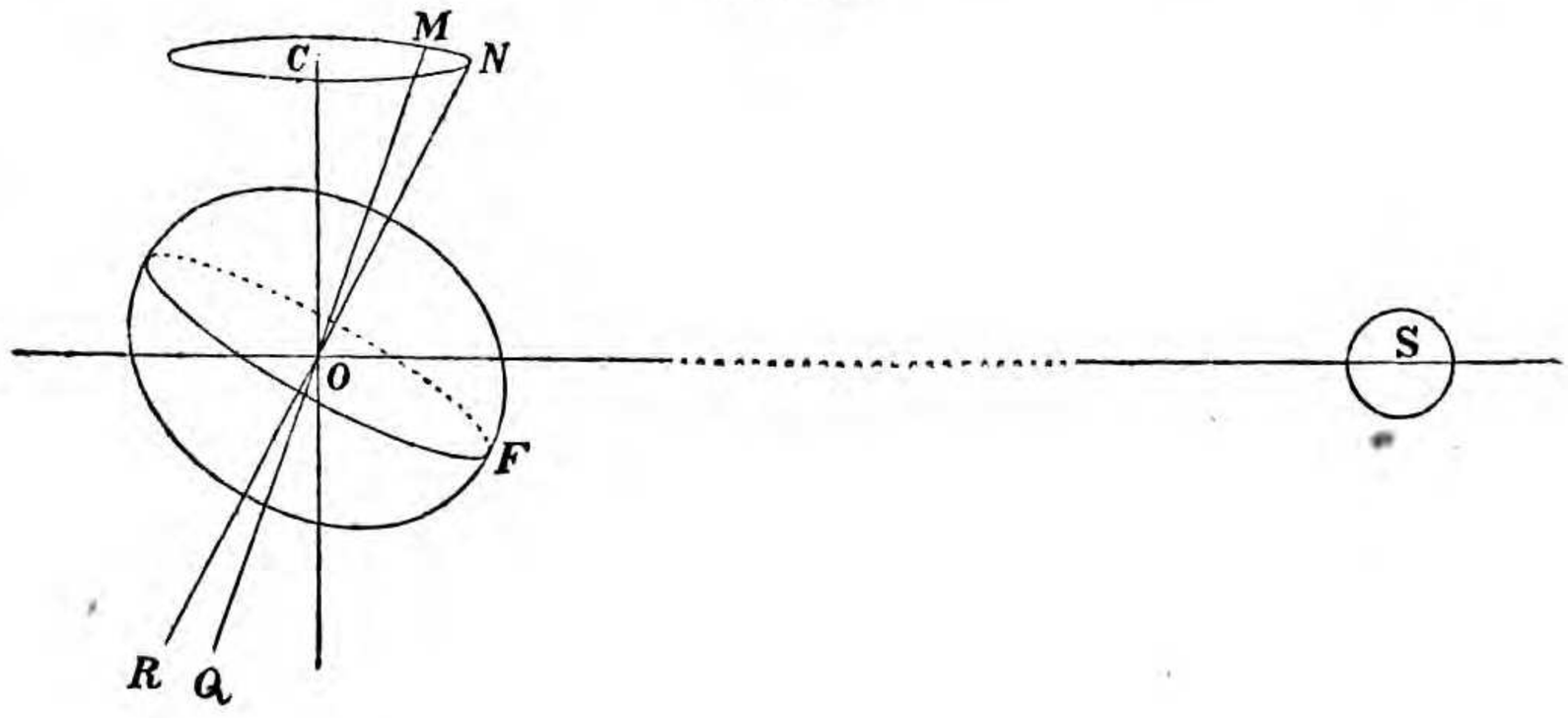
De twee dunne gedeelten $P R E M K$ en $O Q D N L$ zullen natuurlijk wel eene draaiing in tegengestelden zin trachten te bewerken, maar het is even natuurlijk, dat die werking veel geringer is dan die, welke wij zoo even beschouwd hebben.

De werking van de zon op de aarde, in haren zomerstand, is dus, dat zij haar wil laten omdraaien, zoodat de noordpool van de zon af, en de zuidpool naar de zon toegaat.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat gebeurt toch niet, ten minste daar hebt u niets van gezegd, en in fig. 220 is dat toch niet te zien. De noordpool M wordt niet naar C getrokken, maar gaat den kant van N op.

DE HEER. Een weinig geduld, als het u belieft. Gij hebt daar wel gelijk in, maar herinner u slechts, dat dat ook juist hetzelfde geval is met de maansloopbaan. De zon tracht altijd de maan naar het vlak van de ekliptika toe te trekken, en toch zal de loopbaan der maan nooit met het vlak der ekliptika samenvallen. Dit heb ik u, toen wij vroeger over de eklipsen spraken (2e stukje § 35), immers uitgelegd. Zoo is het nu hier ook. Als de aarde niet om hare as draaide, dan zou zij aan de werking der zon op die schil, die wij beschouwen, gehoorzamen en dan zou, fig. 226, de evennachtslijn $O F$ langs $O S$

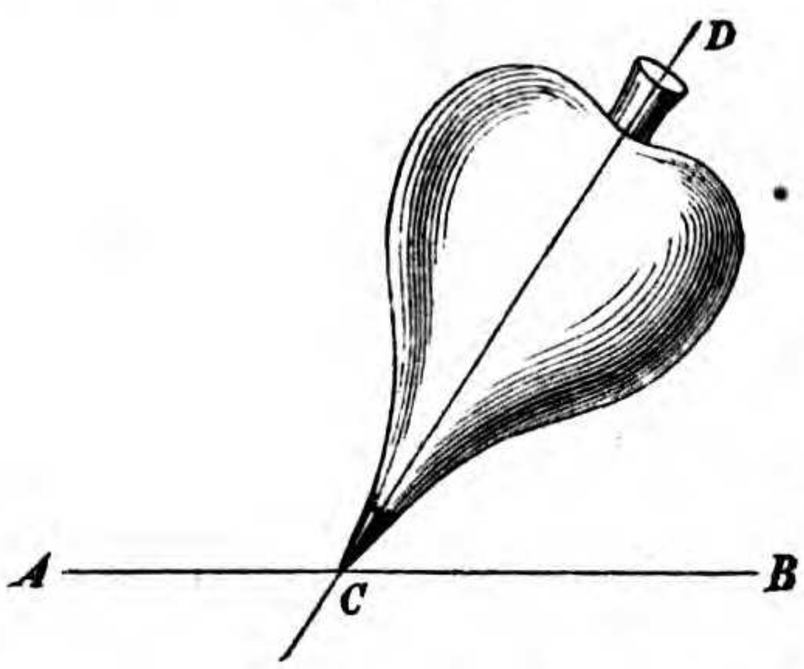
Fig. 226.



willen vallen, en de as *Q O M* in den stand *O C* willen komen; maar men zou hetzelfde hebben als wanneer een slinger slingert, die blijft niet in het laagste punt stil, maar slingert door. Zoo zou ook die vlakte van de evennachtslijn doorslingeren, totdat *O F* aan de andere zijde van *O S* ook een hoek van $23\frac{1}{2}°$ maakte, om dan weder terug te keeren, en zoo altijd door.

Maar dat gebeurt nu niet, omdat de aarde om eene as draait. Elk deeltje van den aardbol op de evennachtslijn, elk zandkorreltje en elke druppel water kunt gij als een maantje beschouwen, dat om de as *O N* in $23^u\ 56^m$ omdraait, en hetzelfde, dat met de maan gebeurt, moet nu met dien zandkorrel of met dien waterdroppel gebeuren, dat wil zeggen, de snijlijn van zijne loopbaan met de ekliptika moet langzaam omdraaien. Hoeveel invloed de draaiing om eene as op de beweging van een lichaam hebben kan, kunt gij onder anderen aan een tol zien. Wat gebeurt er als ik een tol *C D*, zonder hem te draaien, schuin op den grond *A B* zet, fig. 227, en dan loslaat?

Fig. 227.



ABDULLAH. Wel mijnheer, dan valt hij om.

DE HEER. Juist zoo. De as *C D* zal dan zich naar *A B* begeven. Maar wanneer ik nu dienzelfden tol met een touw hard in de rondte draai, en hem dan op den grond plaats, wat gebeurt er dan? Valt hij dan ook om?

ABDULLAH. Wel neen mijnheer, dan draait hij in een kring.

DE HEER. Ja, maar blijft de as altijd in dezelfde richting gekeerd?

ABDULLAH. Neen mijnheer, ik meen van niet.

DE HEER. Juist zoo, die as draait in eene kegelvlakte, even als ik u gezegd heb dat de aarde doet. Maar toch is er een

onderscheid in op te merken. Zie eens hier, fig. 228 en 229:

Fig. 228.

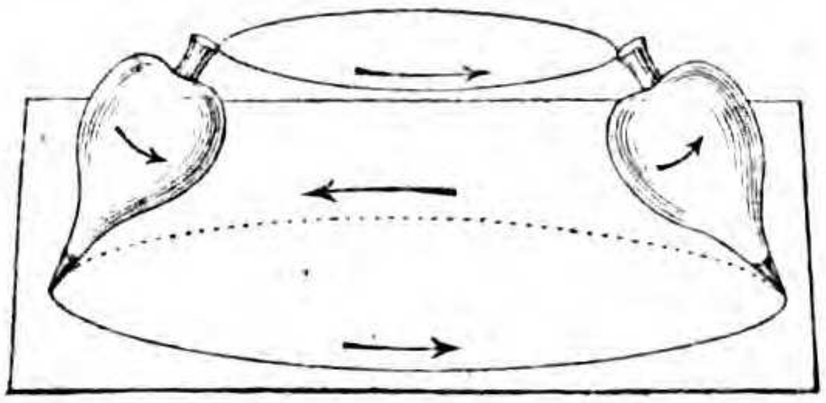
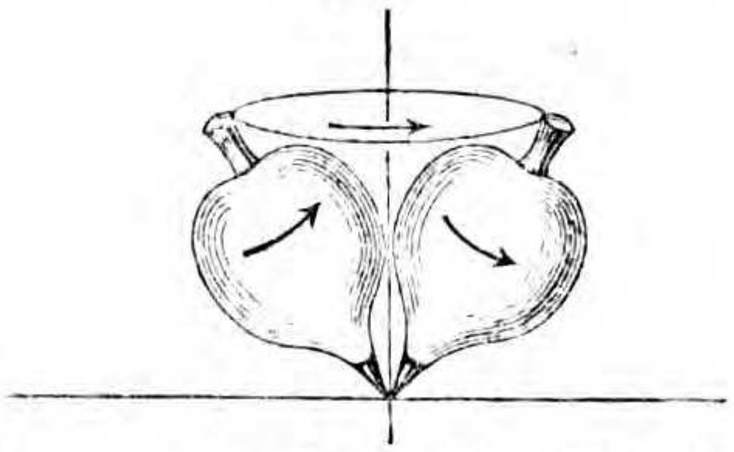


Fig. 229.



In de eerste dezer figuren ziet gij een tol afgebeeld, die op een gladden vloer in een kring draait, in de tweede een, die in een kuiltje draait en dus, zonder in een kring rond te loopen. In beide deze gevallen is één ding merkwaardig: als men namelijk opmerkt, in welke richting de tol, en in welke richting de as draait, dan ziet men, dat die beide richtingen *dezelfde* zijn, zoo als in fig. 228 en 229 de pijltjes ook aanduiden.

Maar als men nu let op fig. 220, dan ziet men dat dit bij de aarde juist andersom is. Daar is de beweging der aarde in de richting van het pijltje bij *A H*, dus van de rechter- naar de linkerhand, (als wij de noordpool boven ons hoofd hebben,) en de beweging van de as is in de richting van het pijltje bij *M N*, dus van de linker- naar de rechterhand.

ABDULLAH. En hoe komt dit nu?

DE HEER. Wel dat is zoo vreemd niet, want de oorzaak werkt ook precies andersom. Als een tol draait, wil de zwaarte van den tol hem doen vallen, dus de as doen dalen. Maar de werking van de zon wil de as der aarde niet doen dalen, maar integendeel recht overeind doen staan, namelijk loodrecht op het vlak der ekliptika. Die werking is dus juist tegenovergesteld, en het is dus ook niet te verwonderen, dat het uitwerksel ook precies tegenovergesteld is.

De vlakte der evennachtslijn doet hetzelfde als de maansbaan, namelijk achteruitgaan. Ik heb u vroeger laten zien, dat de werking van de zon op de maan het sterkst is als de zon, van uit de aarde, gezien wordt in eene richting, loodrecht op de lijn der knoopen, en dat, als de lijn der knoopen juist naar de zon gekeerd is, de werking der zon, om de maans-

baan te laten draaien, niet bestaat. Maar in het geheel bedraag die werking toch zooveel, dat de knoopenlijn der maansloopbaan in één jaar 19°,4 achteruitgaat. (2e stukje § 35).

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is juist wat ik nog niet begrijp; u zegt: de reden van den achteruitgang der nachteveningen is dezelfde als die van den achteruitgang van de knoopenlijn der maansbaan. Ik begrijp wel alles, wat u mij daarvan vertelt, maar die beweging van de maansbaan is toch veel sneller; u zegt 19°,4 in één jaar; ik herinner mij ook, dat u mij geleerd hebt, in 18 jaar en 7 maanden, dan is de knoopenlijn ééns de ekliptika rond; maar de nachteveningen doen er bijna 26000 jaar over, waarom gaat dat dan zoo langzaam?

DE HEER. Zie eens hier. Zoo als ik u daar aanstonds zeide, kunt gij elk zandkorreltje of elken waterdruppel, die zich in de schil *E G C D B F E* bevindt, beschouwen als een klein maantje, dat om de as der aarde draait. Maar de zandkorreltjes, die dicht bij de pool *E* of bij de pool *D* zijn, beschrijven maar kleine kringetjes, daarentegen de zandkorreltjes, die in *G C* liggen, beschrijven groote kringen. Hoe grooter kring nu die deeltjes, die ik zandkorreltjes of waterdruppels noemde, om de as maken, hoe grooter het verschil is tusschen de aantrekking van de zon op dat deeltje, naarmate het noordelijk of zuidelijk is. Bijv. beschouw ik de deeltjes *B F* en *G C*, dan is het verschil in aantrekking van de zon op *B F* en *G C* zeer groot, grooter dan het verschil in aantrekking op *T U* en *V W*.

Maar laten wij nu maar eens aannemen, dat de geheele schil, waarvan wij spreken, vereenigd is op de plaats van *B F* en *G C*, dus dat die even als een ring om de evennachtslijn der aarde geslagen is, dan zal de werking op dien ring natuurlijk grooter zijn dan zij nu is.

Dan moet gij in aanmerking nemen, dat die ring de geheele kern *E F D G*, fig. 224, moet medeslepen, en die weegt stellig 150 maal meer dan de schil; al doorloopen nu al die deeltjes van die kern niet zulke groote kringen als de deeltjes van de schil, toch is het gevolg dat de omdraaiing veel langzamer gaat.

Ook moet gij in acht nemen, dat de aardbol zoo schielijk om hare eigene as draait, nl. in 23^u 56^m, zoo als ik u nu pas geleerd heb, terwijl de maan 27 dagen en 8 uren noodig heeft om haren omloop te volbrengen; daardoor heeft ook de zon 27,4 maal minder kracht op de aarde, die om hare as draait, dan op de maan, die om de aarde loopt.

Men moet alles wel in acht nemen, en dan is het nog niet zoo heel gemakkelijk, om precies uit te rekenen, in hoeveel jaren de werking der zon de as der aarde eens zou kunnen doen omdraaien.

Maar laat ons toch eens ten naasten bij de berekening maken. Wij moeten daartoe eerst ons herinneren, dat de knoopenlijn der maansloopbaan per jaar 19°,4 of met andere woorden 69840 sekonden teruggaat. Deel ik dit door 150, omdat de schil een kern moet medeslepen, die 150 maal zwaarder dan de schil zelf is, dan krijg ik 465 sekonden. Deel ik dit nu nog weer door 27,4, omdat de omwenteling der aarde zooveel schielijker plaats heeft dan de omwenteling van de maan om de aarde, dan verkrijg ik bijna 17″.

Gij ziet dus dat, al beweegt zich, ten gevolge van de aantrekking der zon, de knoopenlijn der maan in één jaar over 19°,4, de beweging van de snijlijn der evennachtslijn met de ekliptika, door diezelfde werking in één jaar niet meer dan omtrent 17″ bedraagt.

Nu is deze uitkomst nog iets te groot, men moet er nog bij in rekening brengen, hoe schuin de evennachtslijn op de ekliptika staat. Doet men dat volgens de regels der wiskunde, dan verkrijgt men iets minder, namelijk 15″,7.

§ 122.

BEREKENING VAN DEN ACHTERUITGANG DER NACHTEVENINGEN DOOR DE WERKING DER MAAN. SOM DER BEIDE WERKINGEN.

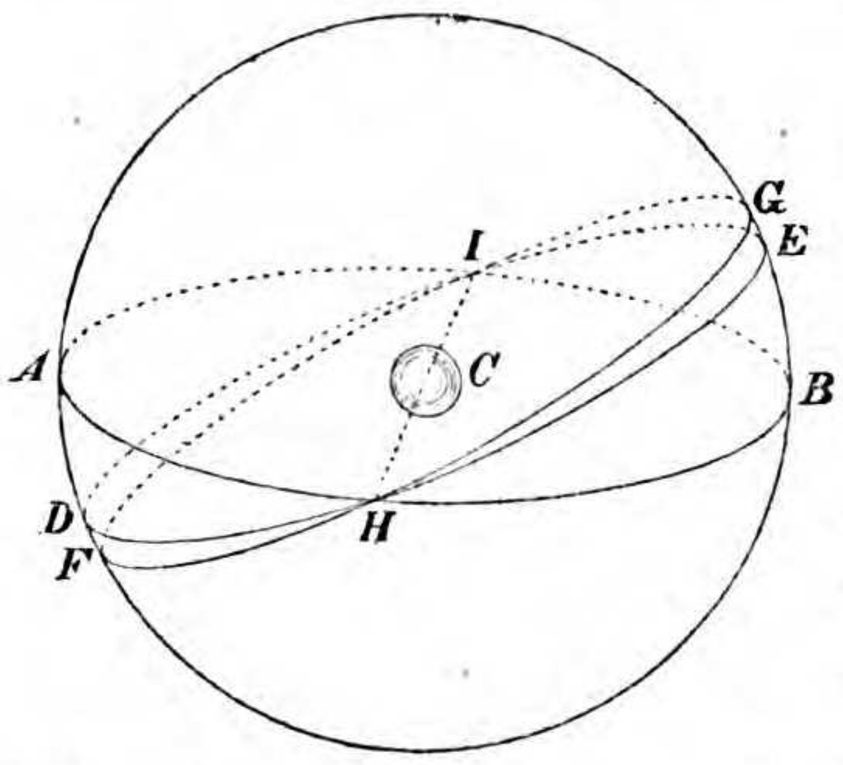
Maar gij herinnert u, dat ik u gezegd heb, dat de beweging

der nachteveningspunten per jaar is 50″,25, dus meer dan driemaal zooveel.

Dit komt nu daarvandaan, dat wij wel de werking der zon berekend hebben, maar niet de werking der maan. De maan draait, wel is waar, om de aarde, maar toch in eene loopbaan, die slechts een kleinen hoek maakt met de ekliptika. Ziet men uit het middelpunt der aarde naar de zon, dan is zij een half jaar ten noorden van de evennachtslijn, en een half jaar ten zuiden; ziet men uit datzelfde middelpunt naar de maan, dan is zij telkens bijna 14 dagen ten noorden; en ook bijna 14 dagen ten zuiden van de evennachtslijn. In dit opzicht is de verhouding dus gelijk, n.l. de helft van den tijd ten noorden en de helft van den tijd ten zuiden.

In een ander opzicht zijn de zon en maan, met betrekking tot de aarde, niet gelijk. Uit het middelpunt der aarde gezien komt de zon namelijk bijna 23½ graad benoorden de vlakte van de evennachtslijn en ook even veel bezuiden. Bijv. is in fig. 230 *A H B I* de vlakte van de evennachtslijn, en is *I H* de lijn der nachteveningen, dan is *D H E I* de ekliptika, en dan is *B E* = 23½° of liever 23° 27′; als nu de zon in *E* is, is zij zoo ver mogelijk benoorden, is zij in *D*, zoo ver mogelijk bezuiden de evennachtslijn. Zoo als gij weet, noemt men dit, dat de zon 23½ graad noorder- of zuiderdeclinatie bereiken kan.

Fig. 230.

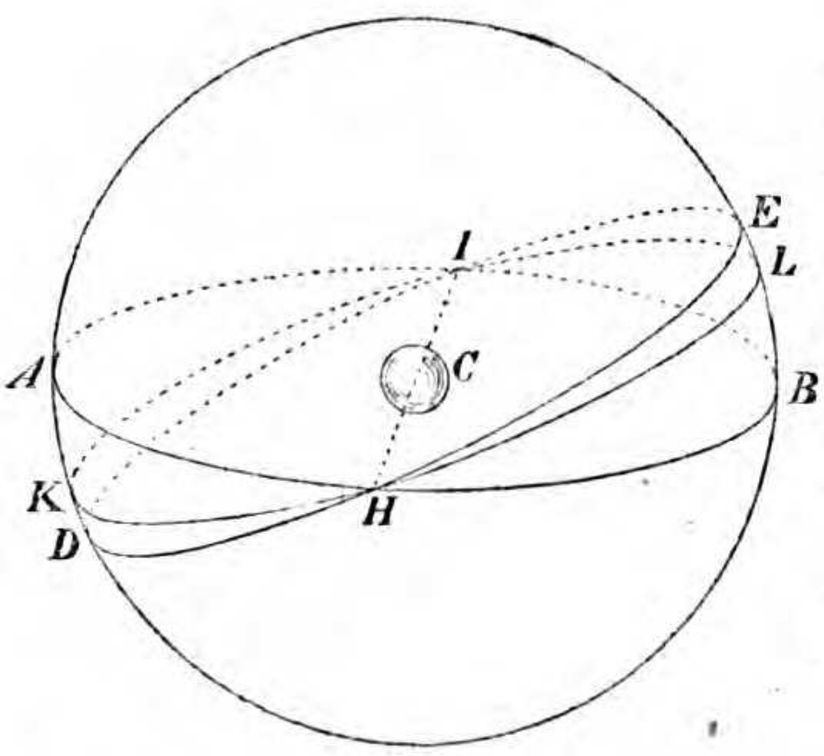


Wat nu de maan aangaat, hoe ver die zich wel van de evennachtslijn kan verwijderen, of liever, welke declinatie die wel verkrijgen kan, dat is zeer ongelijk, en dit komt daarvandaan, dat de knoopenlijn van de maan geen vasten stand heeft op de ekliptika. Valt die knoopenlijn langs de lijn der nachteveningen *I H*, dan kan de maansloopbaan toch nog twee verschillende standen hebben. De klimmende knoop kan in het lentenacht-

eveningspunt H vallen, dan valt de maansloopbaan langs $H\ G\ I\ F$; de hoogste stand der maan boven de evennachtslijn heeft dan plaats, als de maan zich in G bevindt; nu is $B\ E = 23°\ 27'$ en $E\ G$, de helling der maansloopbaan, $= 5°\ 9'$, dus dit maakt te zamen $28°\ 36'$. Zoo groot is dan de grootste declinatie der maan.

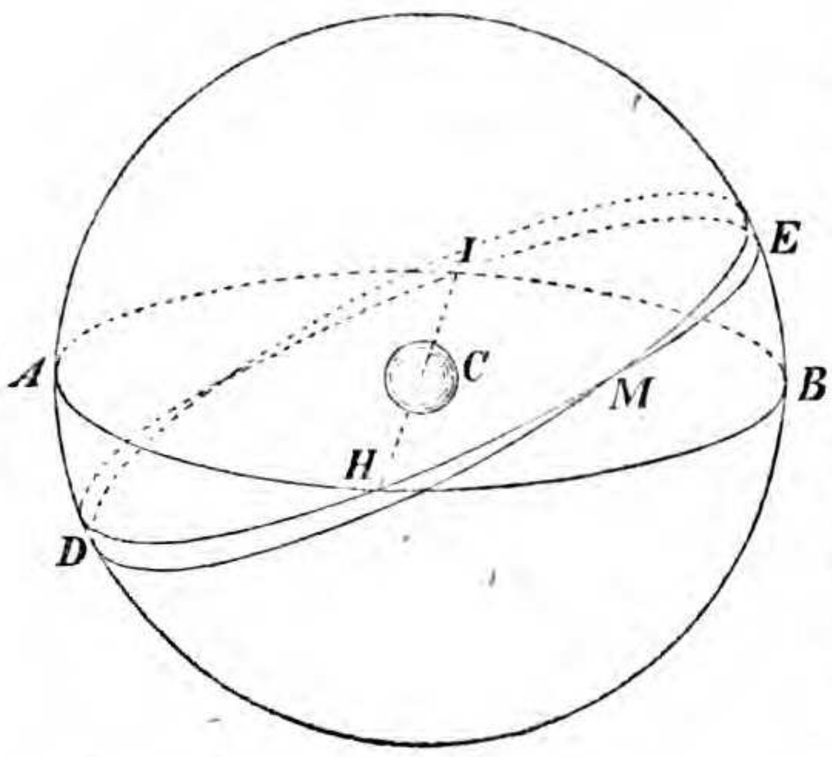
Maar de knoopenlijn der maan loopt, zoo als gij weet, in 18 jaar en 7 maanden de geheele ekliptika rond, en kan dus ook zoo komen te liggen, dat zij wel samenvalt met de lijn der nachteveningen, maar dat de *dalende* knoop in het lentenacht-eveningspunt valt, zie fig. 231. Dan is $B\ E$ weder $= 23°\ 27'$, $E\ L = 5°9'$ en dus is $B\ L =$ het verschil $18°\ 18'$. Dit is dan ook de grootste declinatie der maan.

Fig. 231.



Ligt nu de knoopenlijn tusschen de beide standen in, bijv. zie fig. 232, waar de klimmende knoop in M is, dan is de grootste declinatie der maan grooter dan $18°\ 18'$ en kleiner dan $28°\ 36'$.

Fig. 232.



Die grootste declinatie der maan is ook juist de helling van de vlakte der maansloopbaan op de vlakte der evennachtslijn. Zij is dus veranderlijk van grootte, en blijft altijd tusschen $18°\ 18'$, en $28°\ 36'$.

De grootste declinatie der zon echter is gelijk aan de helling van de vlakte der ekliptika op de vlakte der evennachtslijn, en die is $23°\ 27'$.

De *gemiddelde* helling der maansloopbaan is nu even zoo groot; maar de werkelijke helling is dan eens wat grooter, dan eens wat kleiner. Veel verschil geeft dat natuurlijk niet.

Dus ook in dit opzicht kan de werking van de maan niet veel van die der zon verschillen.

Maar in twee andere opzichten verschilt die werking veel van die der zon. De aantrekking van een lichaam, dit begrijpt gij heel goed, is zoo veel te sterker, naarmate het lichaam zwaarder is. Nu hebben de sterrekundigen het zoover gebracht, dat zij hebben gevonden, hoeveelmaal de zon zwaarder is dan de maan. De zon is namelijk 326000 maal zwaarder dan de aarde, en de aarde is 81½ maal zwaarder dan de maan, dus is de zon omtrent 26½ millioen maal zwaarder dan de maan.

De werking van de zon zou dus, als alleen hare zwaarte in aanmerking kwam, 26½ millioen maal grooter zijn dan die van de maan, en daar nu door de werking der zon op de aarde slechts eene draaiing ontstaat van de lijn der nachtevenings-punten van 15″,7, zou de werking van de maan geheel onmerkbaar zijn; maar behalve van de zwaarte hangt de werking nog af van den *afstand* van het lichaam dat aantrekt. En nu wordt de zaak geheel anders. De gemiddelde afstand van de maan tot de aarde is namelijk 60,5 stralen der aarde, namelijk stralen van de evennachtslijn.

De gemiddelde afstand van de zon tot de aarde is 23 300 stralen der aarde.

Dus is de afstand der maan 385 maal kleiner dan de afstand der zon.

ABDULLAH. Dan moet men zeker dien afstand in rekening brengen, en dan zeggen dat de maan dan zooveel sterker aantrekt.

DE HEER. Ja wel, maar hiermede moet gij nog voorzichtig zijn. Wellicht zoudt gij meenen, dat de werking der maan, om reden van den afstand, nu ook 385 × 385 maal sterker zijn zou. Maar dat is niet juist. Want waardoor ontstaat de achteruitgang der nachteveningen? Uit het *verschil* van twee aantrekkingen, zie fig. 225.

Indien de maan zich op den afstand der zon van de aarde bevond, dan zou hare werking 26½ millioen maal zwakker zijn dan die der zon. Die werking komt echter van het verschil

in aantrekking op de twee gedeelten, die in fig. 225 door B en C zijn aangeduid. Nemen wij nu eens in die figuren $S\ D =$ 23 300 en laat $S\ C$ nu eene eenheid kleiner, dus 23 299 zijn en $S\ B$ eene eenheid grooter, dus 23 301. Nu is de aantrekking van S op B evenredig aan

$$\frac{1}{23\,301 \times 23\,301} \text{ of } \frac{1}{542\,936\,601},$$

eh de aantrekking op $S\ C$ is evenredig aan

$$\frac{1}{23\,299 \times 23\,299} \text{ of } \frac{1}{542\,843\,401}.$$

Nu moeten wij het verschil van deze twee breuken hebben, maar om dat verschil te vinden, zal ik liever beide breuken in eene decimale breuk ontwikkelen. Ik krijg dan

voor de aantrekking langs $S\ C$ . . . 0,000 000 001 842 152,
„ „ „ „ $S\ B$ . . . 0,000 000 001 841 835,
verschil . . . 0,000 000 000 000 317.

Laat ons nu eens zien, wat wij voor dit verschil krijgen, als wij den afstand zooveel kleiner nemen. Laat nu den afstand $S\ D = 60{,}5$, dus $S\ C$ 59,5 en $S\ B = 61{,}5$ stralen der aarde zijn, dan is de aantrekking langs $S\ C$ evenredig aan

$$\frac{1}{59{,}5 \times 59{,}5} = \frac{1}{3\,540{,}25} = 0{,}000\,282\,466,$$

daarentegen de aantrekking langs $S\ B$ evenredig aan

$$\frac{1}{61{,}5 \times 61{,}5} = \frac{1}{3\,782{,}25} = \frac{0{,}000\,264\,393}{};$$

het verschil hiervan is 0,000 018 073,

en dit getal is 57 millioen maal grooter dan de breuk van zooeven.

Door de wiskunde kan men dit getal wel gemakkelijker vinden; zij leert namelijk dat, als de afstand 385 maal kleiner wordt, de werking, die wij hier beschouwen, dan $385 \times 385 \times 385$, d. i. juist 57 millioen maal grooter wordt; dus niet in ver-

houding van de tweede macht, zoo als de aantrekking zelve, maar in verhouding van de derde macht.

De werking van de maan zou dus $\frac{1}{26\,000\,000}$ van de werking der zon bedragen, als zij op denzelfden afstand was als de zon. Maar nu wordt die werking 57 millioen maal grooter, zij is dus $\frac{57\,000\,000}{26\,000\,000}$ gedeelte van de werking der zon, dat wil zeggen, zij is 2,2 maal grooter.

Door de werking der zon bedroeg de teruggang der nachteveningen jaarlijks 15″, 7.

Dus door de werking der maan

$$2{,}2 \times 15{,}7 = 34'', 54;$$

maakt voor de werking van zon en maan te zamen; 50″, 24, hetgeen ook nagenoeg precies is, hetgeen ik u heb medegedeeld.

---

§ 123.

VERSCHUIVING VAN DE STERREBEELDEN VAN DEN DIERENRIEM.

Voordat wij verder gaan, moet ik u nog eene merkwaardige bijzonderheid mededeelen. Ik heb u al verteld, dat van overoude tijden af de menschen de sterren aan den hemel bij groepen vereenigd, en aan zulke sterregroepen of sterrebeelden namen gegeven hebben. Op de sterrekaarten werden de voorwerpen tevens bijgeteekend, waarvan die namen afkomstig waren.

Hoogstwaarschijnlijk hebben de Chineezen het eerst namen aan kleine groepjes gegeven; dit is pas in den laatsten tijd ontdekt en beschreven door den heer Schlegel, die langen tijd te Batavia tolk voor de chineesche taal geweest is.

De Europeanen hebben altijd eene verdeeling in sterrebeelden aangenomen, die afkomstig was van griecksche schrijvers, die

in de 4 laatste eeuwen voor de Christelijke jaartelling, dus omstreeks 1000 tot 600 jaren voor het begin der Hedsjra geschreven hebben; zij hebben langen tijd gemeend, dat de priesters te Babylon in dien tijd die sterrebeelden verzonnen hebben. Die sterrebeelden, ten minste zoo als zij door de grieksche schrijvers vermeld zijn, zijn onveranderd tot ons overgekomen, maar omdat zij niet den geheelen hemel bedekten, hebben de Europeanen er later nog enkele kleine bijgedaan; en in het zuiderhalfrond kenden de babylonische priesters of de Grieken geene sterrebeelden, omdat die zuidelijke sterren niet boven hunnen horizon kwamen; dus die sterrebeelden hebben hunne namen ontvangen van de eerste zeevaarders, die uit Europa uitgaande, het gewaagd hebben, de evennachtslijn over te varen.

ABDULLAH. En wanneer is dat dan geweest?

DE HEER. O, dat geschiedde eerst in de 15e en 16e eeuw, dat is tusschen 1400 en 1600. Toen waren de Portugeezen de voornaamste zeevaarders. De eerste, die de Kaap de Goede Hoop omzeilde, was Bartholomeus Diaz in 1487, maar hij ging niet veel verder dan die kaap, en noemde haar ook de Kaap der Stormen, omdat zijne schepen daar zulke stormen ondergaan hadden. Maar de koning van Portugal begreep het anders, en noemde haar de Kaap de Goede Hoop, daar hij verwachtte, dat nu de weg naar Indië gevonden was, en werkelijk is het Vasco de Gama in 1498 gelukt, om die kaap heen, uit Portugal naar de kust van Malabar te zeilen. In 1522 deed Magelhaens de eerste reis rondom de wereld; alle drie deze zeevaarders waren Portugeezen. Zij leerden aan de Europeanen de zuidelijke sterrebeelden kennen, die in Europa niet zichtbaar waren, en maakten er teekeningen van.

Maar met die zuidelijke sterrebeelden zullen wij ons nu niet ophouden. Gij herinnert u, dat ik u heb medegedeeld, dat de zon in den tijd van één jaar een kring aan den hemel schijnt te doorloopen, dien men zonsweg noemt. Reeds van oude tijden her heeft men de sterregroepen, waar de zonsweg

doorloopt, in 12 sterrebeelden verdeeld. Men gaf die sterrebeelden de volgende namen, waar ik de arabische bij zal voegen. Omdat het meest dieren waren, zoo noemden de Grieken en latere Europeanen, den geheelen gordel, waar die sterrebeelden zich in bevonden, den dierenriem; hoewel de Arabieren hem den gordel der vesting-torens, *Falak* of *Mintaka al boeroedj*, فلك of منطقة البروج noemden. Daarom heette de ekliptika bij de Arabieren *Dâïra wasat falak al boeroedj*, دايرة وسط فلك البروج, de cirkel gaande door het midden van den gordel der vestingtorens. Men vindt de sterrebeelden van den dierenriem op oude javaansche bekers ook afgebeeld, maar die afbeeldingen zijn niet fraai, en geven niet allen dezelfde figuren terug, als de oude grieksche sterrebeelden bedoelen. Zie hier nu die namen, en tevens welke beelden op de Javaansche bekers voorkomen.

Nummer.	Europeesche naam.	Arabische naam.		Op de Javaansche bekers.
1	Ram.	Al hamal.	الحمل	Een geit.
2	Stier.	Al tsaur.	الثور	Een karbouw.
3	Tweelingen.	Al tauamâni.	التوأمان	Een balangkas (mimi).
4	Kreeft.	Al saratân.	السرطان	Een krab.
5	Leeuw.	Al asad.	الاسد	Een raxasa.
6	Maagd.	Al adsrâ.	العذرا	Een maagd.
7	Weegschaal.	Al mîzân.	الميزان	Een weegschaal.
8	Schorpioen.	Al akrab.	العقرب	Een schorpioen.
9	Schutter.	Al râmi.	الرامي	Een boog met pijl.
10	Steenbok.	Al djad-j.	الجدي	Een zee-garnaal.
11	Waterman.	Sakib-al-mâ	ساكب الماء	Een tampajan.
12	Visschen.	Al semakatâni.	السمكتان	Een visch.

De javaansche en maleische namen zijn van de arabische afgeleid en de volgende:

JAVAANSCHE	MALEISCHE
hamel.	hamel.
soer.	thoer.
djoedja.	djoeza.
soertan.	sertan.
ngasad.	asad.
sanbilah.	sanbla.
djiman.	mirzan.
kaladjengking.	kala.
koes.	kos.
djedi.	djadi.
neloe.	daloe.
hoed.	hot.

In plaat I ziet gij, hoe thans de sterrebeelden van den dierenriem, die ik u nu heb opgenoemd, aan den hemel ten opzichte van de evennachtslijn gelegen zijn; de figuren der beelden, zoo als zij vroeger geteekend werden, zijn niet op de kaart geteekend, want die dienen voor niets; en uit de sterren kan men die beelden toch niet zien. Zij worden tegenwoordig ook niet meer op de sterrekaarten geteekend. Gij kunt uit die plaat zien, hoe ongelijk groot die beelden waren. Zie eens bijv. hoe weinig plaats de Ram inneemt, hoe veel daarentegen de Stier. Ook loopt de zonsweg in het geheel niet midden door die sterrebeelden heen, het sterrebeeld de Ram ligt bijv. bijna geheel ten noorden van den zonsweg, de Schorpioen en de Schutter bijna geheel ten zuiden.

Zoo als gij nu ziet, snijdt de zonsweg of ekliptika de evennachtslijn aan den hemel in twee punten, die de *nacht-eveningspunten* genoemd worden; dat heb ik u al medegedeeld. In het eene, dat tegenwoordig in het sterrebeeld de Visschen ligt, is de zon den 20 Maart, in het andere, dat tegenwoordig in de Maagd ligt, den 23 September.

Op Plaat III, ziet gij de 12 teekens, zoo als zij op de javaansche bekers voorkomen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, waarom hebt u den Ram nu het eerst genoemd? Van dat ééne nachteveningspunt af gerekend komen immers, zoo als u zelf zegt, de Visschen het eerste.

DE HEER. Dat is tegenwoordig zoo, maar dat was niet zoo toen die sterrebeelden door de babylonische priesters gevormd werden. Maar dit moet u niet verwonderen, want ik heb u immers medegedeeld, dat het nachteveningspunt zich per jaar 50″,25 verplaatst, en dus sedert 2000 jaar bijna 30 graden verplaatst is.

Terwijl dus vroeger het nachteveningspunt bij het begin van den Ram stond, staat het nu bij het begin van de Visschen.

Verdeelen wij den dierenriem in vier gelijke deelen, door de nachteveningspunten en de punten, die midden tusschen de nacht-eveningspunten in liggen, dan bevatten deze vier deelen:

	Vóór 2150 jaren.	Thans.	De zon doorloopt dit gedeelte
Het 1e deel . . .	Den Ram. Den Stier. De Tweelingen.	De Visschen. Den Ram. Den Stier.	Van 20 Maart tot 21 Juni.
Het 2e deel . .	De Kreeft. Den Leeuw. De Maagd.	De Tweelingen. De Kreeft. Den Leeuw.	Van 21 Juni tot 23 September.
Het 3e deel . . .	De Weegschaal. Den Schorpioen. Den Schutter.	De Maagd. De Weegschaal. Den Schorpioen.	Van 23 September tot 22 December.
Het 4e deel . . .	Den Steenbok. Den Waterman. De Visschen.	Den Schutter. Den Steenbok. Den Waterman.	Van 22 December tot 20 Maart.

Op plaat II ziet gij die sterrebeelden nog eens afgebeeld; daar loopt echter de ekliptika als eene rechte lijn over de kaart, en nu is de evennachtslijn van den hemel door twee bogen aangeduid. Gij zult zelf wel begrijpen, dat dit even goed kan; op deze plaat II kan men van de sterren de *lengte* en de *breedte* zien.

Gij ziet ook de verdeeling der twaalf sterrebeelden in vier groepen, zoo als ik u dat zoo even heb medegedeeld.

ABDULLAH. En als ik u wel begrepen heb, dan schuiven die sterrebeelden nu voortdurend op?

DE HEER. Ja zeker. Nu over 2150 jaar is het nachtevenings-punt weder 30 graden achteruitgegaan, zoodat dan de Waterman van 20 Maart tot 19 April door de zon doorloopen wordt, en zoo voort. De sterrebeelden van den dierenriem, die nu het noordelijkste staan, zoo als de Stier en de Tweelingen, zullen dan ook over 13000 jaar juist de zuidelijkste wezen, en de sterrebeelden, die nu het zuidelijkste staan, de Schorpioen en de Schutter, zullen over 13000 jaar het noordelijkste staan.

ABDULLAH. Het is toch wel merkwaardig, dat men dit zoo weet.

DE HEER. Ja, dat is het ook; maar dat hebben wij aan de onvermoeidheid der sterrekundigen te danken; zij willen alles onderzoeken, wat zon, maan, planeten, kometen en sterren aangaat; daarvoor hebben zij nu al bijna 2500 jaren lang die lichamen waargenomen; maar zij hebben nu ook de regels gevonden, volgens welke die hemellichten zich verplaatsen of bewegen, en het gevolg is, dat zij nu ook vooruit kunnen berekenen, hoe zij zich in de toekomst zullen verplaatsen of bewegen. Er bestaan sterrekundige almanakken, die elk jaar uitkomen, en daarin staan van dag tot dag berekend de plaatsen van de zon, de maan, al de planeten en een aantal sterren en bovendien een aantal andere zaken, die voor een sterrekundige belangrijk zijn; die almanakken komen in Londen, Parijs, Washington en Berlijn altijd een paar jaren te voren uit.

En daarom kunt gij begrijpen, hoe dwaas het bijgeloof is, dat vroeger zoo algemeen was, dat de sterren, en bepaaldelijk

de planeten, die boven den horizon zijn, als iemand geboren wordt, invloed hebben op zijn levensloop, op zijn geluk of ongeluk. Dit werd in Europa nog geloofd, tot zelfs omtrent het jaar 1700 toe, en wel door anders verstandige menschen. Bijv. als Venus boven den horizon stond, als iemand geboren werd, dan was dit een gunstig teeken, natuurlijk omdat Venus zoo schoon schittert. Mercurius was daarentegen eene ongunstige planeet.

Maar gij kunt wel begrijpen, dat als dit waar was, twee personen, die beide op hetzelfde uur geboren worden, ook alle beide even gelukkig en ongelukkig zouden zijn, en dat gebeurt toch niet. Het geluk of ongeluk hangt dus niet van de sterren af, en het is dwaasheid daaraan te gelooven of te hechten.

Toen Newton ook ontdekt had, dat de planeten om de zon liepen, wegens de werking van dezelfde kracht, die een steen doet vallen en een steen of kanonskogel een kromme baan doet doorloopen, toen begreep men toch ook, dat dergelijke verschijnselen, die men vooruit berekenen kan, onmogelijk van invloed konden zijn op het geluk of ongeluk der menschen, en toen is bij de Europeanen het geloof daaraan spoedig verdwenen.

DERDE HOOFDSTUK.

Physische gesteldheid van den aardbol. Eb en vloed. Verschijnselen in den dampkring.

---

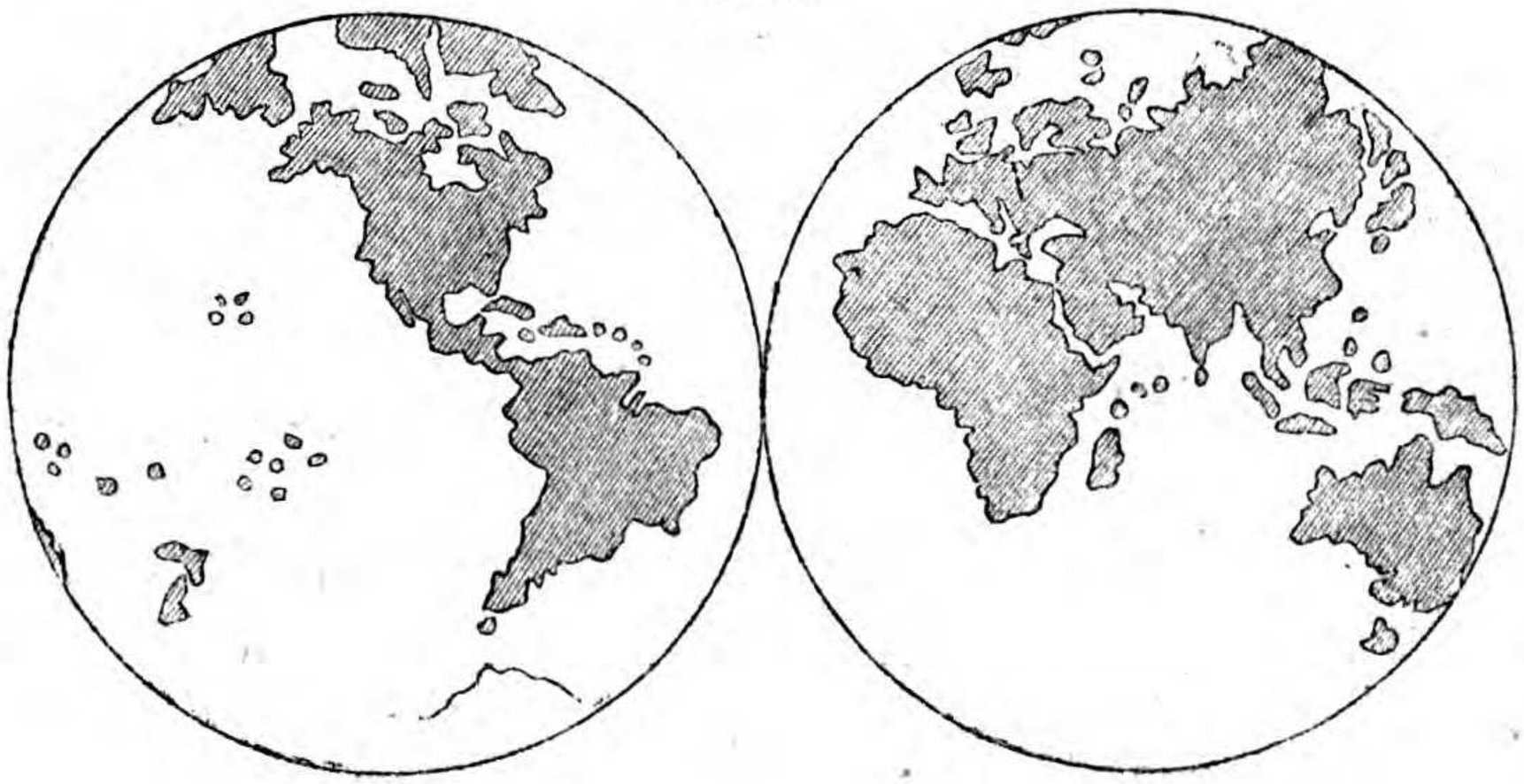
§ 124.

VERDEELING VAN LAND EN ZEE AAN DE OPPERVLAKTE VAN DEN AARDBOL.

DE HEER. Nu wij de aarde als hemellichaam beschouwd hebben, nu is het toch het best, dat wij nu de aarde op zich zelf ook eens beschouwen. Gij weet reeds, dat de aarde den vorm heeft nagenoeg van een bol, meer nauwkeurig van een djeroek bantan. Gij weet dat op dien aarbol een dampkring rust, en dat die dampkring niet zoo heel hoog, slechts eenige geographische mijlen hoog is. Wanneer wij nagaan, wat van die aarde en dien dampkring al bekend is, dan is daar zeker veel merkwaardigs onder.

Zie hier, fig. 233, eene wereldkaart, naar de engelsche methode

fig. 233.



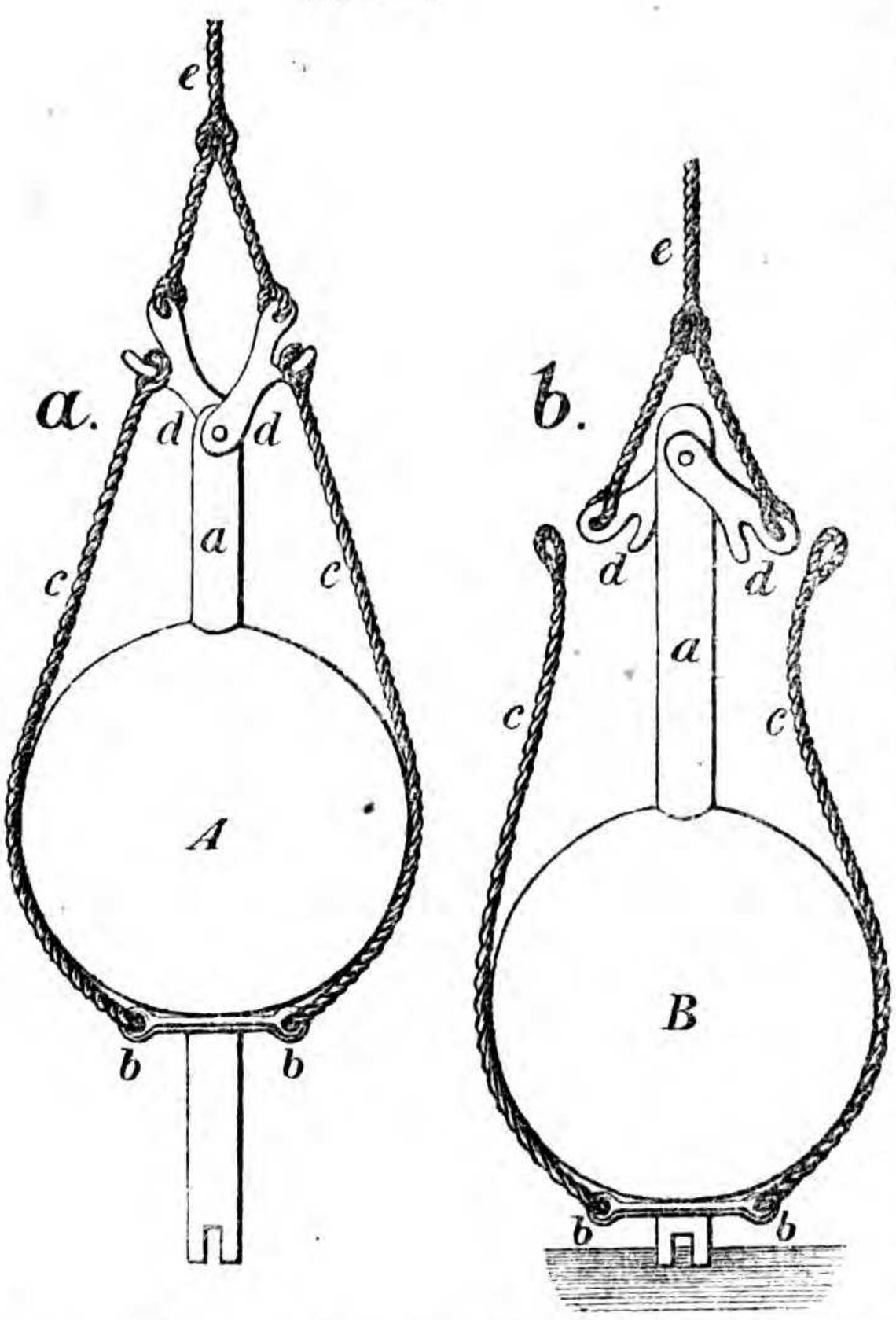
ontworpen, die ik u vroeger beschreven heb; het gestreepte beteekent land, het overige de zee. Gij ziet al dadelijk, dat er veel meer wit dan gestreept is; dat wil dus zeggen, dat er op de aarde veel meer zee dan land is. Die verhouding is zoo, dat er op 1000 deelen van de oppervlakte

734 deelen zee
en 266 deelen land

zijn, of met andere woorden: er is bijna 3 maal meer zee dan land, en wat wel zonderling is, het land is zeer ongelijk op de oppervlakte der aarde verdeeld; in de noordelijke helft is 3 maal meer dan in de zuidelijke helft.

De eerste vraag, die men zich al licht voorstelt, als men zulk eene wereldkaart ziet, is: bestaat de aarde dan hoofdzakelijk uit water? en gij begrijpt, dat om dit te beantwoorden, men weten moet, hoe diep de zee overal is. Het is niet moeilijk, de diepte van een water te meten, dat slechts weinige honderd meters diep is. Men gebruikt daarvoor een stuk lood aan een touw, en laat het in het water neder, tot het den bodem aanraakt. Men behoeft nu maar het touw, dat onder water is, te meten, daarvoor zijn aan die touwen, of zoo als men op de schepen zegt *loodlijnen*, op bepaalde afstanden van het lood, witte en andere lapjes bevestigd, die, als men de lijn ophaalt, dadelijk aanwijzen, hoe diep het water is. Maar voor diepe zeeën kan men dat niet doen, want als er eenige duizenden vademen lijn bij zijn, dan wegen het lood en de lijn zoo zwaar, dat men ze niet kan ophalen, en als men het met eene machine zou doen, zou de lijn kunnen breken; daarom gebruikt men eene andere soort van dieplood, dat door een amerikaanschen zeeofficier, Brooke, is uitgevonden. Er hangt dan slechts eene dunne, ijzeren stang *a* aan het koord, zie fig. 234; die stang heeft aan de bovenzijde twee armpjes *d*, die gemakkelijk op en neer kunnen draaien: zij hebben den vorm van eene hand met twee vingers, aan de bovensten zijn koordjes bevestigd, die de

(fig. 234.)



verbinding met de lijn *e* maken, aan de onderste vingers worden de oogjes van het koord *c* bevestigd, dat het schoteltje, *b* draagt, dat in het midden een gat heeft Nu heeft men voor elken keer, dat men de diepte der zee wil looden, een doorboorden kanonskogel *A* noodig. Men legt die op den schotel, zie fig. 234a, steekt de stang *a* door den kogel en het schoteltje, bevestigt de uiteinden van het koord *c* aan de onderste vingers der armen *d*, en laat aan de lijn *e* den geheelen toestel hangen. Zoo daalt de kogel in de zee, maar zoodra hij den grond raakt, zie fig. 234b, vallen de twee armen naar beneden, en daardoor raakt het koord *c* los, de kogel valt naar beneden, en nu kan men de stang wel ophalen, terwijl de kogel op den bodem der zee blijft liggen, en verloren is. Dan is het ophalen toch nog zeer zwaar, maar het is op die wijs mogelijk, de diepte van diepe zeeën te meten. De grootste diepte, die men gevonden heeft, is geweest 8519 meters, tusschen Japan en Noord-Amerika, dus meer dan tweemaal zoo diep als de hoogste berg op Java, de Semeroe, hoog is.

Op vele andere plaatsen in den Oceaan heeft men 2000, 3000, 4000 en meer meters diepte gevonden. Ook de Banda-zee is zeer diep, daar werden door den heer van Siedenburgh en den heer Commijs, beide officieren der Nederlandsche Marine,

diepten gevonden van 3 tot 4000 vademen, dus 5 tot 7000 meters.

Maar nu is een geographische mijl = 7420 meters, en de straal der aarde is 859 van die mijlen; gij ziet dus, dat de diepte der zee slechts een klein gedeelte daarvan bedraagt, en dat gij dus de aarde moet beschouwen als een vasten bol, die aan de oppervlakte op de deelen, die lager zijn dan andere deelen, door eene laag zeewater bedekt is.

Even zooals het met de diepte der zee is, zoo is het ook met de hoogte der bergen gesteld. Die bergen schijnen ons zeer hoog toe; op Java zijn ze meest door de ingenieurs van de geographische dienst gemeten, en die hebben bijv. de volgende hoogten gevonden:

de Semeroe	3666	meters,
de Slamat	3427	» ,
de Lawoe	3235	» ,
de Pangerango	3023	» ,

Op het eiland Sumatra bereiken de Telamon, de Merapi en de Singalang omtrent dezelfde hoogte als de Pangerango, maar al deze bergen worden nog door enkele in andere landen verre overtroffen. Ik noem hier maar in Europa den Montblanc, die 4794 meters hoog is, in Amerika

den Sorato,	7696	meters,
den Illimani,	7275	» ,
den Chimborasso.	6593	» .

In Azië vindt men de hoogste bergen en wel in het Dhawalâgiri gebergte, benoorden Hindostan. Daarvan is de hoogste top, voor zoover bekend is, de Gaurisankar, die 8840 meters hoog is, dus omtrent $1\frac{1}{3}$ geographische mijl.

En wat beteekent dat nu in vergelijking van den straal der aarde? Het is er slechts een $\frac{1}{722}$ gedeelte van. Om u nu eene voorstelling te geven, hoe gering die hoogte is, stel ik dat wij een bol hebben, die 722 millimeters straal of 1444 millimeters, d. i. bijna $1\frac{1}{2}$ meter middellijn heeft. Dan moet de

hoogste berg op zulk een bol voorgesteld worden door eene hoogte van één millimeter, en de hoogste bergen van Java door eene verhevenheid van nog niet $\frac{1}{2}$ millimeter.

En de grootste diepte der zee is slechts weinig minder dan de hoogte van den hoogsten berg, dus die zou dan bijna een millimeter moeten bedragen.

---

§ 125.

HOOG LAND EN LAAG LAND.

Evenals de bodem der zee verre ligt beneden hare oppervlakte, zoo zijn er ook geheele uitgebreide plekken land, die zich boven de oppervlakte der zee verheffen. Men onderscheidt daarom het land in *laag land* en *hoog land* of *bergland*.

In Europa, Afrika, Australië en Amerika is het grootste gedeelte der oppervlakte laag land, terwijl in Azië integendeel meer bergland dan laag land wordt gevonden.

Behalve de eigenlijke bergruggen of gebergten, zijn merkwaardig de *hoogvlakten*, die men op vele plaatsen aantreft.

Het geheele noordelijke Europa, zonder Zweden en Noorwegen, van het noorden van Frankrijk af tot het Ural-gebergte toe en dan verder geheel noordelijk Azië, is laag land; dit ligt slechts weinig hooger dan de zee. Er zijn zelfs vrij groote stukken land, die beneden de oppervlakte der zee liggen; de meeste daarvan zijn meren geweest, die drooggemaakt zijn, zooals de Haarlemmermeer, en verscheidene andere plekken in Noord- en Zuid-Holland. Wel bekend is, in Afrika, de woestijn van Sahara; daarvan is ook een gedeelte lager dan de oppervlakte der zee; men vindt daar zelfs nog zoutmoerassen, waaruit wel blijkt, dat dat gedeelte vroeger zee geweest is. Sommigen willen beproeven, of er niet een kanaal gegraven

kan worden, waardoor het water der zee weder binnengelaten wordt, om daar dan eene binnenzee te verkrijgen.

Op Java is alleen aan de kusten, vooral de noordkust, laag land aanwezig, en dat is dan ook dikwijls overstroomd, als de rivieren in den regentijd te hoog zwellen. Maar dat lage land is niet breed, en het loopt, als men het binnenland ingaat, spoedig naar de hoogte.

Er zijn in elk werelddeel groote landstreken, die zich ver boven de oppervlakte der zee verheffen, en toch op zich zelf vlak zijn; men noemt zulk een gedeelte een *plateau*, *bergvlakte* of *hoogland*. In Europa vindt men bijv. zulk een hoogland in het midden van Spanje, deze vlakte is gemiddeld 650 meters boven de zee. Zweden en Noorwegen, of zoo als men het ook wel noemt Scandinavië, rijst van het oosten naar het westen, evenals Java van het noorden naar het zuiden, trapsgewijze op, en Noorwegen bestaat bijna geheel uit een hoogland, waarvan het westelijkste gedeelte een aanzienlijke bergreeks, de Kiölen, uitmaakt.

De hoogste bergvlakten vindt men in Azië: er zijn, in het midden van dit werelddeel, bergvlakten, die meer dan 5000 meters hoog zijn.

Op Java is bekend het plateau van Bandong, dat zich ook 700 meters boven de oppervlakte der zee verheft, voorts het dal van Garoet en het dal van Ambarawa, die echter veel kleiner zijn dan het plateau van Bandong; dit zijn werkelijke hoogvlakten, maar meerdere worden er op Java niet of nauwelijks gevonden. Op Sumatra daarentegen is als hoogvlakte bekend de vlakte der Batta-landen, die in Noord-Tobah de hoogte van 1400 meters bereikt.

Die hoogvlakten zijn op Java dalen, tusschen de hoogere vulkanen ingesloten, en hoofdzakelijk gevuld door asch, zand en gruis, dat uit de kraters dezer vulkanen werd uitgebraakt.

In Sumatra zijn er vele hoogvlakten, die tusschen twee evenwijdige bergreeksen zijn ingesloten, het zijn dus dalen en de bodems dier dalen maken de schoonste gedeelten uit van de

Padangsche bovenlanden en Tapanoeli, zooals dat, waarin het meer van Singkara ligt, dat van Raoe, van Mandaeling, van Angkola. De hoogvlakten van Sipirok en Tobah zijn niet anders dan dergelijke bodems van dalen, die vroeger meren bevatteden, waaruit klei en slib bezonk, dat weder van de naburige bergen afkomstig was; op die wijs is langzamerhand die bodem meer en meer verbreed; het water steeg ook hooger, totdat het hier of daar in het laagste gedeelte van het omringend gebergte doorbrak en wegliep. Soms bleef er nu nog een klein meer over, zooals de Aik-Daoe in de Tobah-vlakte.

Hetzelfde geldt van de Telaga Patengah in de Preanger Regentschappen, dicht bij den Patoeha.

De Oostkust van Sumatra is, evenals de West-, Zuid- en Oostkust van Borneo, weder geheel en al laag land. Dit land bestaat geheel en al, evenals de bodem van Batavia, uit bezonken grond uit de zee of uit de rivieren, hetgeen blijkt als men in den grond graaft, want dan vindt men klei en zand tot eene aanzienlijke diepte. Maar in de binnenste deelen dier beide groote eilanden vindt men hooge bergen, evenals op Java.

---

§ 126.

ER ZIJN DRIE SOORTEN VAN BERGEN, VULKANEN (VUURBERGEN), VULKANISCHE BERGEN EN NIET-VULKANISCHE OF UIT ZEE OPGEHEVEN BERGEN.

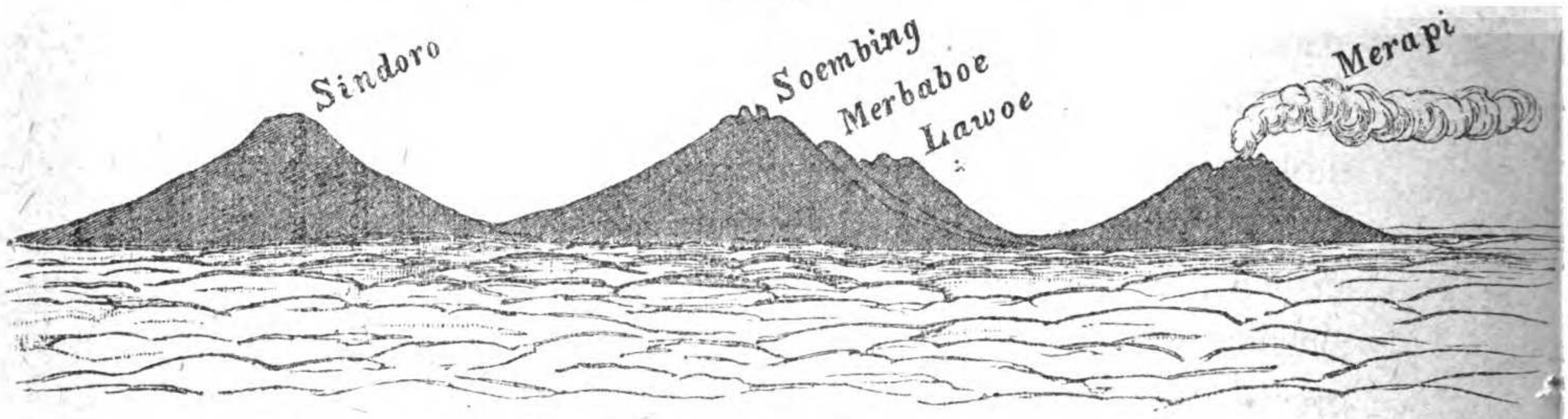
Boven die vlakkere gedeelten, hetzij zij laag of hoog gelegen zijn, steken op den aardbol de bergen en bergruggen uit. Hier moet gij wel letten op het groote onderscheid dat er bestaat tusschen niet-vulkanen en vulkanen.

Gij weet, dat er op Java eene menigte vulkanen zijn; al

hebben zij gedurende een geruimen tijd geene uitbarsting, menigmaal gebeurt het, dat een vulkaan, die jaren lang in rust geweest is, in eens begint te werken, gesmolten lava of heete modder uitstort, en het geheele omliggende land bovendien met een aschregen overstelpt. Vele menschen herinneren zich nog de uitbarstingen van den Merapi in Juli 1863, en van den Kloet, den 4 Januari 1864, toen Blitar gedeeltelijk onder den kokenden modder bedolven werd, en een aantal menschen met dien ramp het leven verloren.

Deze vulkanen hebben een bijzonderen kegelvorm; zie hier eene teekening, fig. 235, voorstellende het gezicht, dat men des

Fig 235.



morgens vroeg van den top van den Slamat op Java op den omtrek heeft. Gij ziet hier, boven eene zee van wolken, de hoogste toppen uitsteken; gij ziet, hoe de Sindoro, Soembing, Lawoe, Merbaboe, en Merapi allen dien kegelvorm hebben. Hetzelfde is het geval met den Pangerango, den Karang, den Tangkoeban Prahoe in West-Java, den Ardjoeno, den Semeroe, den Idjen enz. in Oost-Java, den Goenong Api op Banda, de bergen van Ternate en Tidore. Maar behalve de vulkanen zijn er op Java een aantal andere bergen, die volstrekt niet dien puntigen kegelvorm hebben, die meer afgerond van vorm zijn, die ook geen vuurbergen zijn. Onder deze behooren een aantal lage bergen, door geheel Java tusschen de vulkanen verspreid; men treft ze veel aan in de Preanger Regentschappen, bij Grissee, op het eiland Madoera, enz.

Terwijl de vulkanen duidelijk bestaan uit steensoorten, die gloeiend, ja gesmolten geweest zijn, bestaan die andere bergen,

zoo als die bij Grissee, dikwijls uit kalksteen, waar men leksteenen van maakt, of ook uit zandsteen of uit nog honderde andere soorten meer. Als men in die kalk- of zandbergen of dergelijke graaft, of de stukken uit zulk een berg gehaald, stuk slaat, dan vindt men dikwijls stukken van planten en dieren, waardoor ten duidelijkste blijkt, dat die grond niet van het binnenste der aarde afkomstig is, maar uit een bezinksel van eene zee, van een meer of rivier bestaat. Zulk een bodem moet dus later door eene geweldige kracht opgeheven zijn, tot hoogboven de oppervlakte der aarde. Een groot gedeelte van hetgeen thans land is, niet alleen op Java, maar op den geheelen aardbol, is vroeger zee geweest, en later opgeheven, zoodat de zee teruggedreven werd, tot de overgebleven holten. Van Java zelf is dit met ongeveer $\frac{4}{5}$ gedeelte het geval.

Een gedeelte van dit land is uit rivieren bezonken, dat gedeelte bestaat gewoonlijk geheel uit rivierklei. Vooral aan de noordkust van Java is dat veel het geval, en natuurlijk het meest in de nabijheid der rivieren. Men noemt dien grond *alluvialen* grond. Zoo vindt men in de residenties aan de noordkust overal alluvialen grond. De groote rivieren van Borneo en Sumatra hebben ook uitgestrekte terreinen laten bezinken. Zoo is de geheele vlakte van Bandjermasin alluviale grond, evenzoo die van Pontianak, evenzoo die van Palembang en Siak.

---

§ 127.

HOE DE BERGEN ONTSTAAN ZIJN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, weet men ook, hoe die bergen er komen? Zijn die er altijd geweest?

DE HEER. Zonder twijfel niet. De aarde is stellig niet altijd in haren tegenwoordigen vorm geweest; als men een berg als

den Semeroe of Ardjoeno aanziet, is men geneigd te vragen hoe komt die berg daar? Ziet men de kalkbergen bij Grissee of in de Djampangs, en men vindt daar zeeschelpen in, dan vraagt men evenzoo: hoe komt die grond nu zoo hoog boven de zee? De geleerden nu hebben, na lange nasporingen, het volgende besluit getrokken.

In vroegere tijdperken, millioenen jaren geleden, is de aarde stellig en zeker geheel gloeiend geweest, en was al wat nu water of zee is, toen damp, en even als de tegenwoordige dampkring, op de aarde rustende. Wat nu steen is, was toen geheel gesmolten, dat blijkt ten duidelijkste. Er zijn stoffen, die, wanneer zij gesmolten zijn en bekoelen, eenvoudig hard worden, even als was, of vet; maar er zijn andere stoffen, die, als zij gesmolten zijn, en dan bekoelen, kristallen vormen, even als zout; zoo doet bijv. de zwavel; als wij nu in het binnenste der aarde eene steensoort vinden, die geheel of gedeeltelijk uit zulke kristallen bestaat, dan kunnen wij vast overtuigd zijn dat die steensoort vroeger gesmolten geweest is, en nu is dat het geval met verscheidene steensoorten, die zelfs uit het diepste der aarde gehaald worden. Er is zulk eene soort van steen, die over het algemeen *onder* al de andere soorten voorkomt, die men in de aarde vindt. Die steensoort heet *graniet*, en deze schijnt dus de oudste der steensoorten te zijn. Toch komt die steensoort hier en daar wel aan de oppervlakte der aarde voor, bijv. bij Muntok op Banka, bij Gorontalo en op honderd andere plaatsen, hoewel op Java zeer zelden. Wanneer gij die steensoort beziet, dan ontwaart gij dadelijk dat er verschillende kristalletjes in zijn, waardoor ten duidelijkste blijkt, dat zij vroeger gesmolten geweest moet zijn.

Wat is er nu gebeurd? Die gloeiende aardbol is langzamerhand bekoeld, totdat de oppervlakte vast werd. Eerst was die oppervlakte natuurlijk nog warm, maar naderhand bekoelde zij al meer en meer, en werd op die manier hoe langer hoe dikker; en de buitenste oppervlakte bekoelde eindelijk

zoo ver, dat de waterdamp uit den dampkring er op kon neerslaan, waardoor de zeeën ontstonden.

ABDULLAH. Maar mijnheer! Is dat nu zoo zeker? En is dan de aarde, van binnen, nu nog warmer dan op de oppervlakte?

DE HEER. Wel zeker! Zoodra gij in de aarde een diepen put graaft, zoo als voor de mijnen gedaan wordt, of ook wel om uit de diepte water te krijgen, zoo als te Grissee en te Batavia op verscheidene plaatsen het geval geweest is, dan ziet men, dat, hoe dieper men in den grond komt, hoe warmer die grond is, want het water, dat men bij het boren van die putten verkrijgt, is warmer, naarmate het van grootere diepte uit den grond afkomstig is. En men kan berekenen, hoe diep men wel zou moeten graven, om reeds zoo ver te komen dat het water kookt; hoe diep om zoover te komen, dat de steensoorten, waaruit de korst bestaat, gesmolten zijn, enz.

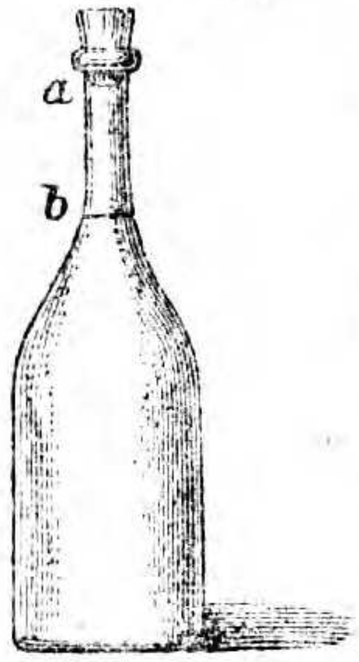
En die diepte is zoo groot niet. Als de warmte even zoo snel toeneemt, als dit aan de oppervlakte het geval is, dan is het zeker, dat op 4 of 5 duitsche mijlen diepte zelfs ijzer al zou smelten. En de afstand van de oppervlakte tot het middelpunt, (of de straal der aarde) is 859,5 duitsche mijlen groot, dus is dat nog maar een klein gedeelte. Het is even als eene schil van een djeroek.

Maar wat gebeurt er nu, als zulk een bol bekoelt? Dan krimpt hij in, d. i. hij wordt kleiner.

ABDULLAH. Hé mijnheer, hoe komt dat?

DE HEER. Ja, hoe dat komt, weet men niet, maar dat is zeker, dat bijna alle lichamen grooter worden of uitzetten, als zij warmer, en kleiner worden of inkrimpen als zij kouder worden. Van de lucht weet gij het, ik heb u dat vroeger al eens laten zien, (1e stukje, § 18 fig. 46), toen wij over de oorzaak van land- en zeewind spraken; maar ook het water zet uit door de warmte, en krimpt weer in door de koude. Zie eens hier deze flesch, fig. 236; wij zullen die eens voorzichtig vullen met kokend water, en dan met eene kurk sluiten, opdat het

(Fig. 236.)



water niet verdampe. Laten wij haar nu eens stil staan tot dat het water koud is geworden, wat zien wij dan? Dan krimpt het water in tot in *b*. Toch heeft het water niet kunnen verdampen, want de flesch was gesloten. Het is ingekrompen, en als ik het weder voorzichtig verwarm, dan rijst het weder in den hals der flesch, en als het zoo warm is dat het zal gaan koken, dan komt het weer tot aan de kurk.

Hetzelfde is met de vaste lichamen, vooral metalen, het geval, bijv. ijzer, koper, enz. Daarom maken de smids een ijzeren hoepel van een wiel eerst heet, voor zij hem om het hout slaan, want, wanneer de hoepel dan koud wordt, krimpt hij in, wordt nauwer, en knijpt dan het hout zoo stevig vast, dat het bijna met geene mogelijkheid weer los kan. De kuipers doen hetzelfde, om de hoepels goed om de tonnen te doen sluiten.

Nu begrijpt gij wel, dat, als de korst eerst vast wordt, en daarna inkrimpt, het niet anders kan of er moeten rimpels in komen, dat wil zeggen hoogten en laagten; dikwijls wordt een gedeelte, dat daardoor eene hoogte vormt, nog met vervaarlijke kracht naar boven opgeduwd; dergelijke hoogten van vroeger gesmolten steen treft men ook menigvuldig aan, bijv. de Alpen in Zwitserland; de Pyreneeën, tusschen Frankrijk en Spanje, een aantal bergketens in Europa, Azië, Afrika, kortom in alle werelddeelen, zijn daaruit ontstaan; men kan ze daardoor kennen, dat de enkele bergen niet dien kegelvorm hebben van de vulkanen op Java. Dit zijn dus wel vulkanische bergen, dat wil zeggen, bergen, waarvan de steenmassa afkomstig is uit het binnenste der aarde, dat vroeger gloeiend en gesmolten was; maar het zijn zelf geene vulkanen. Het zijn dikwijls zeer onregelmatige steenbrokken, die met een punt naar boven uitsteken, even alsof de korst der aarde gebarsten is en er een stuk uitgedrukt is. Zie bijv. deze plaat, (plaat IV,) voorstellende een berg, Cervino, in de Alpen. Gij ziet duidelijk, dat die geheele berg één stuk steen is. Hij is ten deele door sneeuw bedekt, zoo als de bergen in Zwitserland gewoonlijk zijn, en beneden ziet gij een dal, dat geheel met ijs

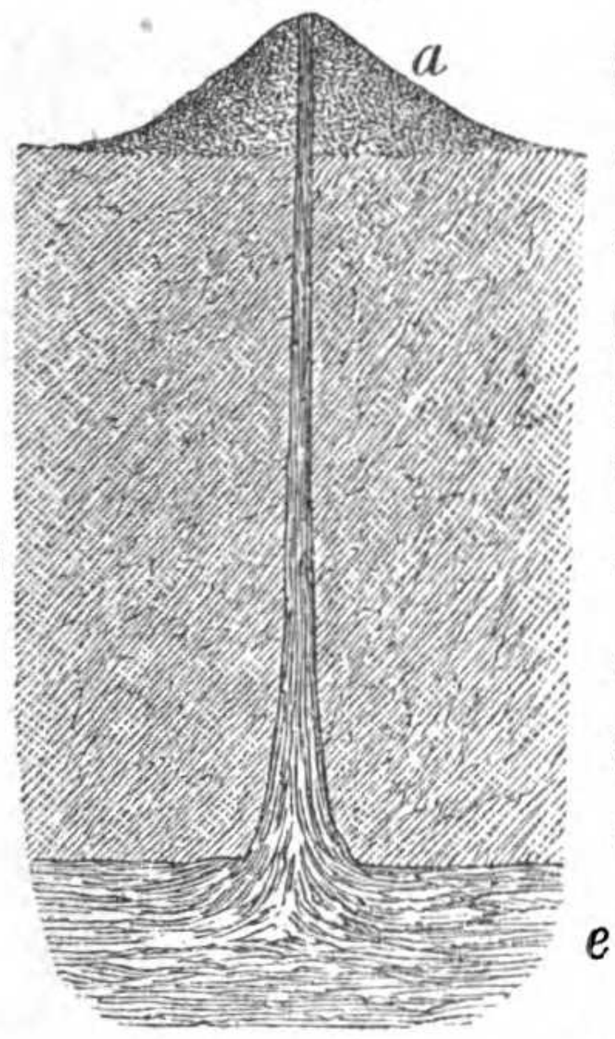
gevuld is. Zulk eene ijsmassa, die een dal vult, noemt men een *gletscher*.

Tot deze zelfde soort van opgeheven bergen behooren ook het Himalaya gebergte ten noorden van Hindostan. Op Java daarentegen is deze soort van bergen weinig aanwezig, daar zijn meer vulkanen of vuurbergen.

ABDULLAH. Maar hoe zijn die dan ontstaan?

DE HEER. Wel, door het aanhoudende bekoelen en inkrimpen van de aarde is het gloeiende en gesmolten gedeelte, dat men lava noemt, *e*, fig. 237, ook op enkele punten door de korst *b* doorgebroken, en de openingen, waardoor het doorbrak, hebben ook in later tijd die gloeiende lava doorgelaten. Daardoor heeft zich achtereenvolgens eene hoogte *a* gevormd en zulk eene hoogte is een vulkaan. Het is niet altijd dezelfde soort van steen, waaruit die lava bestaat, daar is ook nog verschil in.

Fig. 237.



ABDULLAH. Maar mijnheer, die vulkanen op Java bestaan toch niet uit zulke lava of steen, want op de meesten vindt men bosschen tot aan den top of tot bijna aan den top.

DE HEER. Ja, dat is wel waar. Een aantal bergen op Java, en bijna alle vulkanen op de overige eilanden in den Indischen Archipel zijn begroeid, zoo als de Pangerango, de Tjermai, de Ardjoeno, enz. Van den Slamat is alleen het bovenste gedeelte onbegroeid; men kan van Tagal af de grens zien, waar de boomen ophouden, de Javanen noemen die grens *Sangnjang kendît*. En indien de bergen meer kaal zijn, zoo als de Lawoe, dan komt dat, doordien de menschen de boomen, die er op groeiden, gekapt hebben, hetzij om het hout te gebruiken, hetzij om tuinen aan te leggen.

De aarde, die op die bergen ligt, is zeer vruchtbaar;

maar die aarde is geene klei, zoo als de grond te Batavia of Bandjermasin; zij is ontstaan, doordien de steen van den berg langzamerhand door den regen verweerd is. En die steen, waaruit bijna al de Javasche bergen geheel en al bestaan, verweert juist gemakkelijk. Het is die grijze steen, waaruit ook de grint bestaat, die op Java uit de rivieren gehaald wordt en waarmede de wegen bedekt worden. Dit zijn kleine stukjes van denzelfden steen, die in de rivieren van boven, dicht bij hare bronnen, tot beneden toe rollen, en daardoor afslijten en rond worden. Die steensoort heet *trachiet*, zij is niet zeer hard, kan licht vergruisd worden, — door de rijtuigen bijv. wordt de grint gemakkelijk fijn; — zij verweert ook licht. Eer nu door dat verweeren zulk eene dikke laag aarde gevormd wordt, dat er boomen op kunnen groeien, zijn zeker wel duizenden en misschien wel millioenen jaren noodig geweest, maar de Aarde is óók zeer oud. Haar ouderdom moet wellicht met millioenen van millioenen jaren geteld worden.

§ 128.

OVER DE UITBARSTINGEN DER VULKANEN EN OVER DE AARDBEVINGEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als nu zoo een berg eene uitbarsting heeft, komt dat dan ook weder doordat de korst der aarde inkrimpt?

DE HEER. Dat weet men niet met zekerheid. Er zijn een aantal geleerden geweest, die overtuigd waren, dat de geheele aardbol nog altijd van binnen gloeiend en gesmolten is, en dat, als de buitenkorst inkrimpt, de lava door de openingen der vulkanen naar buiten komt en dus, dan eens hier, dan eens daar, eene uitbarsting geeft. Maar hier is veel tegen te zeggen. Want waarom is zulk eene uitbarsting dan eens hier, dan eens daar? Waarom is het nu eens de berg van Ternate,

dan eens de Merapi, dan weder de Kloet? En zelden twee tegelijk? Er is dus werkelijk veel tegen te zeggen.

Ook moet ik u herinneren, dat ik u reeds gesproken heb over den teruggang der nachteveningen. Gij herinnert u, dat ik u heb medegedeeld dat de as der aarde draait even als een tol, alleen met dit onderscheid, dat in een tol de as in dezelfde richting als de tol zelve draait, en van de aarde de as het in tegenovergestelde richting doet. Ik heb u ook de verklaard, hoe dat verschijnsel kwam, namelijk door de aantrekking van zon en maan, en omdat de aarde niet kogelrond, maar afgeplat is. Ik heb u zelfs eene kleine berekening voorgedaan, waaruit blijkt, dat als men weet, in hoeveel tijd de knoopen der maan eens den geheelen zonsweg doorloopen, men ook berekenen kan, hoeveel de as der aarde zich jaarlijks verplaatst, en dus in hoeveel tijd zij hare volledige beweging maakt.

Maar bij die berekening heb ik aangenomen, dat de schil der aarde de kern moet medeslepen; hierbij nam ik dus aan, dat die kern vast was. Is die kern vloeibaar, dan zal zij natuurlijk niet medegesleept worden, en het verschijnsel wordt dus geheel anders. Gij hebt zeker wel eens gezien, hoe gemakkelijk het is, als een kippenei hard gekookt is, het met de vingers te laten tollen. Maar als het ei rauw is, dan is dit niet mogelijk; het valt dadelijk om. Ook omdat die beweging van de as der aarde even is, alsof de aarde vast is, daaruit heeft een Engelsch geleerde, met name Thompson, nu onlangs, afgeleid, dat de aardbol van binnen niet geheel vloeibaar is. Zij is het wellicht vroeger wel geweest, maar tegenwoordig is zij volgens hem stellig niet meer geheel vloeibaar, en men kan dus niet meer zeggen, dat de uitbarstingen der vulkanen daaruit voortkomen. Daarom kan echter de aarde altijd nog wel van binnen gloeiend heet zijn, en hier en daar gloeiend vloeibare plekken bezitten.

Er is nog eene zaak, die de reden dier uitbarstingen, en wellicht ook der aardbevingen zijn kan. Men heeft opgemerkt, dat de meeste vulkanen niet ver van de zee liggen. Ga maar

eens na. Java is een eiland en bezit 45 vulkanen; op Sumatra zijn er ook verscheidene, even zoo op Bali, Sumbawa en de Molukken. In Europa zijn slechts weinige vulkanen, op het vaste land alleen de Vesuvius bij Napels, vlak aan de zee; maar dan is er nog de Etna, op Sicilië, vlak aan zee; de vulkaan van Stromboli op het eiland Stromboli, één van de Liparische eilanden in de Middellandsche Zee; deze brandt altijd door, zoodat zijn top des nachts altijd verlicht is en op zee tot baak voor de schepen strekt. De Liparische eilanden zijn alle vulkanisch, en een er van heet ook Vulcano, dat wil zeggen: vuurberg. Op het eiland IJsland, dat nog tot Europa gerekend wordt, zijn ook verscheidene vulkanen, waarvan de Hekla de bekendste is. Al deze vulkanen zijn dus dicht bij de zee. De geheele bergrug, die door Noord- en Zuid-Amerika loopt, en waar verscheidene vulkanen in zijn, de zoogenaamde keten der Andes, ligt dicht bij de zee. Nu heeft men zich voorgesteld, dat als het zeewater, wellicht door spleten, kan doordringen tot binnen de harde korst der aarde, het dan in aanraking komt met zeer heete gedeelten, zoodat het tot stoom overgaat; dan krijgt die stoom zulk eene kracht, dat hij, door eenen of anderen krater, met geweld, hetzij gloeiende en gesmolten lava naar buiten werpt, als die op die plaats is, hetzij steenen, gloeiende en niet gloeiende; soms modder, dikwijls grof zand, ook dikwijls een fijn poeder, evenals asch. Daarna baant die stoom zich natuurlijk een uitweg. En op het oogenblik, dat die stoom het eerst ontstaat, kan het wel gebeuren, dat hij geen uitweg heeft, en als dat ontstaan dan plotseling gebeurt, doordat het water met de gloeiende lava in aanraking komt, moet er door de geweldige persing, die de stoom dan naar boven uitoefent, eene aardbeving ontstaan.

Maar ik moet u wel opmerkzaam maken, dat dit slechts eene onderstelling is. Niemand kan zoo diep in de aarde doordringen, dat hij van nabij beschouwt, wat daar gebeurt, als er eene uitbarsting van eene vulkaan of als er eene aardbeving is.

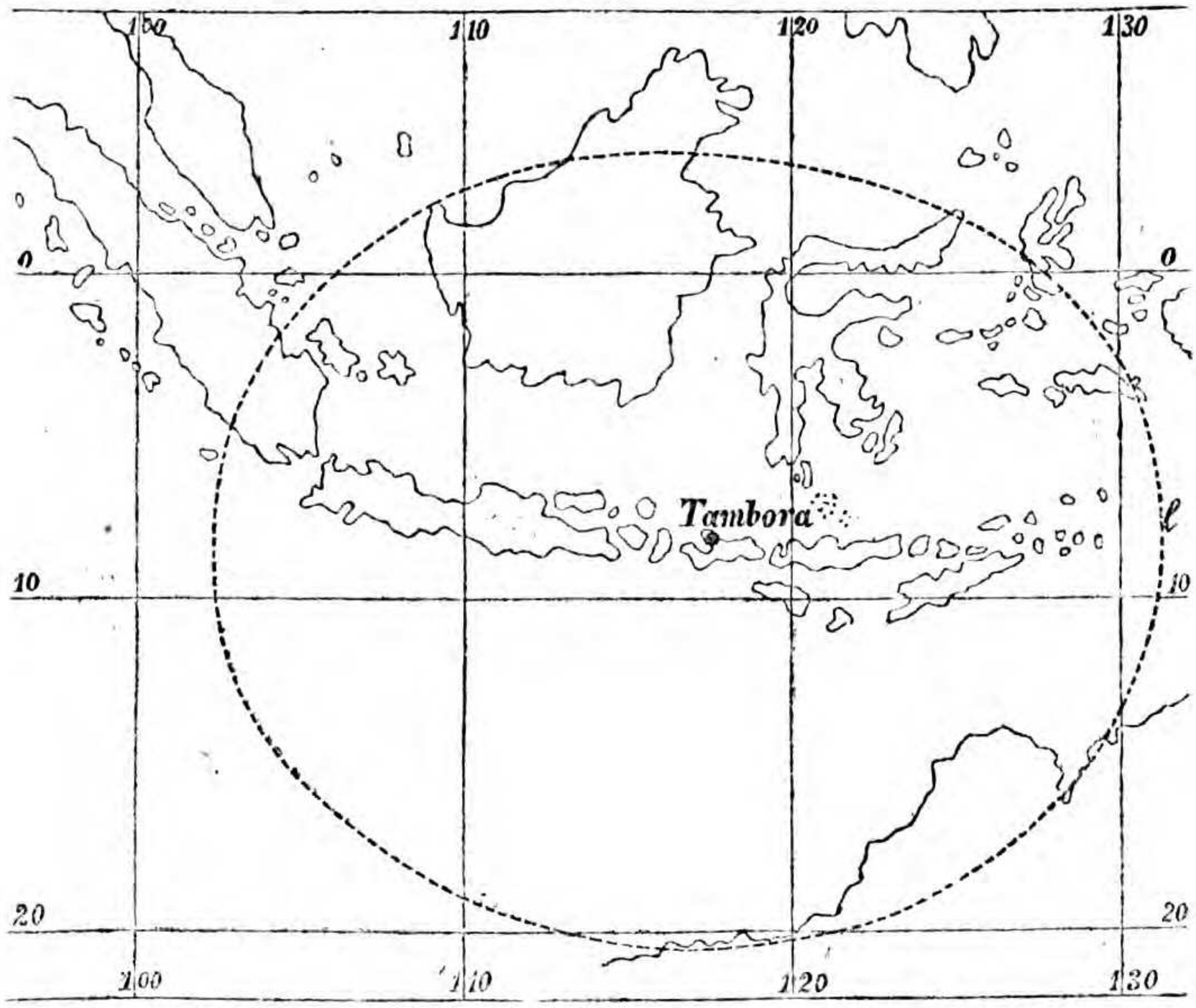
Ik moet u nog opmerken, dat op Java, al zoolang er men-

schen wonen, zeker zeer zelden eene uitbarsting geweest is, waarbij nog de gloeiende lava overstroomde en den berg afliep.

Alleen bij de uitbarsting van den Merapi, op den 27 Juli 1863, wordt vermeld, dat dit het geval geweest is. Bij de uitbarstingen van den Vesuvius gebeurt het telkens. Menigmaal is daar, bij eene uitbarsting, een stroom van gloeiende lava van den krater naar den voet van den berg gevloeid, die geheele dorpen verbrandde.

Op Java worden nog wel nu en dan, bij uitbarstingen, gloeiende steenen omhoog geworpen, maar meestal is er eene verschrikkelijke uitstorting van vulkanisch zand, of vulkanische asch, of anders ook wel van kokende modder. De hoeveelheid asch, die bij gelegenheid van zulk eene uitbarsting wordt uitgeworpen, kan soms verbazend zijn. Een van de vreeselijkste uitbarstingen, die ooit zijn waargenomen, is die geweest van den Tambora op het eiland Sumbawa, en had den 11 April 1815 plaats. Het geluid, dat de uitbarsting veroorzaakte, werd gehoord, zoo ver de kring zich uitstrekt, die in fig. 238 aangetoond is, en de

Fig. 238.



asch viel op Java, Celebes en het zuidelijk gedeelte van Sumatra; te Makasar viel, naar gemeld werd, de asch een voet hoog. Eene oppervlakkige berekening kan al aantoonen, dat er millioenen kilogrammen vulkanische asch moeten gevallen zijn, behalve millioenen kilogrammen puimsteen, waarmede het land in den omtrek van den berg 10, 20, ja 100 voet opgehoogd werd, en de zee in den omtrek van Sumbawa, na de uitbarsting, uren ver overdekt was.

Die zijn dus alle uitgestooten geworden, en er moet waarschijnlijk eene kolossale vorming van stoom of gas geweest zijn, om dat te kunnen doen, en dat kan zeer goed het geval zijn, als eene groote hoeveelheid water op eens in aanraking komt met gloeiende lava in het binnenste der aarde.

Maar ik herhaal het nogmaals: zekerheid bestaat daaromtrent niet.

---

§ 129.

OVER EBBE EN VLOED. BESCHRIJVING VAN HET VERSCHIJNSEL. HET STAAT IN VERBAND MET ZON EN MAAN.

Ik heb u vroeger al eens medegedeeld, dat de oppervlakte der aarde voor het grootste gedeelte door zee bedekt is, en dat dus slechts een betrekkelijk klein gedeelte, iets meer dan een vierde, als vast land boven de zee uitsteekt.

Die zee bestaat uit water, waarin op de 100 deelen ongeveer 3 deelen zout, en nog eenige andere bestanddeelen opgelost zijn. Zij moet ontstaan zijn, toen de aardbol zoover afgekoeld was, dat de vroegere dampkring, waarin veel waterdamp aanwezig was, dien waterdamp langzamerhand op den aardbol kon doen neerslaan. Er moeten dus destijds zoutdeelen op de oppervlakte geweest zijn, zoo als men nu ook nog wel

zout onder den grond vindt, en dat zout werd door het water opgenomen en zoo werd de zee gevormd.

Die zee is merkwaardig om de verschillende planten en dieren, die er in kunnen leven, waarvan de soorten (vooral van de dieren) niet te tellen zijn, maar die zee is ook zeer merkwaardig om het afwisselend rijzen en dalen der oppervlakte, dat van alle tijden her is opgemerkt; ik bedoel de *eb* en *vloed*.

Iedereen, die aan het zeestrand woont, weet wat eb en vloed is. Bij den vloed ziet men de zee rijzen, die dus de monden der rivieren binnendringt; bij de eb ziet men de zee dalen en dus weer uit de rivieren terugloopen. Bij vloed is dus bij de mondingen der rivieren de stroom landwaarts in gericht, bij eb zeewaarts. Men noemt den vloed ook wel *hoog water* en de eb *laag water*.

Als men op verschillende plaatsen nauwkeurig opteekent, wanneer het vloed en wanneer het eb is, dan ziet men, dat dit volstrekt niet gelijk is. Als het bijv. te Patjitan vloed is, dan is het niet gelijktijdig te Tjilatjap vloed; hoewel beide plaatsen aan de zuidkust van Java liggen, en als het te Soerabaja eb is, dan is het daarom niet op hetzelfde oogenblik te Batavia eb.

Let men goed op, hoe de eb en vloed elkander op dezelfde plaats afwisselen, dan is daarin ook nog verschil naar den tijd van het jaar. In den oostmoesson is het dikwijls anders dan in den westmoesson; het geregeldste wisselen eb en vloed af op plaatsen, die niet aan eene binnenzee, zoo als de Javazee, maar die aan of in den Oceaan gelegen zijn. Bijv. de plaatsen aan de westkust van Sumatra, die aan de Indische zee gelegen zijn; het eiland St. Helena, dat in den Atlantischen Oceaan ligt, of de Sandwich-eilanden, die in den Grooten Oceaan liggen, deze alle zijn zeer geschikt om te zien, hoe de eb en vloed in die groote zeeën afwisselen.

Woont men dan op zulk eene plaats, en let men dan op de hoogte der zee, dan ziet men, dat die tweemaal op een dag hoog en tweemaal op een dag laag is.

Teekent men nu elken dag op, te hoe laat de zee het hoogst,

en te hoe laat zij het laagst is, dan ziet men, dat dit alle dag bijna een uur *later* plaats heeft, dan den vorigen dag.

Als men verder oplet, te hoe laat de maan opkomt, en te hoe laat zij ondergaat, dan kan men het oogenblik zoeken, dat juist tusschen deze twee tijdstippen in ligt. Dat is dan, op weinig na, het oogenblik, dat de maan zoo hoog mogelijk staat, of, als gij u herinnert, wat ik u vroeger heb medegedeeld, dat de maan den meridiaan van het zenith doorgaat. Men noemt dat tijdstip dan ook het oogenblik van den *meridiaansdoorgang* der maan.

Als men die aanteekeningen nu dagelijks doet, dan ziet men, dat de vloed altijd nagenoeg even lang komt na het oogenblik van den meridiaansdoorgang der maan; en men komt dus tot het besluit, dat de vloed en eb een verschijnsel is, dat in eenig verband moet staan met de maan.

Wil men nu nog verder opletten, hoe *hoog* de zee bij den vloed komt, en hoe *laag* zij bij de eb daalt, dan moet men eene plank of lat in het water zetten, die verdeeld is bijv. in meters, decimeters en centimeters, en die goed vastgemaakt is. Dan ziet men dat de vloed het hoogst en de eb het laagst komt, als het nieuwe of volle maan is, of somtijds één of twee dagen later. Men noemt het verschil der hoogte van het water tusschen vloed en eb, het *verval*. Er is dus bij nieuwe of volle maan het grootste verval; daarentegen vindt men het kleinste verval als het eerste of laatste kwartier is.

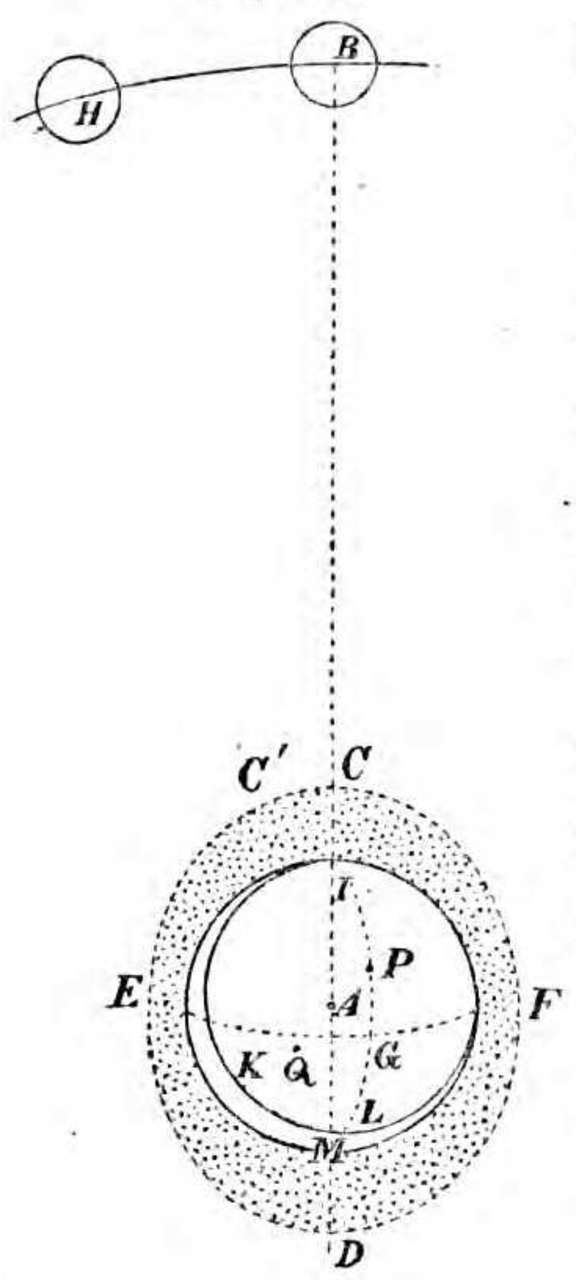
Nu is de volle maan niets anders dan de stand van de maan *tegenover* de zon; en de nieuwe maan beteekent de maan, als zij *bij* de zon staat, en de kwartieren hebben plaats als de maan tusschen deze beide standen in staat; let men nu op hetgeen ik u gezegd heb, dan komt men tot het besluit, dat de zon ook invloed heeft op de eb en vloed; dat de werking der maan door die der zon bij volle en nieuwe maan versterkt, en bij eerste en laatste kwartier verzwakt wordt.

§ 130.

VERKLARING VAN DE EB EN VLOED, VEROORZAAKT DOOR DE MAAN.

Zie hier nu, welke verklaring daarvoor gegeven kan worden.

Fig. 239.



Stel eens dat de aarde A, fig. 239, geheel overdekt ware met eene zee, en dat op eenigen afstand zich bevindt de maan B. Laten wij eerst eens aannemen, dat de aarde niet om hare as wentelt. Wat zou dan het gevolg zijn van die nabijheid? De maan wordt door de aarde aangetrokken, maar trekt de aarde op hare beurt ook aan. Als nu alle deelen der aarde door de maan even sterk werden aangetrokken, dan zou hiervan op de oppervlakte der aarde niet het minst gemerkt worden, de zee zou dus geheel in rust, en overal even hoog op de aarde blijven.

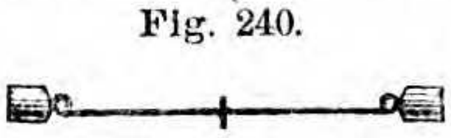
Maar wij weten dat de grootte der aantrekking afhangt van den afstand der twee lichamen. Zij in genoemde figuur $D\ E\ C\ F$ de zee, die de aarde bedekt. Het gedeelte C, dat het dichtst bij de maan is, wordt het sterkst aangetrokken, sterker dan het middelpunt, de gedeelten E en F, die even ver als het middelpunt A van de maan afstaan, worden even sterk aangetrokken als dat middelpunt, en het gedeelte D, dat het verst van de maan staat, wordt het minst sterk aangetrokken. Wat zou nu het gevolg zijn? Nu zou de zee niet meer even hoog blijven staan op de vaste kern der aarde, maar zij zou zich bij C aan de zijde der maan ophoopen. Daar zou de zee dus het hoogst staan, daar zou het *hoog water* of *vloed* zijn. En doordien de aardbol zelf, waarvan het middelpunt in A is, in het algemeen sterker door de maan aangetrokken wordt dan het gedeelte D,

nadert de geheele aarde de maan meer dan het gedeelte *D*, hetgeen op hetzelfde neerkomt, alsof het gedeelte *D* zich een weinig van de maan verwijderde. Daardoor zou dus op de oppervlakte der aarde zelf de zee in *D* ook hooger staan en daar zou het ook vloed zijn. Doordien nu de zee naar *C* en *D* getrokken wordt, zou zij in *E* en *F* natuurlijk iets lager dan anders zijn, en daar zou het dus *laag water* of *ebbe* zijn; maar niet alleen op de beide punten *E* en *F*, maar over den geheelen kring *E G F*.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat begrijp ik niet goed. U zegt, dat de aarde door de maan sterker wordt aangetrokken dan het gedeelte *D*; dat is ook zoo, maar de aarde volgt toch die aantrekking niet, en ik kan maar niet begrijpen, hoe aan de overzijde der maan, in *D*, hoog water komen moet.

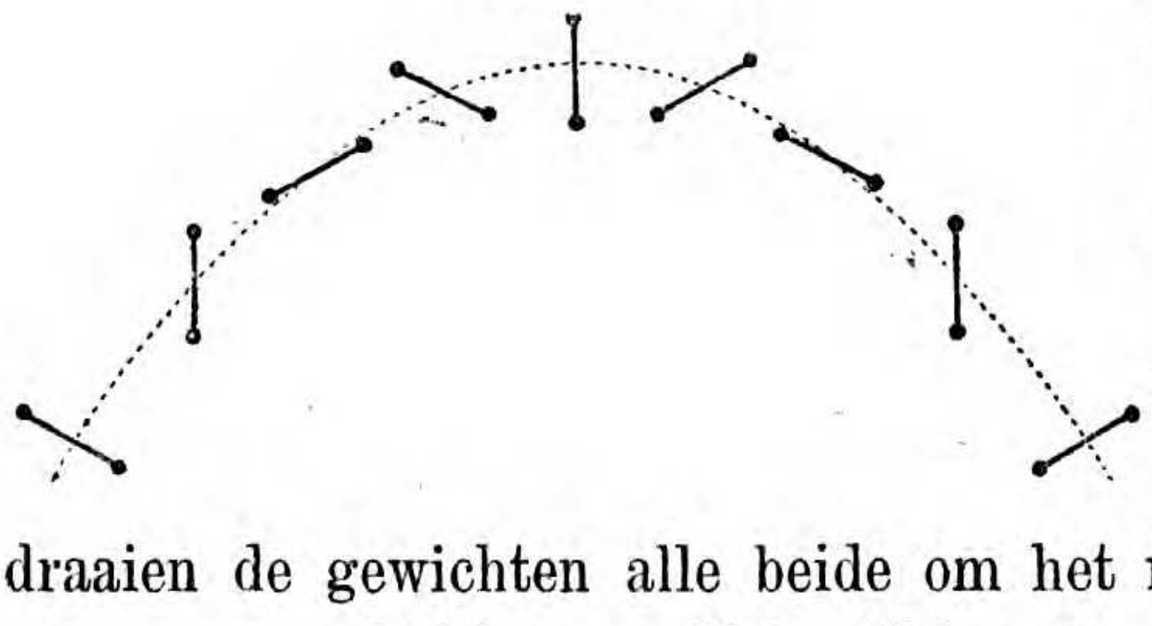
DE HEER. Wel, ik moet u vooreerst zeggen dat gij het mis hebt, als gij denkt, dat de aarde de aantrekking der maan niet volgt. Dat doet de aarde even goed, als dat de maan de aantrekking der aarde volgt. Ik heb hier

Fig. 240.



(fig. 240) een eindje touw en twee gewichten, die even zwaar zijn, bijv. twee hectogrammen of nederlandsche onsen, en ik bind aan elk einde van dat touw één van die gewichten. Nu slinger ik het touw met de beide gewichten in de hoogte, let nu eens op, wat er gebeurt, fig. 241.

Fig. 241.



ABDULLAH. Hé, nu draaien de gewichten alle beide om het midden van het touw.

DE HEER. Juist zoo. Het midden van het touw volgt nu in de lucht den weg, dien een enkele steen volgen zou, als hij schuin opgeworpen werd; en de beide gewichten slingeren om dat midden heen.

Hetzelfde zou nu ook plaats hebben als de maan even zwaar was als de aarde. De aarde met de maan loopen te zamen in

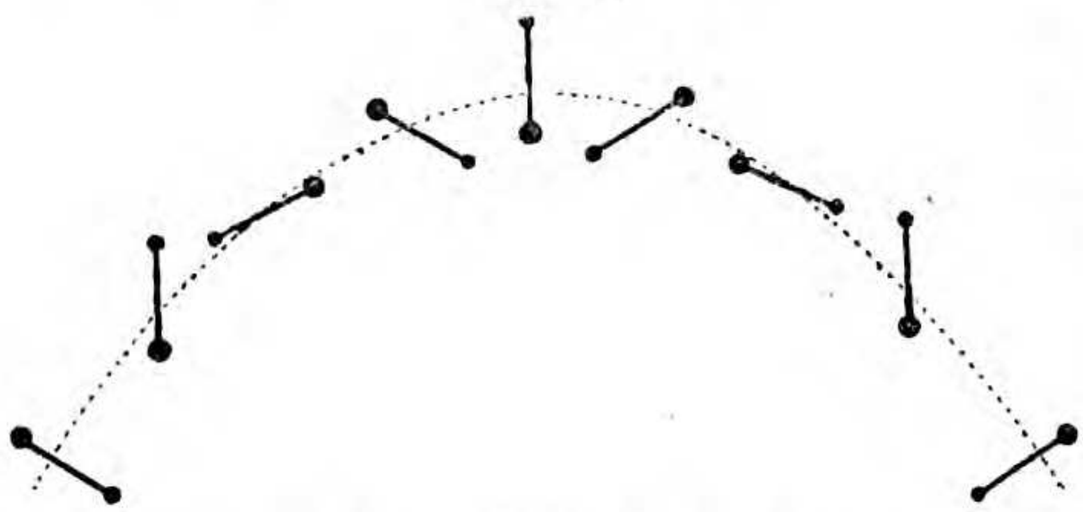
een jaar om de zon; maar indien nu de maan even zwaar was als de aarde, dan zou het midden tusschen beide zich langs de baan bewegen, die wij nu de aardbaan noemen, maar de aarde en maan zouden aan weerszijden om dat midden ieder een kring beschrijven.

Maar nu is de aarde een aantal malen zwaarder dan de maan, de sterrekundigen hebben gevonden ongeveer 81 maal. Om nu te begrijpen wat er nu gebeurt, zal ik eens aan datzelfde touw van zooeven ongelijke gewichten binden, namelijk aan het ééne eind twee hectogrammen, en aan het andere eind één hectogram, (fig. 242), en als wij nu het eene eind in de hand houden, en het geheel in de lucht slingeren, wat gebeurt er dan? Let nu eens goed op (fig. 243).

Fig. 242.



Fig. 243.



ABDULLAH. Wel, alle beide de gewichten draaien nog wel om, maar het schijnt dat het groote gewicht een kleineren kring doorloopt dan het kleine.

DE HEER. Juist zoo. In dit geval ligt het punt van het touw, dat de juiste baan volgt, die anders een enkele steen gevolgd zou hebben, twee maal dichter bij het groote gewicht dan bij het kleine. Als gij dus het geheele touw in drie deelen verdeelt, ligt het punt, dat de baan volgt, die anders een steen zou gevolgd hebben, op $\frac{1}{3}$ van het dubbele hectogram en op $\frac{2}{3}$ van het enkele hectogram; zie fig. 242. Hier is *A* het dubbele, *B* het enkele hectogram, en *C* het punt waarvan wij spreken.

Dat punt *C* is een merkwaardig punt. Stel eens, dat *A* en *B*, in plaats van met een touw, met een dun stokje verbonden waren, dat zelf zoo goed als niets woog, dan zou, als ik het punt *C* ondersteunde, geen van beide gewichten naar beneden willen gaan. Het is even als in eene unster (datjing), waar aan de kortere zijde hetgeen gewogen wordt, aan de langere

zijde het gewicht wordt aangebracht. Men noemt nu het punt *C* het *gemeenschappelijk zwaartepunt* van de beide gewichten; en de plaats, waar dit ligt, zal u nu wel duidelijk zijn.

De aarde nu is 81 maal zwaarder dan de maan. Als wij in onze gedachte (fig. 244) den afstand tusschen de middelpunten der aarde en der maan, *A* en *B*, verdeelen in 82 deelen, en als *A C* een van die deelen is, dan is *C* het gemeenschappelijk zwaartepunt van de aarde en de maan. Dit punt is het nu, dat langs eene ellips om de zon loopt, en de aarde loopt elke maand om dat punt *C* in een zeer klein kringetje, tengevolge van de aantrekking der maan, even als de maan om datzelfde punt *C* en in denzelfden tijd een grooten kring beschrijft, ten gevolge van de aantrekking der aarde.

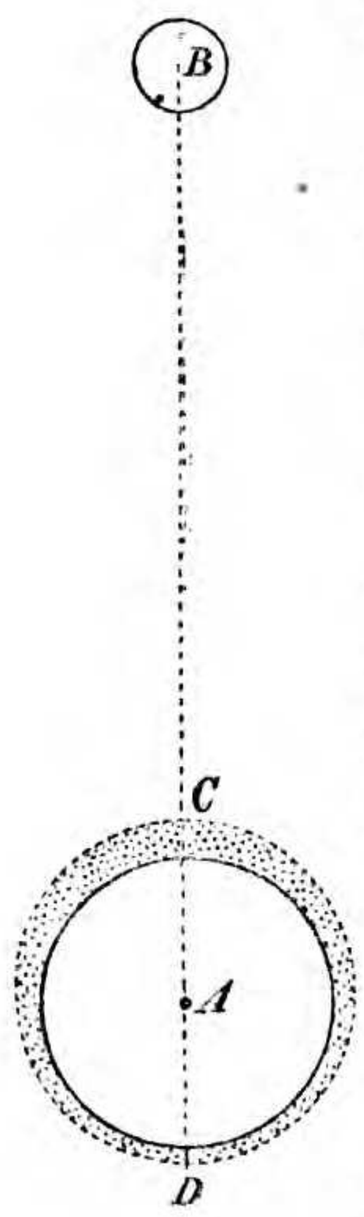
Fig. 244.



Wij kunnen daar nu niets van merken, voor ons is het even alsof de maan om de aarde draait; en men kan dit ook wel aannemen. Maar ik moet u nu toch uitleggen, hoe het werkelijk is, opdat gij zoudt zien, dat de aarde toch wel degelijk aan de aantrekking van de maan gehoorzaamt.

Nu zeidet gij ook, dat gij maar niet begrijpen kondet, hoe aan de overzijde der maan, in *D*, hoog water komen moet. Gij zoudt volkomen gelijk hebben, als de aarde vast op hare plaats bleef, en de maan alleen het water aantrok. Stel bijv. eens, dat de aarde door de eene of andere reden teruggehouden werd, dan zou, zie fig. 245, het water aan de zijde der maan zich ophoopen en dus hooger gaan staan; van de tegenovergestelde zijde zou het water wegvloeien, en daar zou het dus laag gaan staan. Zelfs zou de vloed dan veel hooger zijn dan nu, want dan zou de aantrekking der maan zelve werken, terwijl, zoo als ik gezegd heb, in de werkelijkheid de eb en vloed komt van het *verschil in aantrekking* der maan op C en op *A*, en ook van het verschil in

Fig. 245.



aantrekking der maan op *A* en op *D*. En nu zult gij zeker wel begrijpen, dat in *C* de zee meer naar de maan nadert dan de geheele aarde, dus daar zal rijzen, en dat in *D* de zee niet zoo sterk naar de maan zal naderen, als de geheele aarde, dus zich daar van de maan zal verwijderen, d. i. daar *insgelijks* zal rijzen, zoo als in fig. 239 is geteekend.

Maar nu moeten wij bedenken, dat de aarde om eene as draait. Als het water onmiddellijk kon gehoorzamen aan de aantrekkingskracht der maan, dan zou het altijd hoog water zijn aan de zijde der maan en aan den tegenovergestelden kant, en dus laag water, als de plaats, die wij beschouwen, in *E* of *F* is, dat wil zeggen, als de maan er ondergaat of opkomt. Maar er is natuurlijk tijd voor noodig, eer dat de vloed beginnen en eer hij verder tot zijne grootste hoogte komen kan, en als het water dan eens aan het rijzen is, dan houdt het zoo spoedig niet op, al houdt de oorzaak op, waarom het rijst; het duurt dan nog eenigen tijd, eer het water gaat zakken.

Nog een ander beletsel bestaat er voor de vrije beweging der zee, en wel het vaste land, waarmede de aarde bedekt is. Dat maakt dat de zee gedwongen wordt, een geheel anderen loop te nemen, dan zij anders wel nemen zou. Terwijl de vloed zich natuurlijk van het Oosten naar het Westen beweegt, is de zee door het bestaan van het vaste land en de eilanden wel eens gedwongen van het Zuiden naar het Noorden te gaan, ja soms wel eens van het Westen naar het Oosten, zoo als in het Kanaal tusschen Engeland en Frankrijk.

Het gevolg van deze beide oorzaken is nu, dat er wel, op elke plaats, die aan den open oceaan gelegen is, eene afwisseling plaats heeft van eb en vloed, maar dat lang niet meer de vloed plaats heeft als de maan zoo hoog mogelijk boven en zoo laag mogelijk onder den horizon is, en de eb ook niet als de maan opkomt en ondergaat. Voor dezelfde plaats nogtans, komt de vloed, op weinig na, altijd even veel uren na den meridiaans-doorgang der maan.

Onze vorige teekening (fig. 239) kan dus blijven, maar gij moet er alleen om denken, dat als in *C* vloed is, de maan dan

wellicht niet in B, maar ergens anders staan kan. Stellen wij nu, dat de noordpool boven het vlak van het papier in P ligt, dan ligt de zuidpool onder het papier in Q, de as $P\ A\ Q$ snijdt de vlakte van het papier in A, en staat schuin op die vlakte. Nu draait de aarde om die as, in de richting van C naar E, en als nu de Indische Archipel aan de zijde van C is, dan is daar vloed, maar na 6 uur is die Archipel in E; dan is er dus ebbe, na weder 6 uur is zij dicht bij D, dan is het er weer vloed, en na 6 uur is zij in F, dan is het weer ebbe.

Als nu de maan in dien dag stil was blijven staan, dan zou, na weder 6 uur, die Archipel, weer in C komende, vloed hebben, en het hoogste water zou dan ook 24 uur na het voorlaatste hoogste water moeten plaats hebben.

Maar na een dag is de maan gevorderd van B tot in H, het hoogste water zal dus den volgenden dag niet in C zijn, maar in C'; die 24 uur worden dus verlengd totdat de Indische Archipel in dat punt C' komt, dat is: het duurt in plaats van 24 uur, 24 uur en 50 minuten nagenoeg. En in plaats van 6 uur, het vierde van 24 uur, moet gij dus ook aannemen 6 uur $12\frac{1}{2}$ minuut, het vierde van 24 uur en 50 minuten.

Nu gaat die Indische Archipel in de richting van het pijltje den vloed tegemoet, en daarom schijnt die vloed altijd te komen in de richting, tegengesteld aan het pijltje, dat is: van het Oosten naar het Westen. Patjitan heeft dus eerder vloed dan Tjilatjap, Tjilatjap eerder dan de Wijnkoopsbaai, Java eerder dan Ceilon.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe hoog is zoo een vloed dan wel en zijn die vloeden bij C en D nu even hoog?

DE HEER. Ik moet u eerst herinneren, dat ik vooronderstelde heb, dat de aarde bestond uit een vasten bol, geheel gedekt met eene zee. Maar dat is zoo niet. Het land komt voor een groot gedeelte boven aan de oppervlakte; de vloed, die dus zich van het Oosten naar het Westen over de oppervlakte van den aardbol moet bewegen, treft overal veel hindernissen aan. In binnenzeeën kan de vloed maar komen door de openingen,

die tusschen het land in zijn ; bijv. in de Java-Zee komt de vloed van vier zeeën, door vier openingen: 1° van de Banda-zee door de tusschenruimte tusschen Makasar en Sumbawa, 2° van de zee benoorden Borneo en Celebes, door de straat van Makasar, 3° van de Chineesche zee door de Karimata-passage, de Gaspar-straten en de straat van Banka, 4° van den Indischen Oceaan door straat Soenda. In zulke binnenzeeën is het verval altijd minder dan in de open zee, en de vloed komt er dikwijls uren na den vloed in de opene zee. In den vollen Oceaan is de vloed meestal één of anderhalve meters boven, en de eb evenzooveel beneden den gemiddelden stand van het water, zoodat er dan een verval is van twee tot drie meters. In binnenzeeën is het verval geringer; in de Middellandsche zee kan het water van den Oceaan slechts in en uit door de straat van Gibraltar, daar is het verval zeer gering; in de Zwarte en Kaspische zee bestaat in 't geheel geen eb en vloed. Maar aan 't eind van inhammen of golven, kan het vloedwater, dat aankomt, niet weg-vloeien, en daardoor komt daar dikwijls een vloed, die zelfs eenige meters hoog is. Dit is bijv. het geval in de bocht van St. Malo aan de Fransche kust van het Kanaal, waar de vloed somtijds 16 meters hoog is, te Bristol in Engeland, enz.

---

§ 131.

EB EN VLOED, VEROORZAAKT DOOR DE ZON.

Even als nu de maan zulk een eb en vloed veroorzaakt, evenzoo moet de zon het ook doen. Maar omtrent de werking van de zon geldt hetzelfde, wat wij vroeger bij den achteruitgang der nachteveningen gezien hebben, namelijk dat de werking der zon om de eene reden zwakker, om de andere reden sterker moet zijn dan die der maan; zwakker, omdat de afstand der zon 385 maal grooter is dan die der maan; en sterker, omdat zij 57 000 000 maal meer weegt dan de maan. De redeneering is hier juist

dezelfde als daar. En gij herinnert u, dat wij toen gevonden hebben, dat de werking der maan 2,2 maal grooter moet zijn dan die der zon.

Wat gebeurt er nu? zon en maan geven alle beide een vloed en eene ebbe. Maar die van de maan zal 2,2 maal grooter zijn dan die van de zon. De vloed, dien de maan veroorzaakt, zal eenige uren komen na den meridiaansdoorgang der maan, en nog eens 12 uur en 25 minuten later. De vloed, dien de zon veroorzaakt, zal even zoo vele uren komen na den meridiaansdoorgang der zon en nog eens 12 uur later, dat wil zeggen even zoo vele uren na den middag en na middernacht.

Nu kan het gebeuren, dat de maan op den middag door den meridiaan gaat; dit gebeurt namelijk met nieuwe maan. Het kan ook gebeuren, dat de maan te middernacht door den meridiaan gaat, dit gebeurt met volle maan. In beide deze gevallen zal de vloed, dien de zon veroorzaakt, tegelijkertijd plaats hebben met den vloed, dien de maan veroorzaakt; dan is er een vloed, dien men in het nederlandsch *spring-vloed* noemt; de eb heet dan *spring-eb.*

Is het eerste kwartier, dan komt de maan te 6 uur des namiddags door den meridiaan, dus 6 uur na de zon. De vloed, dien de maan veroorzaakt, valt nu zamen met de eb, die de zon veroorzaakt; terwijl de zee dus wil rijzen door de werking der maan, wil zij dalen door de werking der zon. Maar de werking der maan is het sterkst, dus de vloed, dien de maan veroorzaakt, blijft de overhand behouden, maar is dan niet zoo hoog. Volkomen hetzelfde heeft plaats bij het laatste kwartier, dan gaat de maan te 6 uur des morgens door den meridiaan, en dan valt evenzoo de vloed, dien de maan te weeg brengt, te zamen met de eb, die de zon veroorzaakt. Men noemt vloed en eb te zamen ook wel de *tijen* of *getijen*, (enkelvoudig: *tij* of *getij*) en dus spring-vloed en spring-eb *spring-tij*, en als nu bij het eerste of laatste kwartier de vloed en eb zoo gering mogelijk is, dan noemt men ze *doode tijen.*

Nu kunt gij zelf wel nagaan, hoe de verhouding ten naasten

bij zijn moet van de springtijen en de doode tijen. Bij de springtijen heeft men:

werking van de maan	2,2
werking van de zon	1,0
Dus bij springtijen de som	3,2,
en bij de doode tijen het verschil	1,2.

Nu is 3,2 $2\frac{2}{3}$ maal grooter dan 1,2; en de springtijen zullen ook $2\frac{2}{3}$ maal hooger zijn dan de doode tijen, zoo als ook nagenoeg gevonden wordt.

---

§ 132.

OVER DE AFWIJKINGEN VAN DEZE REGELS EN HARE OORZAKEN.

ABDULLAH. Mijnheer, u hebt mij laatst uitgelegd, hoe het hoog en laag water ontstaat, en als ik wel onthouden heb, hebt u mij medegedeeld, dat er in 24 uur en 50 minuten twee keer hoog water en twee keer laag water moet zijn, maar ik sprak onlangs een nachoda, die mij vertelde, dat dat wel eens anders is, en dat men in de Java-Zee vele plaatsen heeft, waar somtijds maar ééns op een dag hoog water is.

DE HEER. Gij moet u herinneren, dat ik u heb uitgelegd, hoe de eb en vloed zijn zouden, als de aardbol een bol was van vasten grond, die geheel en al door eene zee even hoog bedekt was. Als dat het geval was, dan zouden het hooge en lage water elkander geregeld afwisselen, volgens de regels, die ik u verklaard heb. Maar wij hebben op de oppervlakte der aarde het land en het water. De zee kan zich dus niet vrijelijk bewegen, maar stuit, als de vloed zich van het Oosten naar het Westen beweegt, tegen de oostkust van Afrika, tegen de oostkust van Amerika, tegen de oostkust van Australië en tegen

de oostkust van Azië. Als het de tijd is voor vloed in den Atlantischen Oceaan, dan moet het water daarvoor komen van het Zuiden, waar de Oceaan open is, en omdat de vloed van het Oosten komt, van het Zuidoosten, van den kant der Kaap de Goede Hoop. Nu kan het water onmogelijk overal in den Atlantischen Oceaan tegelijk rijzen, het spreekt dus van zelf, dat de plaatsen, die dichter bij de Kaap de Goede Hoop liggen, den vloed het eerst krijgen. Die vloed is dan eene soort van golf, die zich in den Oceaan voortbeweegt. Men noemt hem dan ook de *vloedgolf*. Nu duurt het natuurlijk eenige uren eer die vloedgolf bijv. aan de Kaap-Verdische eilanden is, en weder eenige uren eer zij Spanje bereikt, en nog eenige uren eer zij door het Kanaal heen tot Nederland komt. Op Plaat V kunt gij zien, hoe de vloedgolven zich bewegen. De witte lijnen toonen de plaatsen aan, die gelijktijdig vloed hebben, en de cijfers, die er bij staan, beteekenen uren. Hierbij is de XII eigenlijk van evenveel beteekenis als de 0. Gij ziet dat eene lijn, waar die XII staat, bezuiden de kaap de Goede Hoop, langs het eiland Réunion en de zuidpunt van Hindostan (kaap Comorin) loopt, en verder op de kaart bij de noordpunt van Sumatra, Atjeh, ophoudt. Al deze plaatsen hebben gelijktijdig den vloed. Maar als het te Réunion middag is, dan is het 1^u 40^m aan kaap Comorin en 2^u 40^m te Atjeh. Hoewel dus die plaatsen te gelijkertijd vloed hebben, is het toch niet op al die plaatsen even laat. Ook de hoogte van den vloed verschilt op zulke plaatsen. Gij ziet uit dit kaartje ook, dat er ook niet slechts twee toppen van de vloedgolf zijn, die tegen elkander over staan, zoo als uit de vorige uitlegging en fig. 239 volgen zou. Want volg maar eens de vloedlijnen. Het eiland bezuiden Australië heet van Diemen 's Land, daar ziet gij eene lijn met het cijfer XII. Stel nu dat daar vloed is, en wanneer gij nu de lijnen westwaarts daarvan beziet, dan vindt gij eerst de lijn I, dan II, dan III, dan IV, dan V, en dan VI. Hier is het nu eb of laag water. Verder gaande, vindt gij weder na 6 lijnen de lijn XII, die langs het

eiland Réunion en kaap Comorin loopt, daar is het weer vloed, verder vindt gij eene lijn VI, loopende van de kust van Brazilië in Zuid-Amerika naar de kust van Guinea in Afrika, hier is het dus weder laag water. Van kaap Verd naar het Noord-Westen loopt eene lijn XII, waar het dus weer hoog water is, enz. Gij ziet ook uit deze teekening wel, dat de snelheid der vloedgolf zeer ongelijk is; de nabijheid van het land wijzigt die snelheid aanzienlijk. Maar vooral de diepte der zee heeft veel invloed op de snelheid, waarmede de vloedgolf voortgaat. Is de zee diep, zooals meestal in den Oceaan, dan kan de vloedgolf zeer snel voortgaan. Is de zee daarentegen ondiep, zooals tusschen Nieuw-Holland en Nieuw-Guinea, en ook in de Java-Zee, dan zal de vloedgolf zeer langzaam voortgaan, en daarom ziet gij ook op dit kaartje de witte lijnen op die plaatsen dichter bij elkaar. In de Java-Zee ziet gij geene lijnen, omdat het nog niet bekend is hoe de vloedgolf daar loopt. Uit dit alles zult gij van zelf wel begrijpen, dat de vloed op verschillende plaatsen zeer verschillend zijn moet; ten eerste dat hij niet overal op hetzelfde uur van den dag kan komen, ten tweede dat de zee niet overal even hoog stijgen zal.

ABDULLAH. Maar mijnheer, is er dan toch altijd tweemaal hoog water en tweemaal laag water per dag?

DE HEER. In de opene zee altijd, daar is geen twijfelen aan, en ook op alle plaatsen, die aan den Oceaan liggen. Maar op andere plaatsen, die in binnenzeeën liggen, zooals de noordkust van Java, daar kan het verschijnsel wel eens anders worden.

Want, zoo als ik al vroeger gezegd heb, daar komt de vloed van meer dan ééne zijde aan.

Er is nog iets anders, waar gij op letten moet. Ik heb u wel medegedeeld, dat er tweemaal in 24^u 50^m hoog water en tweemaal laag water is, maar het is daarom nog niet gezegd, dat die beide hooge waters even hoog, en die beide lage waters even laag zijn.

Dit zult gij wel begrijpen, als gij fig. 239 nog eens beziet. Wij hebben aangenomen, dat P de pool der aarde voorstelde.

Het vlak van het papier kan dan het vlak van de loopbaan der maan voorstellen. Stel nu dat *I* eene plaats is midden in den Oceaan gelegen, die zich juist in het hooge water *C* bevindt, dan zal die plaats na 12^u 25^m zich ergens in *L* bevinden, wel aan de zijde van *M*, maar niet in *M*. Het punt *L* ligt dichter bij *E G F* dan *M*, en de vloed is dus in *L* lang zoo hoog niet als in *M*.

Gij ziet dus dat de beide hooge waters lang niet in één etmaal even hoog moeten zijn; hier kan verschil in bestaan.

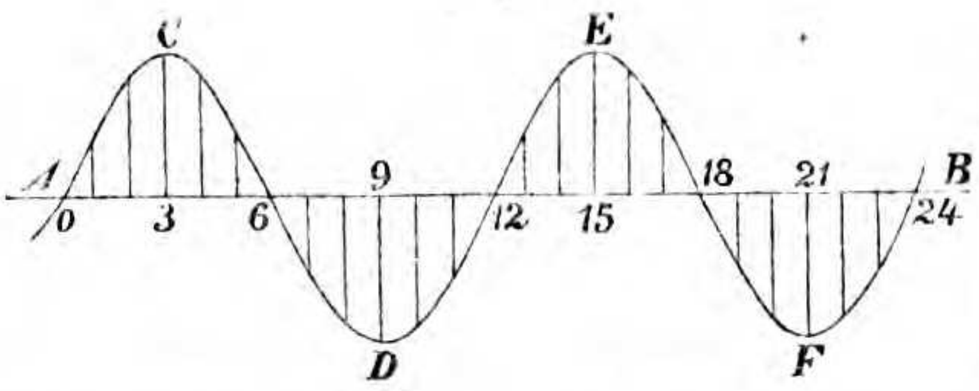
---

§ 133.

VOORSTELLING VAN DIE AFWIJKINGEN.

Eene gemakkelijke manier, om den gang van hoog en laag water voor te stellen, is de volgende.

(Fig. 246.)

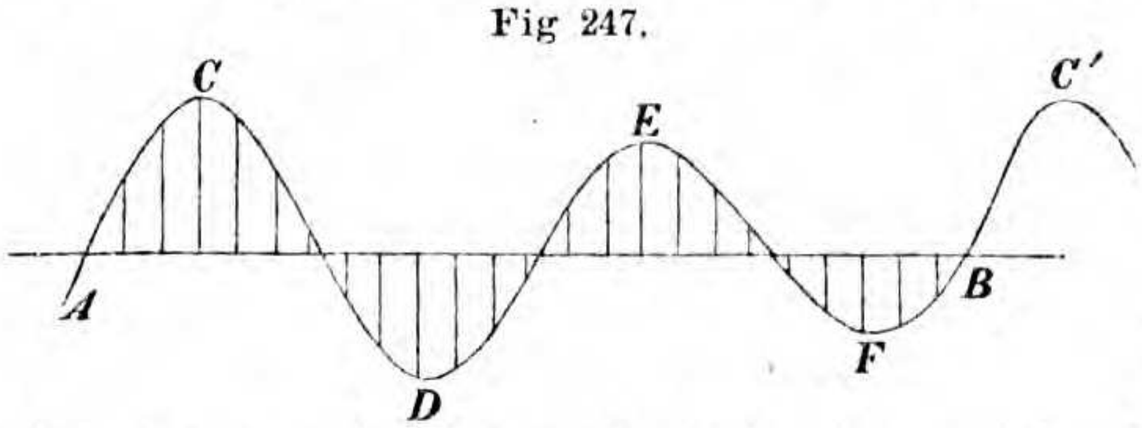


Men neme, zie fig. 246, op eene lijn *A B* 24 gelijke deelen. Die geheele lijn stelt voor het tijdverloop van 24 uur 50 minuten of de tijdruimte tusschen een maansdoorgang en den daarop volgenden, of ook wel tusschen één hoog water en het, op één na, daarop volgende. Wij zullen zulk een tijdvak van 24 uur 50 minuten een maansdag noemen, dus $\frac{1}{24}$ daarvan, of 1 uur 2 minuten ruim, een maansuur. Nu richt men op al die 24 punten loodlijnen op, en maakt die zooveel millimeters of andere eenheden lang, als het water op elk maansuur hooger of lager dan de gemiddelde stand is; is het hooger, dan neme men de loodlijnen boven, is het lager, dan onder de lijn.

Als nu het getij geheel regelmatig is, dan verkrijgen wij eene figuur als fig. 246. Hier is het hoog water te 3 uur en

15 uur, en laag water te 9 en te 21 uur, (altijd maansuren), en de hooge waters zijn even hoog en de lage waters even laag.

Fig 247.



Maar bezie nu eens de volgende figuur fig. 247. Deze stelt nu den loop van een getij voor, als het niet zoo geheel regelmatig is; niet alleen dat er dan een verschil komt in de hoogte van de beide hooge en van de beide lage waters, maar de hooge en lage waters volgen niet juist in $\frac{1}{4}$ maansdag op elkander. Het eerste hooge water in *C* is hooger dan het tweede hooge water in *E*, en het lage water in *D* is lager dan het lage water in *F*. Maar dan volgt later weer een hooge vloed in *C′*, en zoo wisselt het af. De Maleiers noemen in zulke gevallen den hoogen vloed *pasang mâh*, den lagen vloed *pasang anak*.

---

§ 134.

HOE DE HOOGE WATERS BIJ ELKANDER GETELD KUNNEN WORDEN.

Nu is er in de golven van het water eene merkwaardigheid op te merken, die gij misschien zelf wel eens gezien hebt, zonder er op te letten.

Als gij een steentje in een water, bijv. een vijver, gooit, dan hebt gij wel eens gezien, dat er ronde golfjes ontstaan, die tot middelpunt hebben de plaats, waar het steentje in het water gevallen is.

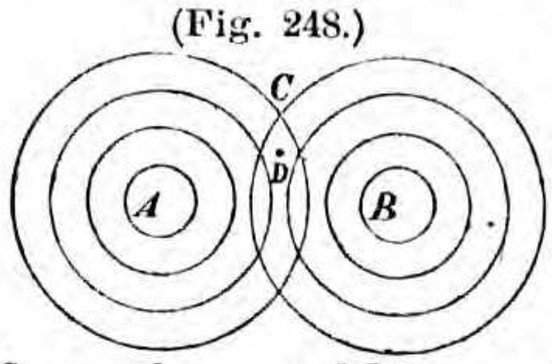
ABDULLAH. O ja mijnheer, dat heb ik dikwijls gezien.

DE HEER. En als gij nu onmiddellijk daarop een ander steentje er bij in het water gooit, wat gebeurt er dan?

ABDULLAH. Wel mijnheer, dan geeft dat steentje ook kringetjes in het water.

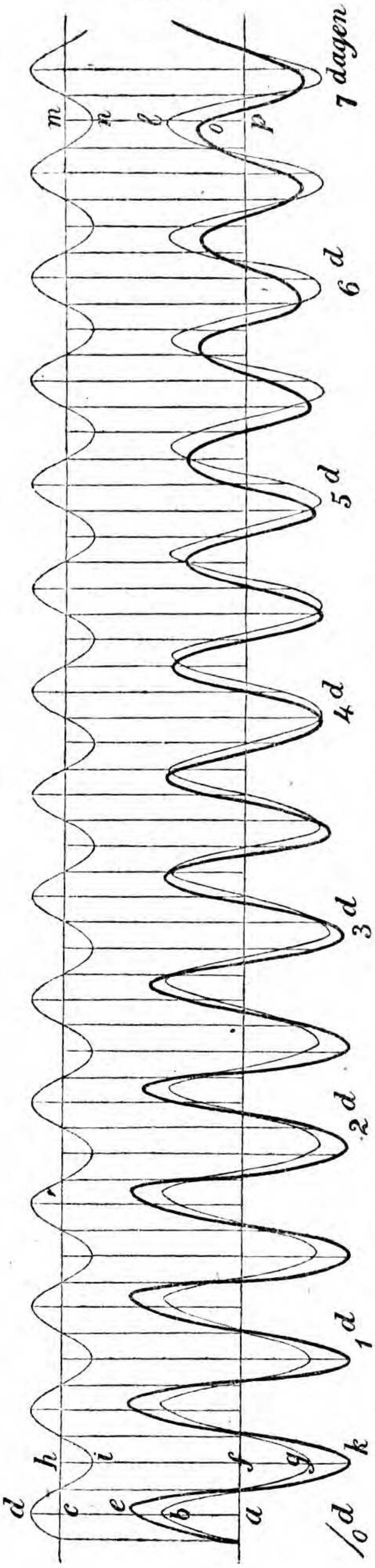
DE HEER. Nu juist; die kringetjes zijn golfjes en die gaan precies voort, alsof de andere niet bestaan. Zie eens deze figuur, fig. 248. Het eene steentje is gevallen in *A*, het andere in *B*. Als nu de cirkeltjes op het papier voorstellen de *hoogten* van de golven, die hier ontstaan, dan is, midden tusschen de beide op elkander volgende cirkels, telkens eene *laagte*. Nu moet gij eerst wel weten wat golven zijn. Als die golven zoo voortloopen, dan moet gij u niet verbeelden, dat het water *zelf* zich zoo snel beweegt als gij ziet dat de golf doet; de waterdeeltjes gaan maar op en neer, maar verwijderen zich niet van het middelpunt. Dit kunt gij duidelijk zien als gij een kurkje of stukje hout op het water werpt, zoodat de golven het bereiken. Het zal wel op en neer schommelen, maar zich niet van het middelpunt verwijderen. Als gij nu het punt *C* beschouwt, dan ziet gij, dat het gelijktijdig op een cirkeltje ligt, dat *A* tot middelpunt heeft en gelijktijdig op een cirkeltje, dat *B* tot middelpunt heeft. Het is dus in de hoogte, omdat het op den top van eene golf is, die van *A* komt, en het is nog eens in de hoogte, omdat het op den top van eene golf is, die van *B* komt; het punt *C* gaat dus om twee redenen in de hoogte. Het gehoorzaamt werkelijk aan beide de golven. Een ander punt *D* is gelijktijdig in de laagte in het eene en in de laagte in het andere stel golven. Het gehoorzaamt aan beide en is dus zeer diep. In het kort, gij kunt het in elk water zelf beproeven door er steentjes in te werpen, elk punt van het water kan tegelijker tijd aan twee stellen golven gehoorzamen. En als gij drie steentjes in het water werpt, gelijktijdig, of het eene vlak na het andere, dan zult gij zien, dat elk punt van het water ook aan drie stellen golven kan gehoorzamen, enz. —

(Fig. 248.)



Passen wij dit nu eens eerst toe op de vloedgolf, die de zon, en op de vloedgolf, die de maan veroorzaakt. Een zonnedag is 24 uren, maar een maansdag is 24 uur 50 minuten. De

Fig. 249.



zon geeft een kleine vloed en eb, elke 24 uur; de maan een vloed en eene eb, die 2,2 maal hooger en lager zijn, elke 24 uur en 50 minuten; nu kunnen wij door dezelfde soort van teekeningen, als wij zoo even beschouwd hebben, ook voorstellen wat er gebeuren moet. Ik zal nu voor de eenvoudigheid maar aannemen, dat de beide hooge waters van de zon even groot zijn, dan hebben wij de volgende figuur, fig. 249, die nu voor 7 dagen geldt. Elk uur is hier door één millimeter voorgesteld. De bovenste kromme lijn stelt voor het getij, dat de zon veroorzaakt, de dunne kromme lijn in de onderste figuur het getij, dat door de maan teweeggebracht wordt; ik heb hier nu het tijdvak, of zoo als men het noemt: de periode, iets grooter en de hoogste hoogte der loodlijnen 2,2 maal grooter moeten nemen dan in de eerste figuur. De figuren zijn zoo geteekend, dat bij het begin van den eersten dag er geen hoog of laag water is, maar de zee haren gemiddelden stand heeft.

Nu zult gij zelf zien, wat er gebeurt. Op den eersten dag vallen nog de hooge en lage waters van de zon op hetzelfde uur als die van de maan. Bijv. te drie uur na den aanvang des dags is de hoogte van

het water wegens de maan = $a\ b$, en wegens de zon = $c\ d$, boven het middelbare peil. Werken nu zon en maan te zamen, dan vindt men de hoogte door bij $a\ b$ nog te tellen $b\ e = c\ d$, dan krijgt men $a\ e$. Evenzoo is het met de eb; door de maan alleen zou er te 12 uur 25 minuten laag water zijn = $f\ g$, maar door de zon alleen omtrent gelijktijdig = $h\ i$, zoodat als de zon en maan beide werken, het water $f\ k$ daalt, zijnde $f\ k = f\ g + g\ k$ en $g\ k = h\ i$.

Maar wat gebeurt er nu na 7 dagen? Dan valt de maan-vloed $p\ l$ te zamen met de zon-eb $m\ n$; te zamen maakt dit het hoog water $p\ o$, dat veel kleiner is dan den eersten dag, toen het $a\ e$ was.

Men kan op die wijze van uur tot uur door de teekening vinden, hoe hoog het water staat, en als men al de punten, die men dan in de teekening verkrijgt, vereenigt, dan verkrijgt men de dikke kromme lijn, die nu juist voorstelt, hoe het water in 7 dagen rijst en daalt.

Het getij van den eersten dag, namelijk

hoog water of vloed: hoog $a\ e$,
laag water of eb: laag $f\ k$,

is het *springtij*; $a\ e$ stelt den *springvloed*, $f\ k$ de *springeb* voor.

Den tweeden dag is hier nog weinig verandering in; den derden dag begint het verval merkelijk te verminderen, den 4^{en} dag wordt de maans-vloedhoogte door de werking der zon niet verhoogd of verlaagd, maar wordt alleen de tijd van vloed vervroegd, want de dikke lijn komt een weinig links van de dunne.

Het verval vermindert al meer en meer, en den 7^{en} dag is het zoo gering mogelijk, het getij heet dan *dood tij*.

Als wij nu de figuur nog verder hadden doorgeteekend, dan zoudt ge gezien hebben, dat het verval weer grooter werd, en den 15^{en} dag weder juist zoo groot als den eersten dag; dan is het dus weer springtij.

§ 135.

WAAROM ALLE SPRINGVLOEDEN NIET EVEN HOOG ZIJN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, de springvloeden, hebben die nu altijd plaats met volle en nieuwe maan?

DE HEER. Niet precies. Gij hebt al gehoord, dat het land stoornis te weeg brengt in den loop van de vloedgolf, want in plaats van twee golven, die er naar fig. 239 zijn moesten, zijn er eene menigte, die elkander in de oceanen opvolgen. Maar die belemmering, die het land veroorzaakt, heeft ook ten gevolge, dat de springvloeden altijd, ook in den open oceaan, niet op den dag van nieuwe en volle maan, maar één of anderhalve dag later komen. In andere zeeën komen zij nog later, en dat begrijpt gij ook wel, omdat ik u immers gezegd heb, dat de vloedgolven zoo veel tijd noodig hebben om zich voort te bewegen.

ABDULLAH. Maar zijn die springvloeden nu altijd even hoog?

DE HEER. O neen, daar ontbreekt nog veel aan. Er werken op de hoogte van het water bij den vloed nog andere invloeden, die ik nog niet met u besproken heb.

Volgens fig. 239 ziet gij wel, dat de hoogste vloed zich wil richten naar de maan. Het hoogste water tracht te komen op het punt van den aardbol, dat het meest naar de maan gericht is. Dit punt nu heeft de maan in zijn zenith. Maar de maan gaat, als zij nieuw of vol is, volstrekt niet altijd door het zenith van dezelfde plaats. Want ik heb u vroeger immers al uitgelegd, dat de maansloopbaan niet samenvalt met de vlakte van de evennachtslijn, maar de evennachtslijn aan den hemel doorsnijdt, en dat de maan van 18 tot 28 graden benoorden, en even zoo van 18 tot 28 graden bezuiden de evennachtslijn kan komen.

Neem nu eens eene plaats zoo als Batavia. Batavia ligt op 6° Zuiderbreedte. Als nu de maan ook 6 graden bezuiden de evennachtslijn staat, d. i. als de maan 6° zuider-declinatie

heeft, als zij vol of nieuw is, dan is het zeer hooge springvloed. Maar als de maan nu eens 28 graden benoorden de evennachtslijn staat, dan gaat zij 34 graden benoorden het zenith van Batavia door den meridiaan, en dan ligt Batavia dus lang niet in het topje dezer vloedgolf.

Gij ziet hier dus al ééne reden, waarom de springvloeden niet altijd even groot zijn.

Maar er is nog eene andere reden. Gij weet nog wel, dat de aarde niet altijd even ver van de zon afstaat. Omtrent den 1 Januari staat zij het dichtst bij de zon. Omtrent den 1 Juli het verst; gij herinnert u ook, dat dit komt, omdat de aarde niet in een cirkel om de zon loopt, maar in eene ellips, en omdat de zon in een der brandpunten staat. Het verschil is $\frac{1}{30}$, dat wil zeggen als de kleinste afstand is 30, dan is de grootste afstand 31 deelen.

Als nu de zon op eenen afstand van 31 deelen staat, dan is hare werking op het hoog en laag water heel wat minder, dan wanneer die afstand 30 deelen is. Als men uitrekent, hoeveel het verschil bedraagt, dan vindt men dat het omtrent 3 maal $\frac{1}{30}$, dat is $\frac{1}{10}$ scheelt.

Met de maan is het hetzelfde. De maan loopt ook niet in een cirkel om de aarde, en het verschil tusschen den grootsten en kleinsten afstand is nog grooter dan bij de zon, namelijk $\frac{1}{18}$.

Gij ziet dus, dat in elke maand er eens een hoogste maan-vloed en eens een laagste maan-vloed moet zijn. En als het bij dien hoogsten maan-vloed dan juist volle of nieuwe maan is, dan is het een zeer hooge springvloed, en als dat nu in de maand December of Januari gebeurt, dan is de werking van de zon ook het grootst, en dan is de springvloed zoo hoog mogelijk.

Daarentegen zal de springvloed zoo laag mogelijk zijn, als de zon zoo ver mogelijk van de aarde af is, dus in Juni of Juli en als bovendien de nieuwe of volle maan juist plaats heeft, als de maan zoo ver mogelijk van ons af is.

§ 136.

HOE NU DE GETIJEN LOOPEN OP PLAATSEN, DIE VAN TWEE OF MEER KANTEN VOOR DEN VLOED TOEGANKELIJK ZIJN.

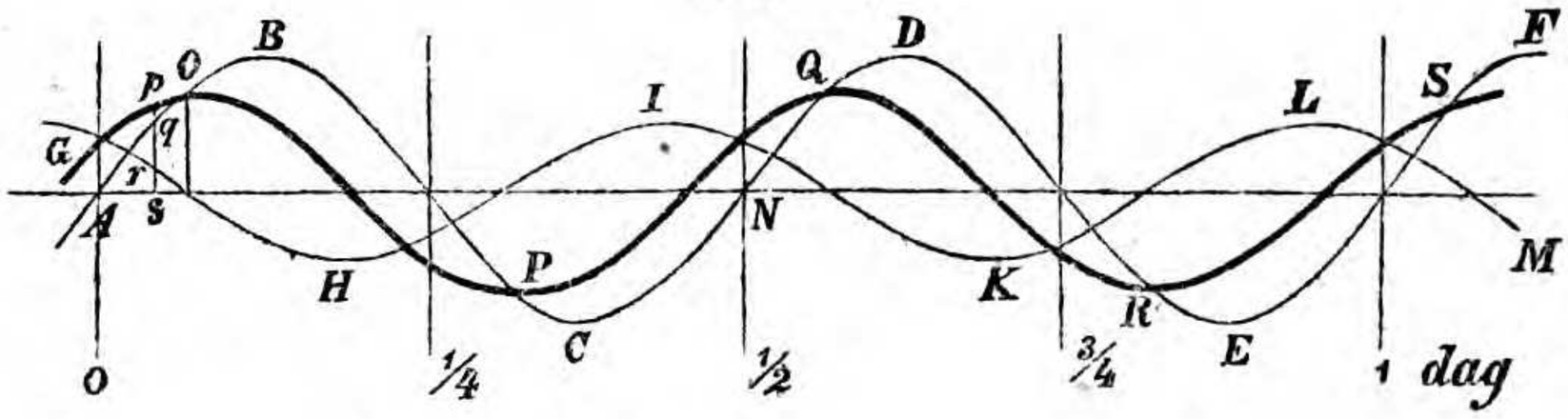
Als gij nu begrepen hebt, hoe de beide vloeden van de zon en maan bij elkander gevoegd worden en te zamen het geheele getij maken, dan zult gij ook wel begrijpen wat er gebeurt, als één punt van twee of meer kanten den vloed ontvangen moet.

Ik zal als voorbeeld eens nemen Soerabaja; die plaats ontvangt het hooge water zoowel van het Oosten door de straat van Madoera als van het Noorden door de straat van Soerabaja. Een ander voorbeeld is Billiton, dat het getij ontvangen moet zoowel uit het Oosten door de Java Zee, als uit het Noorden uit de Chineesche Zee.

Nu is wederom de hoogte van het water op elk oogenblik juist gelijk aan de *beide* hoogten, die het door de beide vloeden hebben zou, bij elkander genomen. En als men van de beide getijen eene teekening kon maken, even als bij fig. 249, die ons gediend heeft voor de samenvoeging van zonstij en maanstij, dan zou het ook niet moeilijk zijn om de teekening te maken voor het geheele getij.

Hierbij kunnen nu verschillende gevallen voorkomen, die moet gij goed onderscheiden. Laat ons eerst eens onderzoeken, wat er gebeurt als van *twee* zijden de vloed komt, en er aan elke zijde in één dag twee gelijke hooge waters en twee gelijke lage waters zijn. Bijv. in fig. 250. Stelle *A B C D E F*

(Fig. 250.)



den loop der getijen in één dag voor, zooals die zou zijn als de vloed van den eenen kant alleen kwam. *G H I K L M*

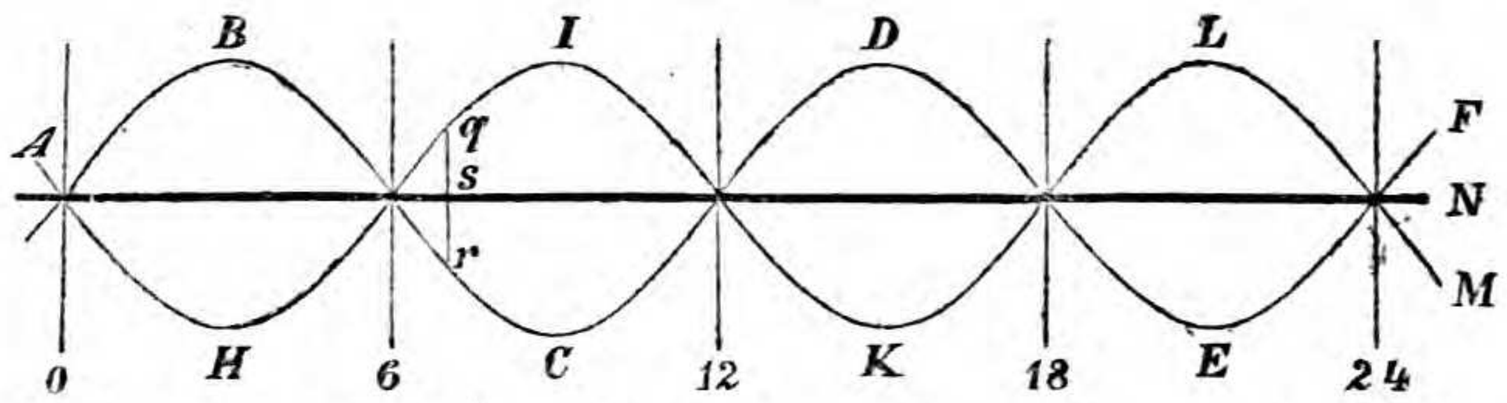
stelle dien loop daarentegen voor, zooals die van de andere zijde aankomt. Als men nu weder loodlijnen op $A\ M$ trekt, en bijv. $p\ s = q\ s + r\ s$ maakt, dan zal p een punt zijn van de vloedlijn; zoo kan men van punt tot punt doen, en verkrijgt dus de dikke lijn, die den wezenlijken gang van het getij in één maansdag zal aanduiden.

Als nu B even hoog is als D, I even hoog als L en als G, C even laag als E, en H even laag als K, dan zal rechts van het punt N precies hetzelfde voorkomen als even ver rechts van het punt A, en wij zullen dus ook eene vloedlijn verkrijgen, die rechts van het punt N hetzelfde beloop heeft, als rechts van het punt A, dat wil dus zeggen, dat het tweede hooge water bij Q even hoog zal zijn als het eerste bij O, en het tweede lage water bij R, even laag als het eerste bij P.

Ten tweede zal het kunnen gebeuren, dat het lage water van de eene vloedgolf juist samenkomt met het hooge water van de andere, wat zal er dan gebeuren?

Stel bijv. dat zoo eene plaats, als ik bedoel, van het Noorden

Fig. 251.



ontvangt een vloed, zoo als in fig. 251 de lijn $A\ B\ C\ D\ E\ F$ voorstelt, en van het Oosten, Westen of Zuiden één, waarvan $A\ H\ I\ K\ L\ M$ eene afbeelding geeft.

Vereenig ik die beide, op de wijze als ik u uitgelegd heb, dan zie ik dat voor elk punt, (bijv. s, dat overeen komt met $7\frac{1}{2}$ uur,) de eene vloedlijn juist zooveel boven de lijn $A\ N$ is, als de andere er onder, bijv. $s\ r = s\ q$, maar $s\ r$ is onder de lijn, terwijl $s\ q$ er boven is. Te zamen maak dit dus *nul* uit; het water is dus op dat oogenblik niet hoog en niet laag,

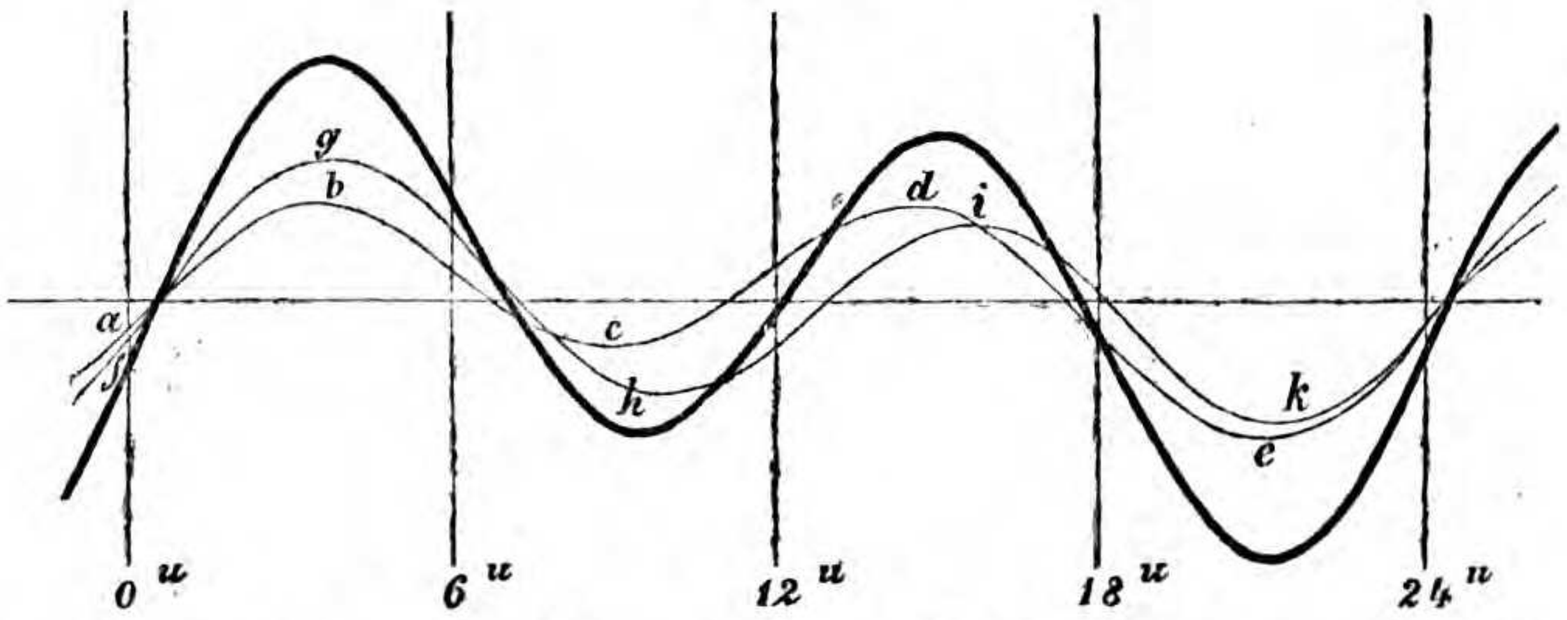
maar blijft op *s*. Zoo is het overal en doe ik dus even als bij de vorige figuur, dan verkrijg ik de dikke lijn *A N*, die in de figuur te zien is. Hier is geen één punt hooger dan het andere; dus heeft zoo een plaats geen hoog en geen laag water; het is dan even als of zij in een binnenzee of meer ligt.

Nu zullen wij weer een ander geval beschouwen, en dit komt het meest voor.

Als er op ééne plaats twee vloedgolven van twee verschillende zijden komen, en bij beiden is het tweede hoogwater niet even hoog als het eerste, en het tweede laagwater niet even laag als het eerste, dan kunnen er allerlei zonderlinge verschijnselen uit ontstaan.

Bijv. in fig. 252 ziet gij eene figuur die eene vereeniging

Fig. 252.



voorstelt van twee zulke getijen, die ieder van een anderen kant komen. Gij ziet: die beide getijen schijnen niet veel van elkander te verschillen. Van de eerste is de hoogere vloed in *b*, de lagere in *d*; van de tweede is de hoogere vloed in *g*, de lagere in *i*.

Te zamen gevoegd geven zij de dikke lijn, die dus ook aantoont dat die plaats twee hooge waters op dien dag heeft, het tweede lager dan het eerste; en twee lage waters, het tweede ook lager dan het eerste; dus even als de getijen, die van beide kanten komen.

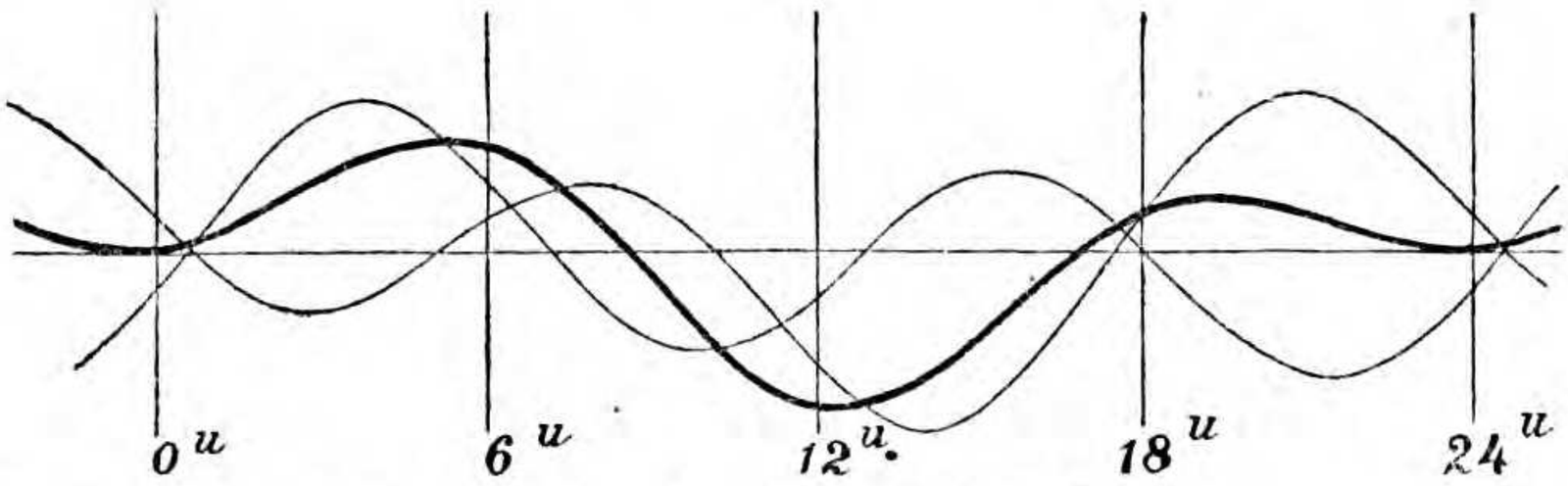
---

§ 137.

VERKLARING VAN DE MOGELIJKHEID, DAT ER SLECHTS ÉÉN VLOED EN ÉÉNE EBBE PER DAG IS.

Maar soms kan de vereeniging van twee tijen een getij geven, waarvan het tweede hooge water bijna niet merkbaar is, soms zelfs zoo, dat het geheel en al verdwijnt. Zie bijv. eens fig. 253. De dunne lijnen in deze figuur stellen twee dergelijke

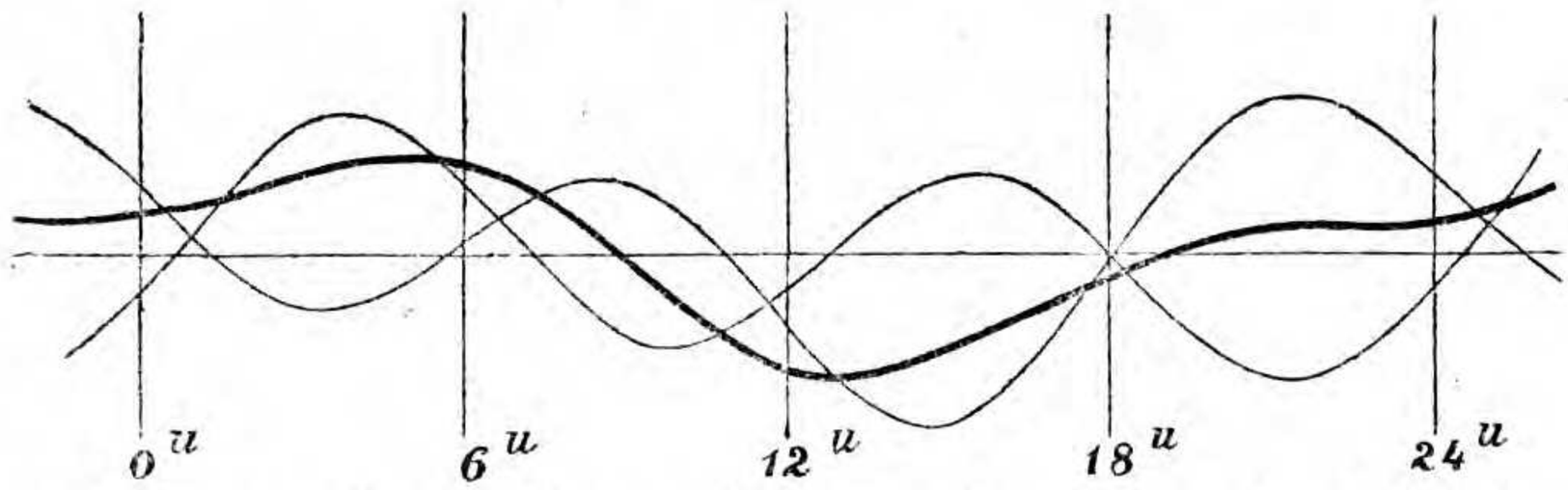
Fig. 253.



getijen voor, als wij al beschouwd hebben, en hunne vereeniging geeft de dikke lijn, die een getij voorstelt, waarin gij nog wel het tweede hooge water kunt zien, maar slechts even; het wordt spoedig door het tweede lage water gevolgd, en beide zijn nauwelijks merkbaar.

In fig. 254 daarentegen is het tweede hooge water niet meer

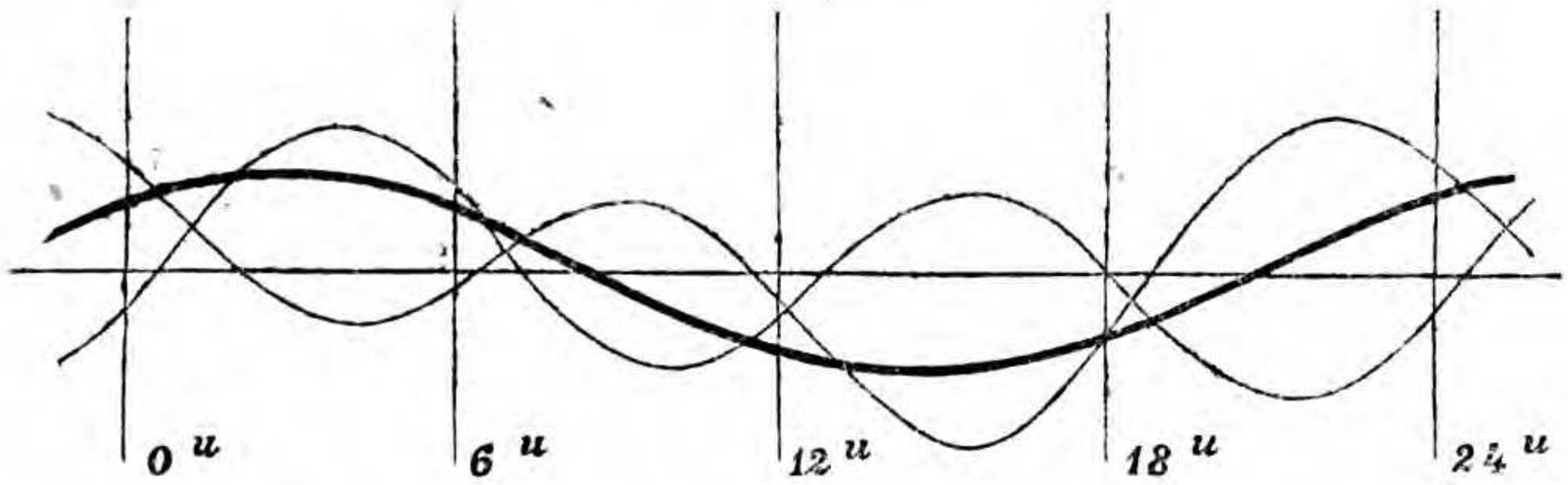
Fig. 254.



aanwezig; de twee dunne lijnen zijn toch dezelfde als in fig. 253, maar de tweede lijn is alleen wat meer naar de rechterhand opgeschoven. Er is dus hier één hoog en één laag water, maar tusschen het hooge en het lage water liggen 8 uren in, tusschen het lage en het hooge 16 uren.

In fig. 255 eindelijk ziet gij weer dezelfde lijnen, nu is de

Fig. 255.



tweede lijn nog wat meer verschoven, en nu is er in de dikke lijn niet meer dan ééne vloed en ééne eb zichtbaar, die precies een halven dag van elkander liggen.

ABDULLAH. Wel mijnheer, dat is toch zonderling. Ik begrijp nog niet goed hoe dat mogelijk is.

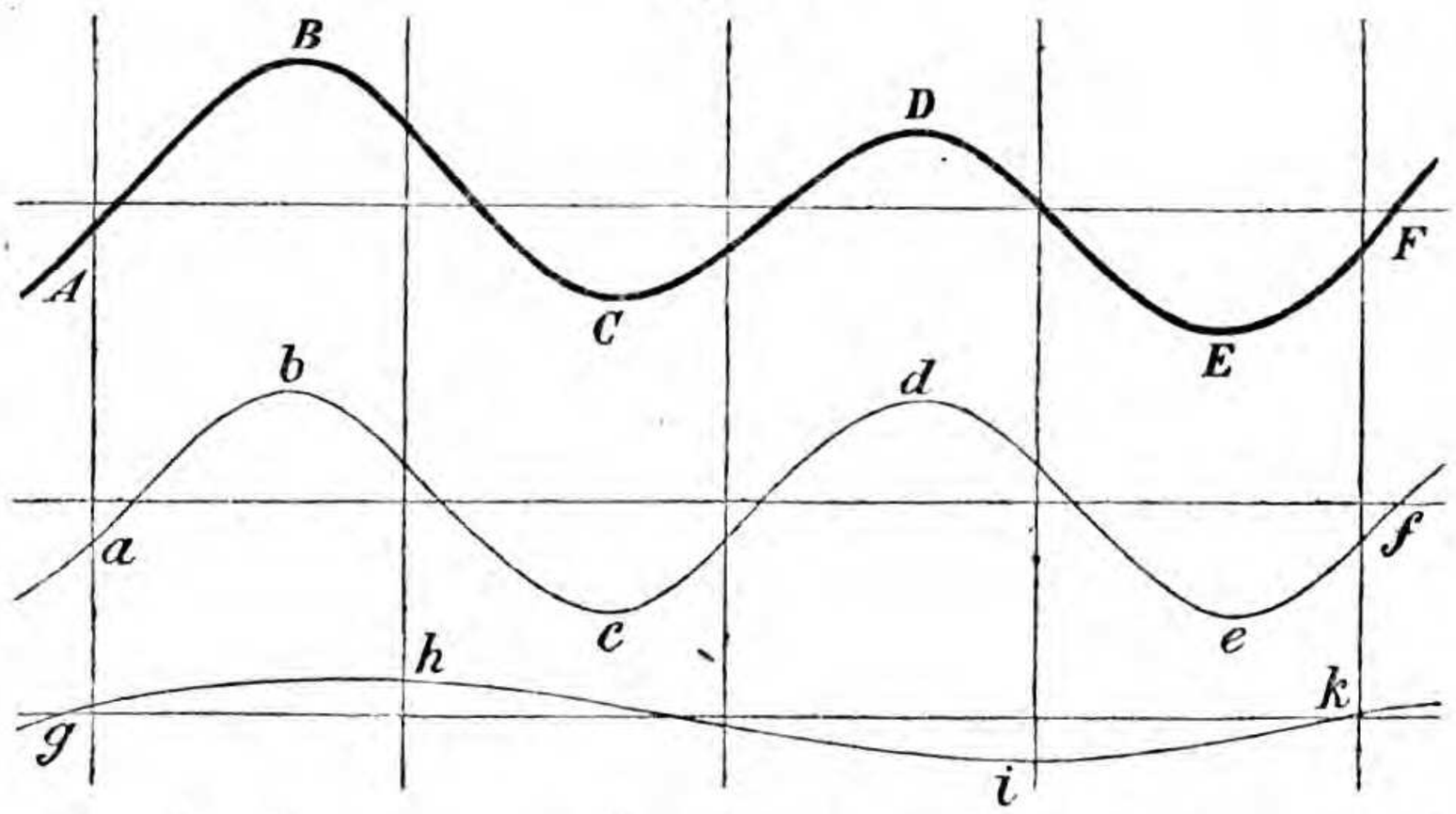
DE HEER. Ik wil wel trachten het u duidelijk te maken maar dan moet gij goed opletten.

Ik heb u aangetoond, dat men twee getijen door eene teekening met elkander kan vereenigen, men telt daartoe de hoogten bij elkander op, die het water volgens de beide getijen hebben zou. Maar men kan evenzoo, als men de teekening van een getij heeft, in zijne gedachte dat getij in twee anderen *scheiden* of *ontbinden*. Bijv. als men de lijn heeft geteekend, voorstellende een getij, en de vloeden zijn daar ongelijk, even als de ebben ook, dan kan men door de wiskunde gemakkelijk dat getij ontbinden in twee andere, waarvan de eene in één dag twee vloeden en twee ebben heeft, en de andere maar één vloed en ééne ebbe, en beide geheel regelmatig zijn; dat wil zeggen, in de eene lijn de beide hooge waters niet alleen even hoog maar ook even veel boven den middelbaren stand, als de lage waters er onder, en in de andere lijn het hooge water even hoog boven den middelbaren stand als het lage water er onder.

Bijv. de eerste der getij-lijnen, die wij zoo aanstonds beschouwd hebben, en die hier in fig. 256 nog eens is afgebeeld, *A B C D E F*, kan ontbonden worden in de twee lijnen *a b c d e f* en *g h i k*, die er onder staan.

Nu zijn deze lijnen zoodanig, dat *b* en *d* even ver boven de

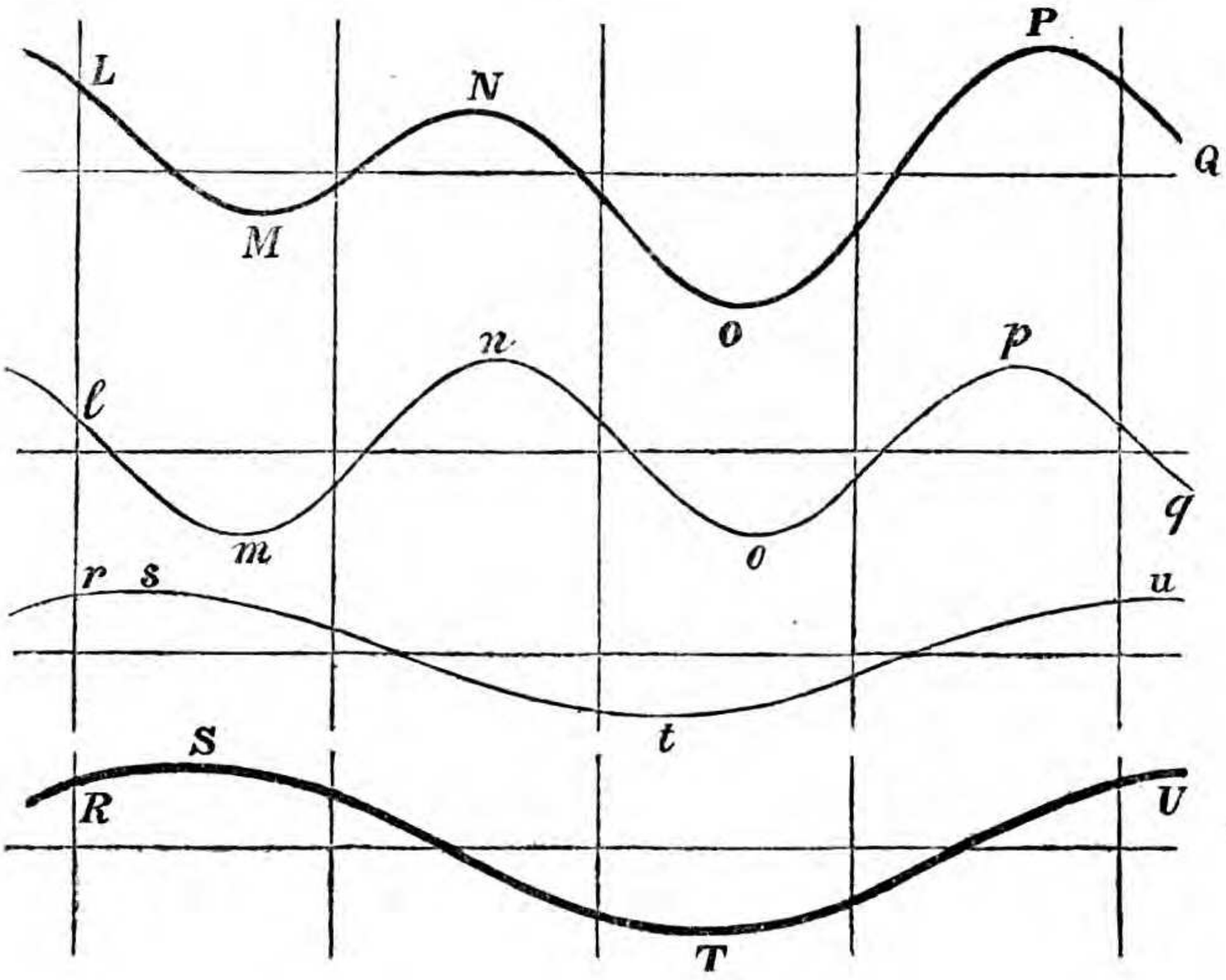
Fig. 256.



lijn *a f* zijn als *c* en *e* onder die lijn; en *h* is even ver boven de lijn *g k* als *i* er onder. Het is dus even alsof het geheele getij bestaat uit twee getijen, die beide volmaakt regelmatig loopen, maar het eene getij heeft in een *halven* dag ééns eb en vloed, het andere heeft in een *heelen* dag ééns eb en vloed.

Nu kan hetzelfde met het tweede getij gedaan worden, dat bij de figuren 253, 254 en 255 ook gediend heeft. Doet men dat nu, zie fig. 257, dan verkrijgt men weder twee lijnen

Fig. 257.



l m n o p q en *r s t u*, die weder beide regelmatige getijen voorstellen; even als zoo even. Maar stel nu eens, dat de beide getijen, die in deze figuren boven aan staan, *A B C D E F* en *L M N O P Q*, met elkander vereenigd moeten worden; dan is het precies hetzelfde alsof ik de *vier* getijen

a b c d e f,
g h i k,
l m n o p q,
en *r s t u*

moest vereenigen.

En nu kan het immers enkele keeren wel gebeuren, dat de 1e en 3e dezer getijen precies tegenovergesteld zijn? dat wil zeggen, dat in beide de hooge waters even hoog, en de lage waters even laag zijn, maar dat de tijd van vloed bij de een precies overeenkomt met den tijd van eb bij de ander? Zie maar eens zelf, dat dat in deze figuren het geval is, want de vloed *b* in de eerste lijn komt juist overeen met de eb *m* in de tweede lijn; de eb *c* met den vloed *n*, de vloed *d* met de eb *o*, en de eb *e* met den vloed *p*. Die twee getijen vernietigen elkander dus geheel; als zij er alleen waren, dan zoude er stil water zijn, en noch eb noch vloed.

Maar nu blijven er nog het tweede en vierde getij over, *g h i k* en *r s t u*. Bij beiden is er in één dag één keer hoog, en één keer laag water. Het zou ook hier kunnen gebeuren, dat zij elkander vernietigden. Maar dat is natuurlijk maar zelden het geval, en ook hier niet. Vereenigen wij deze beide, dan verkrijgen wij *R S T U*, d. i. de dikke lijn van fig. 255, die natuurlijkerwijze ook slechts eens per dag vloed en eens per dag eb vertoont.

§ 138.

GANG VAN VLOED EN EB VOOR VERSCHILLENDE PLAATSEN IN DEN OOST-INDISCHEN ARCHIPEL.

Gij ziet dus, dat het wel kan gebeuren, dat er ergens maar eens op een dag hoog, en eens op een dag laag water is, maar dan moet het daarvandaan komen, dat zoo eene plaats het water van twee of ook van meer kanten ontvangt. Maar het is nergens het geheele jaar door precies hetzelfde. Er komt altijd eene kleine verandering in den loop van het getij, want de zon komt in den oostmoesson benoorden het zenith in den meridiaan, en in den westmoesson bezuiden. In beide gevallen is de zonsvloed niet hetzelfde. En de maan is ook dan eens benoorden de evennachtslijn van den hemel, dan eens bezuiden; dan eens dichter bij de aarde, dan eens verder af; en al die veranderingen maken dat het verschijnsel van eb en vloed ook telkens verandert. Zeer dikwijls hangt het van den moesson af, hoe het water stijgt en daalt.

In de binnenwaters van den Indischen Archipel is het verloop van het water dikwijls zeer ongeregeld, omdat, zoo als ik u gezegd heb, het water, als het rijst, van zooveel verschillende kanten komen moet, en de moessons zoovele veranderingen er in aanbrengen. Om u eens een voorbeeld te geven, hoe de getijen soms veranderen, zal ik u eens mededeelen, hoe dat te Soerabaja is. Daar heeft men met volle en nieuwe maan, en eenige dagen er voor en er na, geregeld twee getijen, d. i. tweemaal hoog water en tweemaal laag water; en wel van April tot en met September hoog water des morgens van half elf tot half twaalf en des avonds van elf tot twaalf uur.

Van October tot en met Maart, is het hoog water des morgens van elf tot twaalf uur en des avonds van half elf tot half twaalf.

Van April tot en met September is altijd, bij de volle en nieuwe maan, het hooge water des morgens iets hooger dan

dat van den nacht; het verval is dan 1 à 1½ meter. In Juni blijft het laagste hooge water soms bij volle of nieuwe maan weg.

Van October tot en met Maart is het weder omgekeerd, dan is het 's avonds hooger water dan des morgens; en dan blijft in December het kleinste hooge water, dat in den morgen komt, een paar malen weg.

Tusschen beide is er natuurlijk een springtij, waar beide hooge waters gelijk zijn, dit is nu in de tweede helft van Maart en in de tweede helft van September.

Geheel anders is het nu te Soerabaja bij kwartiermaan. Dan is het tweede hoog en laag water meestal weinig merkbaar, maar soms toch wel, soms schijnt het wel eens, alsof er nog een eb en een vloed in denzelfden dag is; maar die zijn alle zoo gering en onbeduidend, dat men zeggen kan, dat er dan maar één getij is; dit heeft dan plaats van April tot en met September als volgt:

ten 4 à 5 uur des morgens: vloed,
ten 3 à 4 uur des namiddags: eb.

De overgang van het een tot het ander heeft weder plaats op het einde van Maart en September; dan is het bij 1e of laatste kwartier des morgens te 4 uur vloed en des namiddags te 4 uur eb.

Het verval met volle of nieuwe maan, of 1 à 2 dagen na dien dag, bedraagt in Juni en December 25 à 30 decimeters: in Maart en September 20 à 25 decimeters.

Met de kwartiermanen is het verval 1 à 1,5 meter, het geheele jaar door.

Gij ziet dus hier weder dat het verval bij springtij meer dan tweemaal zoo hoog is als bij doode tijen.

Maar gij ziet ook, hoe veranderlijk het is, en als gij nu opmerkt, zoo als ik u reeds heb doen zien, dat de vloed te Soerabaja van den Noord- en van den Oostkant komt, dan zal het u niet verwonderen, dat het geheele verschijnsel daar zoo samengesteld en zoo veranderlijk is. En dat er soms maar één vloed en één eb is, kan ook zeer eenvoudig verklaard

worden, doordien de vloed daar van den Oostkant moet komen. Het hooge water komt nu rechtstreeks te Soerabaja door de straat van Madoera; maar benoorden het eiland Madoera gaat het hooge water ook om, en komt evenzoo langs het Fort Oranje en door de straat van Soerabaja of den zoogenaamden Trechter. Stellen wij nu eens, dat de vloed even sterk binnenkomt van dezen kant als door straat Madoera, maar dat hij 6 uur langer onder weg is, omdat hij zoo'n omweg maakt; dan zal, als men het geheele getij in twee getijen ontbindt, 1° een, die twee hooge waters per dag heeft, 2° een, die slechts één hoog water per dag heeft, van het eerste gedeelte altijd juist de eb van de Noordzijde komen als van de Oostzijde de vloed komt en omgekeerd, zoodat dan daar juist plaats heeft, wat wij zoo even beschouwd hebben, dat alleen het tweede gedeelte blijft bestaan. En het blijkt nu, uit hetgeen ik u omtrent de getijen te Soerabaja bij 1e en laatste kwartier medegedeeld heb, dat dit omtrent zoo het geval moet zijn.

Doordat nu de vloedgolf in de Java-zee van die kanten het water ontvangen moet, zoo is op alle plaatsen in de Java-zee het verloop van het hooge en lage water niet hetzelfde, en het verval even min. Nemen wij bijv. het eiland Bawean, dit krijgt de vloedgolf rechtstreeks van de Oost; maar ook rechtstreeks uit Straat Makasar, daarentegen is het ver verwijderd van de Gasparstraten. Gaan wij nu over op Karimondjawa, daar zijn wij verder van de Banda-zee en verder van Straat Makasar, maar daarentegen dichter bij de Gasparstraten. Daar zullen dus hoog en laag water niet op dezelfde wijs behoeven af te wisselen, als op Bawean. Het kan er op andere tijden vloed, op andere tijden eb zijn, en het verval kan er ook anders zijn. Met de punten op de noordkust van Java is het precies hetzelfde. In plaats van Bawean en Karimon-djawa had ik Japara en Batavia kunnen noemen.

In 1839 heeft de Regeering in den Indischen Archipel op een aantal punten de getijen laten waarnemen; zij heeft namelijk

orders gegeven gedurende een jaar de tijden van hoog en laag water en de *hoogte* van hoog en laag water op te teekenen. Het is toen gebleken, dat het verval zeer verschilde. Het gemiddelde verval is gebleken te zijn:

te Amboina 1,14 meter,
te Tjilatjap 1,25 „ ,
te Poeloh Tjenko (bezuiden Padang) 0,78 » .

Deze plaatsen liggen nu alle zoo goed als aan de open zee, en toch is het verval er niet gelijk; overigens is het gebleken, dat de getijen daar de gewone regels volgen, en dat er tweemaal hoog en tweemaal laag water is in $24^u\ 50^m$, enz. Springtijen en doode tijen volgen elkander ook elke maand geregeld op.

Binnen de groote Sunda-eilanden volgen de getijen die regels niet; ik heb u nu reeds uitgelegd, hoe daar nu storingen kunnen ontstaan. Zoo is het te Karimondjawa maar ééns per dag hoog en ééns per dag laag water. Het gemiddelde verval is er 1,25 meter.

Zoo is het ook te Japara, waar Karimondjawa juist tegenover ligt.

Op die hoogte kunt gij dus rekenen, dat de twee kleine vloedgolven, die daar van de Oost en van de West komen, elkander precies vernietigen, zoo als ik u uitgelegd heb, zoo dat er alleen de groote vloedgolf, die iets meer dan een geheelen dag voor vloed en eb noodig heeft, overblijft.

Maar rechts en links van Karimondjawa, zoo als te Klampis, op Madoera, te Tegal, te Onrust, zijn toen ook waarnemingen gedaan, en daar zijn weder wel nu en dan twee getijen per dag.

§ 139.

OVER DEN DAMPKRING. VASTE, VLOEIBARE EN GASVORMIGE LICHAMEN. SPANKRACHT EN SAMENPERSBAARHEID DER GASVORMIGE LICHAMEN.

DE HEER. Wel Abdullah, wij hebben nu over de bergen en de zee nog al eenige keeren gesproken, nu moet ik u toch een en ander mededeelen van den dampkring der aarde. Gij weet toch wel wat wij daardoor verstaan?

ABDULLAH. Ja mijnheer, U hebt mij vroeger eens verteld, dat de lucht door de aantrekkingskracht op de aarde blijft, dat die lucht nog geen 80 paal hoog was, en met den aardbol omdraaide; en dat wij daarom geen harden wind voelden, al draait de aarde om hare as, § 7, fig. 17. En ik geloof toch, dat U met dampkring hetzelfde bedoelt als de lucht.

DE HEER. Ja, in het gewone spreken beteekent het hetzelfde. Maar door lucht bedoelt men anders dikwijls de stof, waaruit de dampkring bestaat, en door den dampkring het omhulsel, dat eenige mijlen hoog de aarde geheel omgeeft. Andere planeten, zoo als Mercurius en Venus, hebben ook zonder twijfel dampkringen. Maar of bijv. de dampkring van Venus uit dezelfde soort van lucht bestaat, als onze dampkring, dat is geheel onbekend.

ABDULLAH. Kan daar verschil in zijn?

DE HEER. Wel zeker; de lucht, waaruit onze dampkring bestaat, is een mengsel van verschillende luchtsoorten. Maar laat ik u eerst dit mededeelen, dat de lichamen in het algemeen onderscheiden worden in drie soorten, vaste, vloeibare en luchtvormige, of, zoo als men tegenwoordig gewoonlijk zegt, gasvormige.

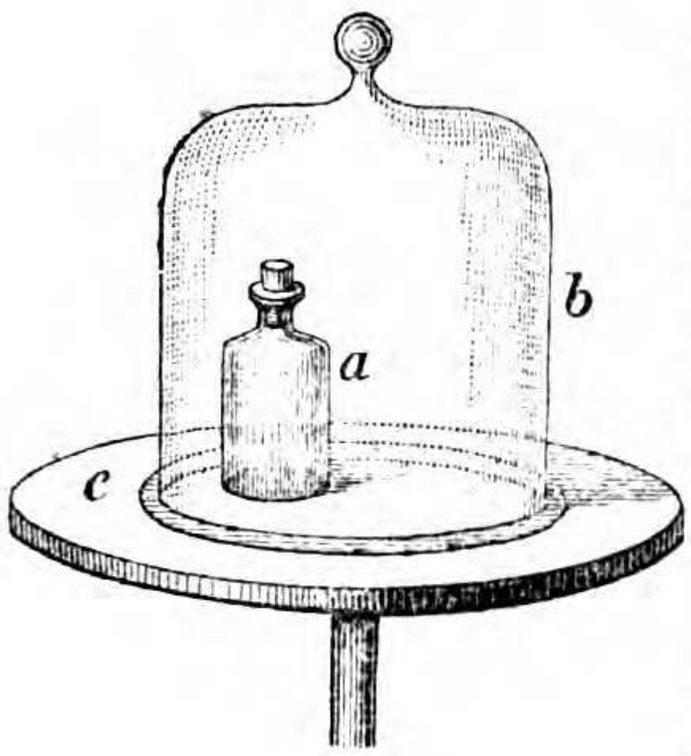
Vaste lichamen hebben eene bepaalde gedaante, die niet veranderd kan worden, zonder dat met kracht de deeltjes van

het lichaam van elkander worden gescheiden. Zoo is bijv. een blok hout, een steen, een stuk ijzer.

Vloeibare lichamen hebben geene bepaalde gedaante. De geringste kracht is voldoende om de deeltjes ervan van één te scheiden. Zulk een lichaam neemt geheel de gedaante aan van het vat, de flesch of den bak, waar men het in doet. Maar doet men het van het eene vat in het andere of van den eenen bak in den anderen, dan is toch de ruimte, die het inneemt, even groot gebleven. Zoo zijn water, olie, melk, wijn, petroleum vloeibare stoffen.

Gasvormige lichamen hebben ook geene bepaalde gedaante, evenmin als de vloeistoffen. Maar als men eene zekere hoeveelheid lucht of ander gas heeft, dan neemt die hoeveelheid niet altijd dezelfde ruimte in. Die hangt geheel en al van de drukking af, waaraan het gas onderworpen is. Het voorname onderscheid van vloeistoffen en gasvormige lichamen of gassen, is hierin gelegen, dat elk gasvormig lichaam eene neiging heeft om zooveel plaats mogelijk in te nemen, daardoor drukt het altijd naar buiten. Is eene flesch gevuld met lucht, dan kunt gij zeker zijn, dat die flesch aan haren binnenkant eene zeer sterke drukking van die lucht ondergaat. Maar die flesch is van buiten ook door lucht omringd; zij wordt dus van buiten even hard gedrukt als van binnen, en er gebeurt dus niets, dan dat het glas van de flesch een weinig samengeperst wordt. Nu bestaat er een werktuig, dat men luchtpomp noemt, en daarmede kan men de lucht uit eene flesch of ander vat pompen. Pompt men nu met zoo eene luchtpomp de lucht uit de flesch, dan heeft men alleen maar de drukking van buiten, en als de flesch dan niet sterk is, wordt zij tot splinters en scherven in elkander gedrukt. En als men, zie fig. 258., die flesch *a* onder eene glazen klok *b* zet, op de plaat *c* van

Fig. 258.



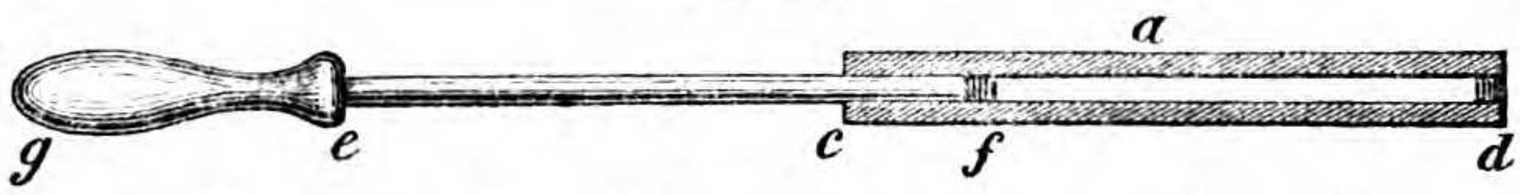
eene luchtpomp, en men pompt nu de lucht uit de glazen klok, dan wordt de flesch aan den binnenkant door de lucht gedrukt die in de flesch is; is de kurk er niet vast op, dan wordt die er ook spoedig afgeworpen; maar is die er zeer sterk opgedaan, en is de flesch te dun om die drukking te weerstaan, dan springt die flesch uit elkander.

Zulk eene hoeveelheid lucht wil dus zeer gaarne zich uitzetten, als de drukking van buiten maar vermindert. Maar vermeerdert de drukking, dan krimpt die lucht ook tot eene kleinere ruimte in, maar oefent dan ook wederkeerig meer drukking naar alle kanten uit.

Die drukking is nu naar alle kanten even sterk, naar boven zoowel als naar onderen, aan den linkerwand van de flesch zoowel als aan den rechterwand; want de bodem wordt nog wel door het gewicht van de lucht er bij gedrukt, maar dat is zoo gering in vergelijking met die drukking, dat die niet in aanmerking komt. Die drukking van de gassen, naar alle kanten heen, noemt men hunne *spankracht*.

Bij de javaansche kinderen is een zeer bekend speeltuig de proppeschieter, (peletokkan,) bestaande, zie fig. 259, uit eene

Fig. 259.



bamboezen buis *a*, waarin beide zijden *c* en *d*, met eene prop van gekneusde bladeren, gekauwd papier of wat anders, goed sluitend dicht gedaan worden. Nu wordt er een stok *e f* in gestoken, waaraan een handvat *e g* is. Die stok *e f* moet iets korter zijn dan het bamboezen buisje *c d*. In het begin gaat de prop *f* naar binnen, daardoor wordt de lucht in het bamboesje samengeperst, en drukt nu sterker en sterker naar alle zijden heen; en dit duurt zoolang totdat de lucht genoeg samengeperst is, en dus genoeg drukking uitoefent, om de prop *d* uit het bamboesje te stooten; de samengeperste lucht zet zich dan plotseling uit, hetgeen een harden klap veroorzaakt. Door dit speeltuig ziet gij dus, dat men de lucht kan samenpersen.

Door die groote samenpersbaarheid onderscheiden zich nu de gasvormige lichamen ook van de vloeistoffen. En wat merkwaardig is, als zulk een gasvormig lichaam, zoo als de lucht, met twee maal meer kracht samengeperst wordt, dan wordt de ruimte, die het inneemt ook tweemaal kleiner; met driemaal meer kracht, driemaal kleiner, enz. Maar daar staat ook tegenover, dat als de lucht slechts met de halve kracht wordt samengeperst, zij dan tweemaal *meer* plaats inneemt, met een derde van de kracht, driemaal meer plaats, enz.

---

§ 140.

SAMENSTELLING DER LUCHT.

Er zijn nu een aantal *gasvormige lichamen*, of zoo als men korter zegt *gassen*, en die hebben allen lang niet dezelfde eigenschappen.

Gij hebt zeker wel eens gehoord dat er te Batavia en Pasoeroean in de straatlantarens en in de huizen *gas* gebrand wordt in plaats van olie of petroleum.

Dit is een bijzonder gas, dat uit steenkolen bereid wordt, door ze in groote gesloten potten te branden. Het brandt met een heldere vlam, daarom wordt het voor de verlichting gebruikt, maar als iemand olie brandt, doet hij eigenlijk niets anders dan hetzelfde gas branden. Want door de hitte der vlam kookt de olie in de pit, dat wil zeggen wordt in gas veranderd, en het gas, dat dus opstijgt, is hetzelfde als het gas, dat uit de steenkolen gebrand wordt.

Dat gas heeft nu wel in de wetenschap een bepaalden naam, maar men noemt het gewoonlijk maar kortheidshalve *gas*.

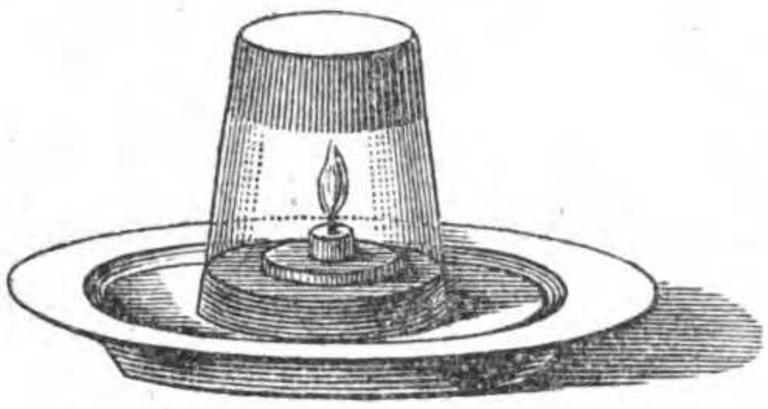
Als in eene moeras of in een vijver bladeren op den bodem

liggen te rotten, stijgen er ook nu en dan gasbellen op. Men kan die in een omgekeerd glas opvangen. Dat gas brandt ook, maar het is toch niet hetzelfde als het lichtgas van Batavia.

De lucht is een mengsel van twee gassen, het eene hebben wij noodig om adem te halen, dat gas noemen wij *zuurstof*.

Het andere is niet geschikt om adem te halen. Als men daarin een dier dompelt, dan is het onmiddellijk dood. Dat gas heet daarom *stikstof*.

Fig. 260.



Zie eens hier, fig. 260. Hier heb ik een diep bord, dat ik vol water giet, ik leg daarop een platte kurk, en zet daarop een kaarsje, dat ik aansteek. Nu bedek ik het met een glas, en wat zie ik nu?

Eerst komen er eenige luchtbellen van onderen uit het glas, dit komt daarvandaan, dat de lucht in het glas door de hitte der vlam uitzet. Daarna zien wij de vlam spoedig in omvang verminderen, en eindelijk uitgaan. Nu bekoelt de lucht, die in het glas is, daardoor krimpt zij weer in, het water rijst dus in het glas. Nu kunnen wij vragen: is die lucht dezelfde gebleven? Wat is er nu gebeurd? En het antwoord op die vraag is, dat de vlam, behalve eenig vet van de kaars, de zuurstof van de lucht, die in het glas was, heeft opgebruikt om te branden. De stikstof is nu overgebleven. Maar die vlam heeft nu, door het verbranden, twee stoffen voortgebracht, namelijk *waterdamp*, en een ander gas, dat men *koolzuurgas* noemt. De waterdamp slaat tegen het glas aan, en vormt daar waterdruppeltjes; het koolzuurgas vermengt zich met de stikstof; het koolzuurgas is ook niet geschikt voor de ademhaling; en het mengsel van die twee gassen, koolzuurgas en stikstofgas ook niet. Stopt men nu een of ander dier, een vogeltje of eene muis, onder dat glas, dan sterft het zeer spoedig door het gebrek aan zuurstof; want zonder zuurstof kan een dier niet leven.

Dat koolzuurgas is hetzelfde gas, dat uit bier opbruischt

als het goed schuimt, hetzelfde dat uit de toewak opbruischt, als men haar laat gisten. Het is ook hetzelfde dat ontstaat, als houtskolen verbranden. Men kan het volstrekt niet inademen, of men stikt. In Europa houden de menschen de huizen en kamers niet zoo open als hier in Indië, althans niet in den winter; vensters en deuren zijn dan gesloten, en bamboezen huizen zijn er onbekend. De nuizen zijn er van steen, en alleen in Rusland, Zweden en Noorwegen van hout, maar altijd goed toe.

Wanneer men in zoo een gesloten kamer een houtskolenvuur heeft, bijv. om te strijken, moet men voorzichtig zijn om de kamer niet geheel te sluiten, want menigmaal is het gebeurd, dat personen, die zich met een brandend houtskolenvuur in eene gesloten kamer bevonden, bedwelmd raakten en dood gevonden werden.

De lucht nu van den dampkring bestaat op 5 maten, ongeveer uit eene maat zuurstof en 4 maten stikstof, zij bevat ook altijd nog eene zekere hoeveelheid koolzuurgas; maar deze is altijd zeer gering, slechts ééne maat op de 2500 maten lucht.

Bovendien bevat de lucht altijd eene groote hoeveelheid waterdamp. Hoe warmer de lucht is, hoe meer waterdamp zij bevatten kan. Als nu des nachts de lucht kouder wordt, dan kan zij niet zooveel waterdamp bevatten, als zij over dag opgenomen heeft, en dan scheidt die damp zich uit de lucht af, en vormt dan hetgeen men *dauw* noemt.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dien waterdamp kan men overdag toch niet zien.

DE HEER. Neen, dat is ook zoo. Maar toch is er waterdamp in de lucht, al is zij nog zoo helder. De lucht kan dien waterdamp opnemen, even als water suiker kan opnemen. Als een ketel water kookt, komt er stoom uit, maar gij hebt toch zeker wel gezien, dat die stoom spoedig verdwijnt?

ABDULLAH. O ja mijnheer.

DE HEER. Welnu, die stoom is in de lucht opgenomen; en gij ziet er niets meer van. Maar gij kunt u gemakkelijk over-

tuigen dat de lucht water bevat. Hebt gij nooit opgemerkt, wat eene ijskan doet, als er pas ijs in gedaan is?

ABDULLAH. O ja mijnheer, die slaat van buiten aan.

DE HEER. Juist. Welnu, dat aanslaan is niets anders dan dat de lucht, in de onmiddellijke nabijheid der ijskan, zoo koud wordt, dat zij niet meer zooveel waterdamp kan ophouden als vroeger, en daarom laat zij dat water los op de oppervlakte der ijskan.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat gas, dat uit het bier opbruischt, zit dat nu ook in de lucht? En hoe kan men dat nu weten?

DE HEER. O, dat is niet moeilijk. Dat kan men aldus zien. Als men in een fleschje dat goed met eene kurk gesloten is een weinig kalk met water lang schudt, en het dan weer laat bezinken, dan krijgt men *kalkwater*, dat er even helder uitziet als gewoon water; het water heeft nu wat kalk opgelost, gij kunt het duidelijk aan den leelijken smaak proeven. Als gij nu dat kalkwater in het fleschje laat staan, goed gesloten door de kurk, dan blijft het onveranderd. Maar giet gij van dat kalkwater eene zekere hoeveelheid in een glas, dan ziet gij dat er spoedig een huidje of vliesje op komt, en dit komt nu, zoo als de geleerden gevonden hebben, alleen van dat koolzuurgas, dat zich met de kalk verbindt.

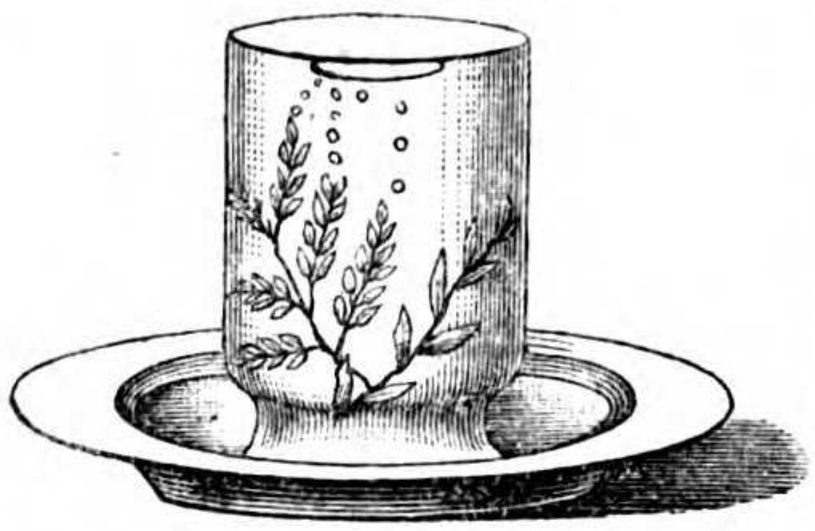
Als het vliesje dikker wordt, en men roert het vocht om, dan zakt het vliesje naar den bodem, dit bezinksel vermeerdert langzamerhand, totdat het water geene kalk meer bevat. Het bestaat uit dezelfde bestanddeelen als krijt, namelijk uit koolzuur en uit kalk. Men kan er ook zilver mede poetsen even als met krijtpoeder.

ABDULLAH. Maar mijnheer, die zuurstof, kan men die ook afzonderlijk verkrijgen?

DE HEER. O ja, de scheikundigen hebben middelen genoeg om haar te bereiden. Het is een gas, dat er precies uitziet als gewone lucht, het is ook ongekleurd. Maar men kan het van lucht daardoor onderscheiden, dat verschillende lichamen er zoo gemakkelijk in verbranden. Ik kan u nu niet mede-

deelen, hoe de scheikundigen de zuurstof maken, gij zoudt dat toch niet begrijpen, en de toestellen, die daarvoor noodig zijn, treft men alleen in de apotheken en scheikundige werkplaatsen aan. Maar ik zal u toch eene kunstgreep leeren, waardoor gij eene kleine hoeveelheid zuurstof zeer gemakkelijk kunt verkrijgen. Zie eens hier. Hier heb ik, fig. 261, eene stopflesch, die is geheel in eene kuip met water gevuld en omgekeerd op een diep bord gezet. Voordat ik de stopflesch er uit haalde, heb ik een aantal takjes, met bladeren er aan, er in gedaan en daarna de geheele flesch in de zon gezet. Wat is er nu gebeurd?

Fig. 261.



ABDULLAH. O, mijnheer, er zijn overal luchtbelletjes aan gekomen, en boven is ook al wat lucht.

DE HEER. Juist, en nu hebben de scheikundigen gevonden, dat dit geene gewone lucht, maar zuurstof is. Nu zal ik u eens wat laten zien. Ik wil nu al die zuurstof die nu in deze stopflesch is, in een klein glaasje gieten; dat kan ik alleen onder water doen, als ik het glaasje ook met water vul, zie fig. 262. Breng ik nu onder het glaasje een schoteltje, dan kan ik het uit de kuip halen, zonder dat het gas ontsnapt. Zie nu eens hier; ik zal nu het glaasje omkeeren en op tafel zetten met het schoteltje er op, fig. 263. Ik steek nu een lucifer aan, en als hij goed brandt, blaas ik hem uit, dan ziet gij, dat er nog een punt blijft gloeien.

Fig. 262.



Fig. 263.



Nu neem ik het schoteltje van het glas, en steek er den gloeienden lucifer in, fig. 264. En wat gebeurt er nu?

ABULLAH. Hé, nu gaat de lucifer weer in vlam.

Fig. 264.



DE HEER. Ja, dat komt nu omdat die luchtbelletjes, die de blaren in den zonneschijn hebben afgegeven, zuurstof zijn. Datzelfde gas is nu ook in den dampkring, maar slechts voor $\frac{1}{5}$. Wij hebben die zuurstof noodig om te leven, en alle dieren ook, en toch zou het niet goed voor ons gestel zijn, als de dampkring *geheel* uit zuurstof bestond. Het overige $\frac{4}{5}$ gedeelte is, zoo als ik u gezegd heb, stikstof, eene lucht- of liever gassoort, waar geen mensch of dier in leven kan. Maar met de zuurstof gemengd, bestaat onze dampkring er uit, en die is juist voor onze ademhaling geschikt.

Ademen wij nu, dan verbruiken wij zuurstof van de lucht; daardoor wordt de lucht voor de ademhaling bedorven. Wij ademen nu die bedorven lucht uit; daar zit nu bijna geene zuurstof meer in, wel stikstof en ook waterdamp en koolzuurgas. Als er nu eene massa menschen in een kamer zijn, waarvan deur en vensters gesloten zijn, dan wordt de lucht spoedig zoo bedorven, dat de menschen het er niet in kunnen uithouden; dit komt alleen, omdat er dan niet genoeg zuurstof in die lucht is. Zij zeggen dan, dat het er benauwd is.

---

§ 141.

HERVATTING VAN HET ONDERWERP. DRUKKING VAN DEN DAMPKRING. VERKLARING VAN DE WERKING VAN EENE BLEEKERS-SPUIT EN VAN EENE POMP.

DE HEER. Laat ons nu weder tot ons onderwerp terugkeeren. Daarvoor moet ik u eerst herinneren aan hetgeen ik u onlangs heb medegedeeld, toen ik u over den proppenschieter sprak. Gij weet nog wel wat er gebeurt, als gij den stamper inschuift, niet waar?

ABDULLAH. Jawel mijnheer, dan wordt de lucht in den proppeschieter samengeperst.

DE HEER. Juist zoo, en ik heb u toen opgemerkt dat even als de lucht minder plaats inneemt als men haar sterker samendrukt, zij even zoo *meer* plaats inneemt, als zij minder sterk te zamen gedrukt wordt. Men noemt dit dat de lucht *dichter* is bij *sterkere*, *ijler* bij *zwakkere* samenpersing.

Daarom kan men ook spreken van de *dichtheid* van de lucht. Bij sterke drukking wordt de dichtheid grooter, bij zwakke drukking wordt zij kleiner.

Wat gebeurt er nu in onzen dampkring? De lucht, die vlak bij den grond is, dus de lucht hier beneden, wordt gedrukt door den geheelen dampkring, die er boven is, en dus samengeperst. Die lucht heeft nu eene zekere dichtheid, dat wil zeggen: in eene zekere ruimte bevindt zich eene zekere hoeveelheid lucht. Als ik bijv. eene flesch heb, die juist een liter inhoudt, dan zal zij juist een kilogram water kunnen inhouden. Maar hier op Java is de lucht omtrent 850 maal lichter dan water, dus weegt de lucht, die in zoo eene flesch kan, slechts 1,18 gram.

ABDULLAH. Maar mijnheer, kan men die lucht dan wegen?

DE HEER. Het spreekt van zelf, dat gij die niet zoo gemakkelijk, even als water, wegen kunt. Men kan de lucht er niet uitgieten even als men water doen kan, dus men moet eene kunstgreep gebruiken, om te weten hoeveel gram lucht er in is. Die kunstgreep bestaat daarin, dat men de lucht er uitpompt; daarvoor heeft men eene luchtpomp noodig, waarvan ik u al meermalen gesproken heb. Doet men dat, dan zou men, als men de stop goed op de flesch had, zien, dat de flesch 1,18 gram lichter was dan vroeger. En zoo weet men dus, hoeveel die lucht weegt.

ABDULLAH. Maar mijnheer, nog iets. U zegt dat die dampkring drukt, hoe meent u dat? Want ik voel toch geene drukking op mijne hand, op mijn gezicht en overal.

DE HEER. Ja maar daar kunt gij zoo maar niet op aan. Al

voelt gij het niet, daarom kan er toch wel drukking zijn. Ik zal u wel laten zien, dat de lucht drukt, en sterk ook. Gij hebt toch zeker wel eens gezien, hoe een bleeker het waschgoed, dat hij in de zon gelegd heeft, met water uit de slooten besprenkelt?

ABDULLAH. O ja, mijnheer met eene spuit.

DE HEER. Welnu, juist, wat doet hij nu als hij het water uit de sloot op het waschgoed wil brengen? Hij zet eerst de spuit met de opening in het water, en de zuiger naar beneden, zie fig. 265. Daarna haalt hij den zuiger naar de hoogte en ziet, onmiddellijk komt het water in de buis, het volgt dus den zuiger, als hij goed sluit, tot boven toe, fig. 266. Hoe zoudt gij nu denken dat dat komt?

Fig. 265.



Fig. 266.



ABDULLAH. Wel mijnheer, de bleeker zuigt het water op.

DE HEER. Ja wel, dat is goed en wel; daarmede kunt gij niets anders bedoelen dan dat hij den zuiger optrekt; maar het water kan toch niet in de buis komen zonder dat er eene kracht is die het er in drukt. Die kracht nu is niets anders dan de drukking der dampkringslucht.

Let nog maar eens op de proef van de vorige keer.

Als ik eene stopflesch of een glas onder water omkeer, ik zet er een schoteltje of een bord onder, en ik haal het er uit, wat gebeurt er dan? Valt het water dan er uit of blijft het er in?

ABDULLAH. O neen, mijnheer, het blijft er in.

DE HEER. Ja maar waarom? Daar moet toch eene oorzaak wezen, die het water naar binnen dringt, want het water wil

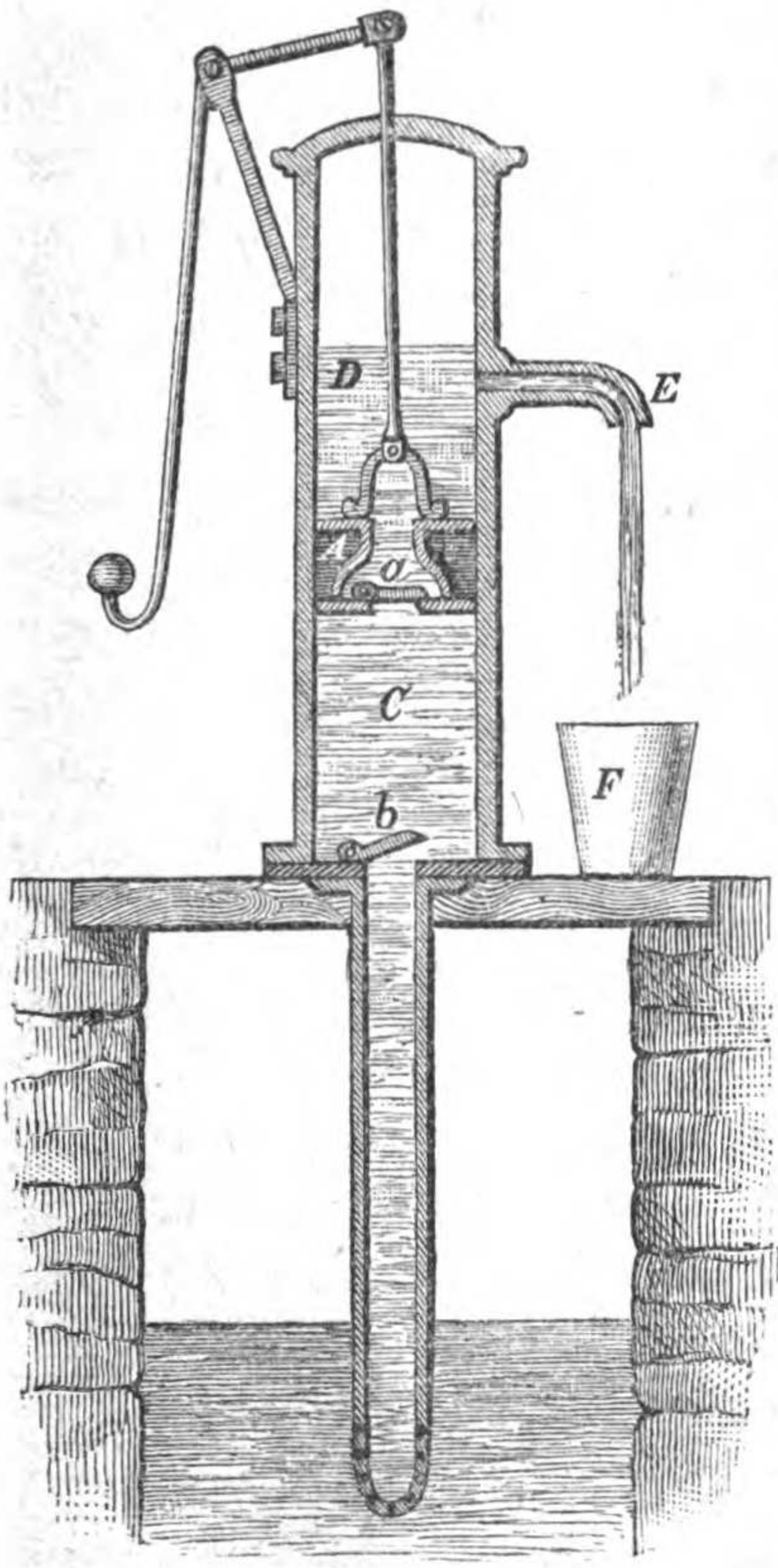
toch wel naar beneden vallen. Die reden is nu niets anders dan de drukking van den dampkring op het water in het bord.

ABDULLAH. Wel, is die drukking dan zoo sterk?

DE HEER. Ja, die drukking is zeer sterk, maar heeft toch hare grens.

Gij zult dit vreemd vinden, het is ook niet altijd bekend geweest. Ik zal u nog een ander voorbeeld geven. In Europa heeft men ook wel waterputten, even als hier op Java, maar men gebruikt er zelden emmers of akers om het water er uit te putten, zoo als hier. In de steden zijn de huizen aan elkander, zoo als te Batavia, Samarang en Soerabaja, en zoo als in de chineesche kampen op andere plaatsen ook dikwijls. Daar is veelal niet veel plaats om eene put open te houden en daarom heeft men dikwijls de putten onder de vloeren in den grond, maar er is eene *pomp* opgebracht. De inlander vindt misschien putten gemakkelijker dan pompen, maar de Europeaan vindt pompen gemakkelijker; in elk geval gaat het sneller dan putten. Zulk eene pomp bestaat nu eigenlijk in niets anders dan zulk eene buis met zuiger even als die spuit, maar er zijn, fig. 267, twee kleppen *a* en *b*, één, *a*, onder aan den zuiger en één, *b*, onder aan de buis van de pomp. Die kleppen hebben een scharnier even als eene deur,

Fig. 267.



zij gaan alle beide naar boven open, en de zuiger is van binnen hol.

Als gij nu bij eene spuit den zuiger opgehaald hebt, en gij drukt hem weer neder, dan perst gij het water weer terug. Maar dit is in zulk eene pomp zoo niet. Als daar de zuiger *A* naar beneden gedrukt wordt, valt de klep *b* onder aan het einde der buis toe, en de klep *a*, in den zuiger *A* gaat open, en nu kan het water, dat tusschen *A* en *b* is, door den zuiger heen naar boven uitwijken. Is nu de zuiger op de hoogte van *C* gekomen, dan kan hij weer opgehaald worden; doet men dit, dan slaat dadelijk de klep *a* in den zuiger toe, en de klep *b* gaat open. Men haalt dan water op, even als met de spuit, en het water, dat onder in de buis dringt, wordt door de drukking der buitenlucht naar binnen gedrongen, zoodat het den zuiger altijd volgt.

Er komt dus langzamerhand meer water in den bak *D*, dat dan door den mond *E* wegloopt en in den emmer *F* kan opgevangen worden.

---

§ 142.

NADERE VERKLARING. UITVINDING VAN DEN BAROMETER.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe weet u nu, dat dat door de drukking van de buitenlucht komt?

DE HEER. Wel, dat zal ik u zeggen. Het gebeurde eens in het jaar 1643, dat eenige menschen te Florence in Italië eene pomp maakten, maar de put, waaruit het water moest opgepompt worden, was zeer diep onder die pomp, zoo wat omtrent 11 meters, en ziet wat gebeurde er nu? Het water wilde wel opstijgen, maar niet zoo hoog als de zuiger komen kon.

Er was toen in die stad een geleerde, met name Torricelli,

en die werd door de werklieden geraadpleegd, waarom dat zoo was. In die tijden was het algemeene geloof, dat het water in eene pomp of in eene spuit den zuiger volgde, omdat de natuur er een afkeer van had, eene ruimte leeg te laten, maar Torricelli zag nu, dat die verklaring niet goed was, want het bleek hem, dat het water slechts 32 voet of, in nederlansche maat uitgedrukt, slechts 10,3 meters wilde rijzen, hooger niet; als dus de natuur er een afkeer van had, eene plaats ledig te laten, zou er ook wel water komen, als men den zuiger 11 meters boven de oppervlakte van het water der put ophaalde.

Torricelli dacht dus na, of hij geene andere reden vinden kon, en hij bedacht toen, dat de geheele dampkring op de oppervlakte van het water in de put drukte, en dat die drukking waarschijnlijk het water naar binnen in de buis der pomp perste; hij begreep verder, dat die drukking juist toereikend was om het water 10,3 meters hoog op te drukken, maar niet hooger.

Maar Torricelli begreep ook, dat het mogelijk was, om te beproeven of dat waar was; hij bedacht, dat niet alle vloeistoffen even zwaar zijn, bijv. olie is lichter dan water, petroleum even zoo; maar kwikzilver is 13,6 maal zwaarder dan water. Hij begreep dus dat, als de dampkring het water 10,3 meter kan opdrukken, hij petroleum of olie stellig hooger, kwikzilver stellig niet zoo hoog kan opvoeren. Hij beproefde het met kwik, en ziet, het kwam juist zoo uit, als hij gedacht had. Kwikzilver is 13,6 maal zwaarder dan water, en als men nu 10,3 meters deelt door 13,6, verkrijgt men 0,76 meter.

Torricelli vond nu dadelijk een instrument uit, dat nog heden ten dage veel gebruikt wordt. Men meet er de drukking der lucht mede, want die is volstrekt niet altijd even groot. Zoo een instrument heet een *barometer*. Dat woord wil eigenlijk niets anders zeggen dan zwaartemeter maar de bedoeling is: van de lucht; men moest het dus liever noemen:

Fig. 268.

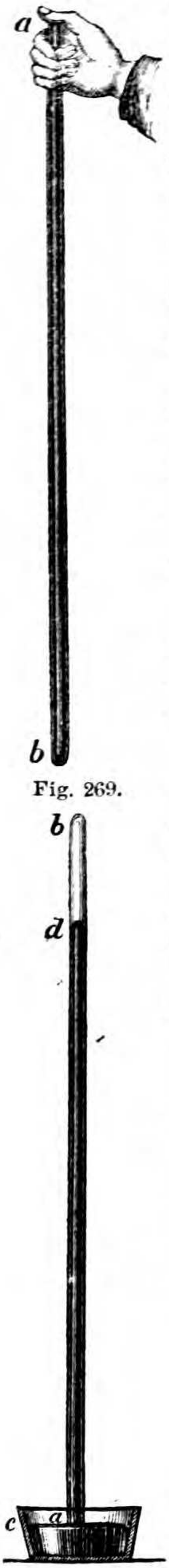


Fig. 269.

luchtweger. Zie eens hier, waaruit het bestaat. Als men, fig. 268, eene glazen buis neemt, van omtrent 9 decimeters lang. *a b*, die aan den eenen kant *b* toe en aan den anderen kant *a* open is, dan kan men die buis met kwik vullen. Daartoe moet men het gesloten eind *b* beneden houden en dan door het open eind *a* kwik ingieten. Als nu die buis geheel vol is, en men drukt er den duim sterk op, fig. 268, zoodat er geene lucht in is, dan kan men die buis omkeeren, en in een bakje *c* steken fig. 269, waar ook kwik in is. Wat gebeurt er nu, als men den vinger loslaat? Onmiddellijk zakt de kwik van *b* tot *d*, en blijft daar staan. Meet men nu, hoe hoog de kwik in de buis staat, boven de oppervlakte in den bak, dat is, meet men *a d*, dan verkrijgt men ongeveer 76 centimeters. Het blijkt nu wel, hoe sterk de dampkring op de oppervlakte van de kwik drukt, namelijk zoo sterk, alsof op die oppervlakte in plaats van lucht kwik stond, ter hoogte van 76 centimeters. En dat die drukking nog al wat beteekent, kunt gij licht nagaan. Wij zullen eens berekenen, hoeveel die drukking is op een vierkanten centimeter, d. i. op eene ruimte, zoo groot als het vierkantje, dat gij in fig. 270 afgebeeld ziet. Als op zoo een vierkanten centimeter kwik rust, ter hoogte van 76 centimeters, dan zijn dat ook 76 kubieke centimeters kwik. Nu weegt een kubieke centimeter water een gram, en een kubieke centimeter kwik 13,6 gram. Op dien vierkanten centimeter rusten dus

$$76 \times 13{,}6 = 1033{,}6 \text{ gram}$$
$$= 1{,}0336 \text{ kilogram.}$$

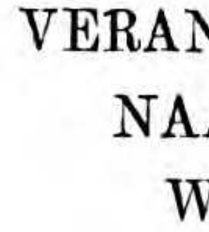
Ziedaar dus de drukking van den dampkring op één vierkanten centimeter. Een vierkante decimeter is honderdmaal grooter, dus is de drukking op een

vierkanten decimeter omtrent

103 kilogram.

Een kubieke decimeter water weegt juist een kilogram, en let gij er op, wat ik u gezegd heb, dat het water door de drukking van den dampkring 10,3 meters of 103 decimeters opgedrukt kan worden, dan ziet gij wel dat er op zoo een vierkanter decimeter 103 kubieke decimeters water staan moet om dezelfde drukking te geven als de dampkring, dus dat is weder 103 kilogram, even als wij zoo even gevonden hebben.

Fig. 270.



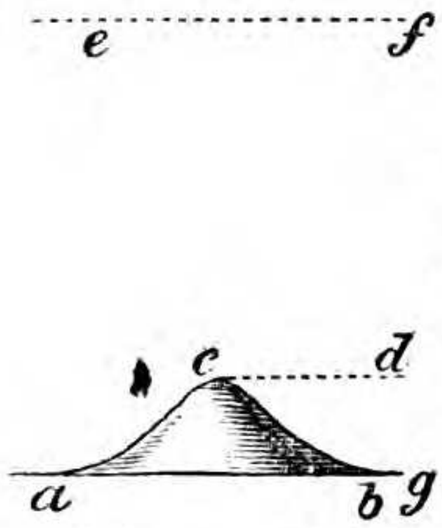
---

§ 143.

VERANDERLIJKHEID VAN DE DRUKKING DER LUCHT, NAAR GELANG DER HOOGTE. ONZEKERHEID WAAR DE GRENS VAN DEN DAMPKRING IS.

Toen Torricelli nu zoo een barometer gemaakt had, begreep hij dadelijk, dat als men dien op een berg bracht, de kwik minder hoog moest staan. Want zij nu, in fig. 271, *a c b* een berg, *e f* de grens van den dampkring; nu ziet gij wel, dat, als ik den barometer in *b* plaats, aan den voet van den berg; de geheele dampkring, van *e f* tot *a b g*, op de oppervlakte van den bak drukt; maar plaats ik hem op den top *c*, dan drukt er slechts het gedeelte van *e f* tot *c d* op, dus veel minder dan aan den voet.

Fig. 271.



ABDULLAH. En hoeveel scheelt dat dan wel?

DE HEER. O, dat verschil is zeer spoedig merkbaar. Op een berg als de Slamat, van 3427 meters hoogte, staat de de kwik in een barometer niet meer 76 centimeters hoog, maar slechts 50,6, dus dat is juist $\frac{2}{3}$ van 76 centimeters. De lucht, die van de oppervlakte van den aardbodem tot de

hoogte van den top begrepen is, weegt dus $\frac{1}{3}$ van den geheelen dampkring.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dan is het toch wel gemakkelijk te weten, hoe hoog de dampkring is.

DE HEER. Gij zoudt misschien denken, driemaal zoo hoog als de Slamat, maar dan zoudt gij geheel en al misraden. Want daar boven op dien Slamat, is de lucht zelf dunner dan hier beneden en dat is natuurlijk, want die lucht wordt niet door zoo een zwaren dampkring samengeperst. De drukking van den dampkring is slechts $\frac{2}{3}$ van hier beneden, en daardoor is de lucht ook $\frac{2}{3}$ zoo dicht als hier. Als dus hier 1 liter lucht weegt 1,18 gram, zoo als ik u heb uitgelegd, dan weegt 1 liter lucht op den Slamat slechts $\frac{2}{3}$ van 1,18 of 0,79 gram.

Gij ziet dus wel, dat in plaats van nog tweemaal zoo hoog als de Slamat boven den top, gij zoudt moeten nemen driemaal zoo hoog, namelijk de helft meer. De geheele dampkring zou dan worden 4 maal de hoogte van den Slamat. Maar die berekening zou ook al niet deugen, want stel eens, dat gij in de hoogte kondet stijgen, hoog boven den top van den Slamat, dan zoudt gij, als gij ongeveer even zoo veel hooger waart gekomen, als hij zelf hoog is, de dubbele hoogte van den Slamat, namelijk 6854 meters hoog zijn; maar dan zou de barometer ook weer slechts omtrent $\frac{2}{3}$ van de vroegere hoogte of 33,7 centimeter wijzen. Die lucht is dus weer zooveel ijler of dunner dan op den Slamat, en als men dat in aanmerking neemt, dan ziet gij wel, dat gij in plaats van 4 maal de hoogte van den Slamat weer veel meer moet nemen. Zoo zoudt gij telkens bij uwe berekening de hoogte weer moeten vergrooten, en eindelijk zoudt gij tot het besluit komen, dat de dampkring geen grens heeft, maar hoe langer hoe dunner wordt, hoe hooger men komt.

ABDULLAH. Maar heeft dan de dampkring geen grens?

DE HEER. Ja, een grens moet hij zeker hebben, want de dampkring draait met de aarde mede om hare as, dit weet gij

nog wel. Nu herinnert gij u wel, wat ik u vroeger van de middelpuntvliedende kracht verteld heb?

ABDULLAH. O ja, mijnheer, dat een steen, dien men slingert, van de hand weg wil vliegen.

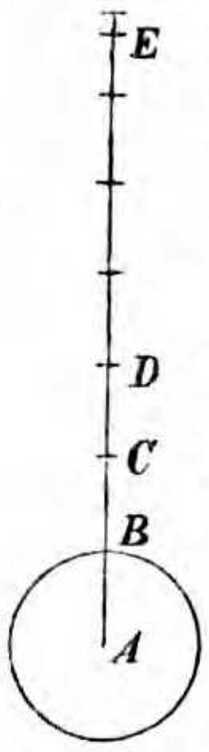
DE HEER. Ja, maar ik bedoel: wat werkt de middelpuntvliedende kracht op het gewicht der lichamen uit?

ABDULLAH. Nu herinner ik het mij, u hebt mij uitgelegd dat hun gewicht daardoor vermindert.

DE HEER. Ja juist. De proeven der natuurkundigen hebben aangetoond, dat de zwaartekracht op plaatsen die, even als Pontianak, op de evennachtslijn liggen, 289 maal sterker is dan de middelpuntvliedende kracht.

Maar dit is waar voor de *oppervlakte* der aarde. Klimt men nu op een berg, dan vermindert de zwaartekracht, maar de middelpuntvliedende kracht neemt toe. Maar dat scheelt nog zoo veel niet, als zoo een berg niet hooger is dan de bergen, die op de aarde zijn. Laat ons eens letten op

Fig. 272.



een luchtdeeltje C, fig. 272, dat zoo ver van de oppervlakte der aarde is, als de straal zelf bedraagt, dan is de afstand tot het middelpunt A daar 2 maal grooter dan op de oppervlakte. Ik bedoel $A\ C = 2 \times A\ B$. Als dat luchtdeeltje zich nu boven de evennachtslijn bevindt, dan is de middelpuntvliedende kracht daar 2 maal grooter, maar de zwaartekracht 4 maal kleiner dan in B. De verhouding tusschen de zwaartekracht en de middelpuntvliedende kracht is dus nu 8 maal kleiner dan vroeger, en de zwaartekracht is daar dus nog maar 36 maal grooter dan de middelpuntvliedende kracht.

Beschouwen wij nu een luchtdeeltje in D, weer zooveel hooger als de straal der aarde bedraagt, dan wordt de zwaartekracht 9 maal kleiner dan in B, op de oppervlakte, en de middelpuntvliedende kracht 3 maal grooter, dus wordt de verhouding van beide nu 9×3, d. i. 27 maal kleiner, dat wil zeggen, dat de zwaartekracht daar nog $\frac{289}{27}$ of 10,7 maal grooter is dan de middelpuntvliedende kracht. Daar zal dus nog altijd

een luchtdeeltje kunnen blijven, zonder door de wenteling van de aarde om hare as weggeslingerd te worden.

Gaan wij nu nog verder en verder, en beproeven wij telkens, hoe de verhouding tusschen die beide krachten is, dan zien wij eindelijk dat, als het luchtdeeltje ergens in E is, 6,6115 maal verder van het middelpunt A, dan de lengte van den straal $A\ B$ bedraagt, de zwaartekracht dan

$$6{,}6115 \times 6{,}6115 = 43{,}712 \text{ maal kleiner,}$$

en de middelpuntvliedende kracht

6,6115 maal grooter is,

dus dan is de verhouding

$$6{,}6115 \times 43{,}712 \text{ d. i. } 289 \text{ maal kleiner;}$$

dat wil zeggen: daar is de zwaartekracht even groot als de middelpuntvliedende kracht. Verder dan het punt E is de middelpuntvliedende kracht grooter dan de aantrekkingskracht, en zou dus zoo een luchtdeeltje onmogelijk tot de aarde of haren dampkring kunnen blijven behooren.

Dit geldt nu voor den dampkring boven de evennachtslijn, maar boven andere plaatsen, boven Europa bijv., zou hij veel hooger kunnen zijn.

Nu is het wel mogelijk, dat de dampkring der aarde zoo hoog niet reikt, maar zoo als ik u gezegd heb, men weet het niet zeker.

ABDULLAH. Maar, mijnheer, u hebt toch vroeger gezegd dat de dampkring misschien nog geen 80 paal hoog was?

DE HEER. Ja maar ik zal u zeggen hoe gij dat moet opvatten. De natuurkundigen hebben bestudeerd, hoe sterk wel de dichtheid der lucht vermindert, waarmede die lucht hooger boven de oppervlakte der aarde is, en hebben toen gevonden, dat als de lucht overal even warm was, en als men zich niet te hoog boven de oppervlakte der aarde verheft, die wet van vermindering heel eenvoudig is. Die is namelijk dan zoo, dat als men *gelijke* hoogten opklimt, de dichtheid der lucht in *gelijke* mate afneemt.

Wij hebben nu gezien dat voor éénmaal de hoogte van den

Slamat de dichtheid der lucht wordt $^2/_3$, en daaruit besluiten wij nu, als wij niet op de warmte der lucht letten, dat voor 2 maal die hoogte de dichtheid wordt $\frac{2}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{4}{9}$,

» 3 » » » » » » $\frac{4}{9} \times \frac{2}{3} = \frac{8}{27}$,

» 4 » » » » » » $\frac{8}{27} \times \frac{2}{3} = \frac{16}{81}$ of omtrent $\frac{1}{5}$,

» 8 » » » » » » $\frac{16}{81} \times \frac{16}{81} = \frac{256}{6561}$ » » $\frac{1}{25}$,

» 16 » » » » » » $\frac{256}{6561} \times \frac{256}{6561}$ = omtrent $\frac{1}{625}$.

Nu is 16 maal de hoogte van den Slamat $16 \times 3427 = 54\,832$ meters, en de straal van den aardbol is 6 366 000 meters, dus is 54 832 meters nog maar pas $\frac{1}{116}$ van den straal.

Gij ziet dus nu uit die berekening, hoe spoedig de dichtheid van den dampkring afneemt. $\frac{1}{116}$ is nog maar een klein gedeelte; als gij eene globe hebt van $4\frac{1}{2}$ decimeter middellijn, dan is de straal $2\frac{1}{4}$ decimeter, en daarvan is $\frac{1}{116}$ omtrent 2 millimeters. En nu is op zulk eene kleine hoogte de dichtheid der lucht reeds verminderd tot $\frac{1}{625}$ van de oorspronkelijke waarde. Die dichtheid is reeds zoo gering, dat geen dier een oogenblik in zulke dunne lucht zou kunnen leven.

Nu is een paal 1506,9 meters; dus zijn die 54 832 meters nagenoeg $36\frac{1}{2}$ paal. Op dien afstand van de oppervlakte is dus de lucht 625 maal dunner geworden. Als nu weer $36\frac{1}{2}$ paal verder de lucht nog weder zooveel dunner werd, dan zou men op 73 paal hoogte boven de oppervlakte der aarde eene lucht krijgen, die omtrent 625×625, dat is 390 625 maal dunner was dan die hier beneden; rekent men nu uit, hoe groot de dichtheid der lucht nog 7 paal verder, dus op 80 paal hoogte is, dan vindt men, dat op die hoogte de lucht 1 340 000 maal dunner is dan hier; en daarom kan men wel zeggen, dat daar geen dampkring meer is; maar gij begrijpt wel, geheel juist is dit niet.

Nu is de berekening, die ik u heb voorgedaan, niet in alle opzichten juist, maar toch nauwkeurig genoeg, om u te doen zien, dat men op eene hoogte van 80 paal, of anders gezegd 120 000 meters, al een uiterst dunnen dampkring heeft.

Of er nu een grens beneden het punt *E* van fig. 272 bestaat, waarbuiten werkelijk geen luchtdeeltjes meer zijn, die tot den dampkring der aarde behooren, met dien dampkring omwentelen, en met de aarde om de zon loopen, daaromtrent is niets zekers bekend.

Toen ik u dus zeide, dat de dampkring misschien nog geen 80 paal hoog was, bedoelde ik een dampkring, die nog eene merkbare dichtheid had.

Ik zeide ook *misschien*, en daaruit kondet gij al opmaken, dat ik het niet als iets zekers wilde opgeven. Er zijn zelfs redenen, waarom men bijna zeker kan zijn, dat de dampkring zich nog verder dan 80 paal uitstrekt, maar die heeft men pas in de laatste jaren bedacht, en die zal ik u op zijn tijd wel mededeelen. Daar is die dampkring dus nog dunner dan wij al berekend hebben. Maar wat beteekent dit?

Ik heb u vroeger eens medegedeeld, dat hier beneden op de oppervlakte der aarde een kubieke decimeter van de lucht op Java 1,18 gram weegt. Zoo ver af is de lucht veel kouder dan hier en daardoor sterk ingekrompen en dus ook zwaarder. Neem dus in plaats van die 1,18 gram aan 2 gram; dan zou als de lucht 1 340 000 maal verdund is, 1 340 000 kubieke decimeters of 1 340 kubieke meters 2 gram wegen; 500 maal zooveel of 670 000 kubieke meters wegen dus een kilogram; maar stel u nu eens eene vierkante zaal voor, die 87,5 meters lang, breed en hoog is, dan heeft zulk eene zaal een inhoud van 670 000 kubieke meters en de lucht, die in die zaal was, zou wel zeer dun zijn, maar vereenigd toch nog een kilogram wegen. Op die wijs ziet gij dus, dat er nog een onderscheid is tusschen dunne lucht, en in het geheel geen lucht.

---

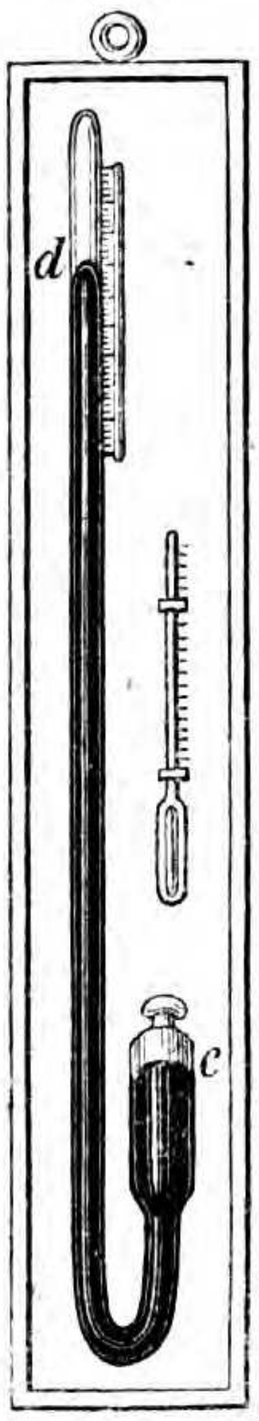
§ 144.

ANDERE VORMEN VAN BAROMETERS.

ABDULLAH. Mijnheer, U hebt mij laatst verteld, dat die

italiaansche geleerde, Torricelli, den barometer had uitgevonden. Die bestond, zoo als u mij zeidet, uit een glazen buis, van boven gesloten, staande in een bakje, en gevuld tot zekere hoogte met kwik; maar ik was gisteren op het kantoor van den heer P., en daar hing aan den muur een rond instrument, ik dacht dat het een uurwerk was, er waren wijzers aan. Maar die mijnheer zeide: het was een barometer.

Fig. 273.



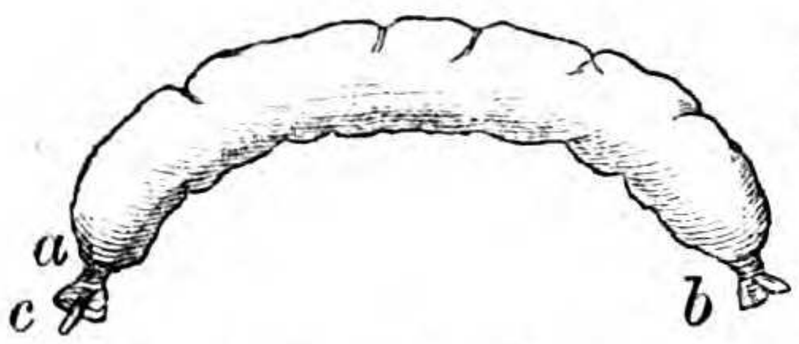
DE HEER. O ja, dat is best mogelijk. Er zijn verschillende soorten van barometers. Eerst moet ik u opmerken dat die kwikbarometers, zoo als ik u die beschreven heb, nog in een anderen vorm in gebruik zijn. Zie eens deze figuur, fig. 273. Hier ziet gij op een plankje eene omgebogene glazen buis, met ongelijke beenen. Het langste been is toe, het kortste is open. Als men daar nu kwik in laat loopen, zóó, dat het lange been geheel vol is, en dat er een weinig kwik in het korte been is, en als men dan die buis zoo zet, als in de figuur is aangetoond, dan zakt de kwik in het lange been een weinig en rijst in het korte; de kwik staat dan zoo als de figuur aantoont. Wat nu vroeger de oppervlakte van de kwik in het bakje was, is nu de oppervlakte *c* van de kwik in het korte been, en de hoogte van *d* boven *c* duidt dus hier aan, hoe hoog eene zuil kwik zijn moet, om even veel drukking uit te oefenen als de dampkringslucht. Er moet dus achter zoo een barometer eene verdeeling zijn, waarop men de hoogte, zoowel van *c* als van *d* kan aflezen.

Maar nu hebt gij mij gesproken van een barometer, die aan den muur hing en er uitzag als een klokje of uurwerk. Ik zal u eens uitleggen, wat dat voor een instrument is. Er zijn twee soorten van die barometers in gebruik, beide geven ook de drukking der lucht aan, maar bevatten geen kwik en ook geene andere vloeistof. Men noemt ze *aneroide-barometers* of *metaal-barometers.*

Zij worden tegenwoordig door de geheele wereld gebruikt, omdat men ze zoo gemakkelijk vervoeren kan, hetgeen men een kwik-barometer niet doen kan; maar zij wijzen niet altijd nauwkeurig aan.

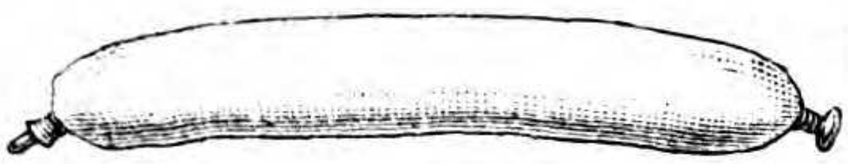
Ik zal u eens vertellen hoe de inrichting is van een dier aneroide-barometers, namelijk van die soort, die men tegenwoordig het meest vindt; ook hier op Java kunt gij ze veel zien: verscheidene menschen bezitten er een. Zij zijn in 1853 uitgevonden door Bourdon, instrumentmaker in Parijs.

fig. 275.



Als men een stuk darm, dat krom is, opblaast, dan zal men zien, dat hoe sterker men blaast, hoe meer het zich recht zal uitstrekken, zie fig. 275 en 276. Hier ziet gij een stuk darm *a b*. Aan het eene einde *b* is het goed toegebonden,

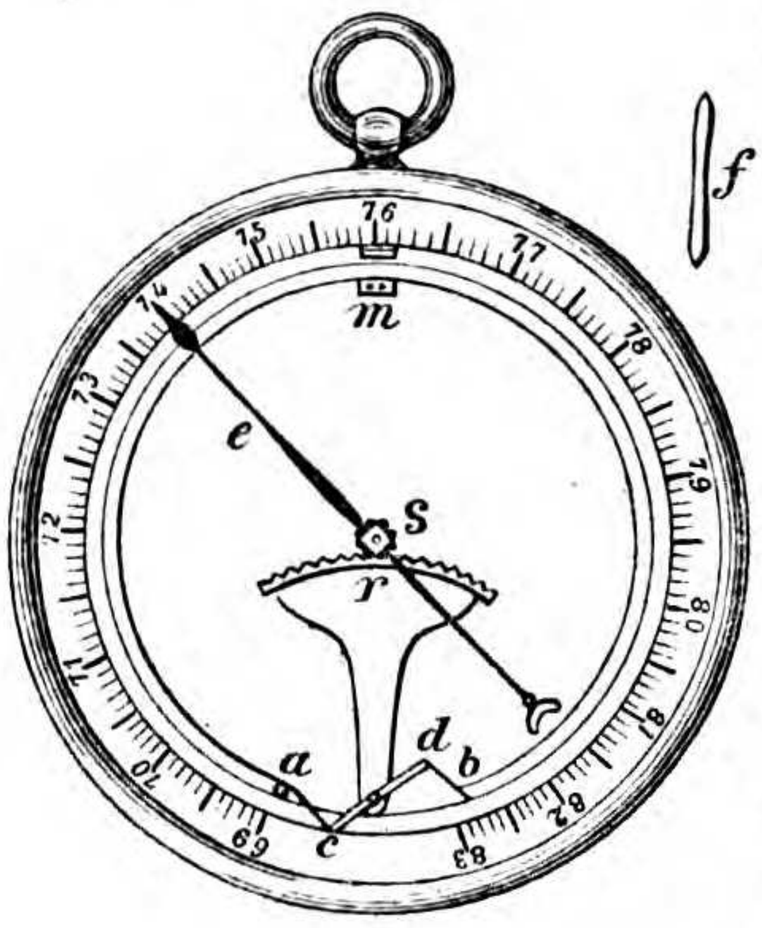
fig 276.



het andere eind is over een bamboesje *a c* ook stevig vastgebonden. Blaast men nu door het bamboesje den darm op, dan verkrijgt hij eerst den vorm fig. 275; en als men nog harder blaast, den vorm fig. 276.

Nu kan men, zoo dacht Bourdon, de zaak omkeeren. Van binnen kan ik dezelfde hoeveelheid lucht er in laten, en dus

Fig. 274.



den darm aan beide zijden toebinden, als hij eenmaal opgeblazen is. Als dan van buiten de drukking der lucht vermindert, dan moet dat dezelfde werking doen, alsof de drukking van binnen vermeerdert; en omgekeerd.

Die eigenschap nam nu Bourdon te baat om zijn aneroide-barometer te maken. Binnen in de doos van den barometer, dien gij gezien hebt, is, zie fig. 274, eene buis van geel koper, *a m b*, die moet nu werken even als het stuk darm,

waarvan ik u gesproken heb. Dat geel koper, waarvan die buis gemaakt is, is dan ook uiterst dun, zoo als fijn papier. — Die buis is niet rond, maar als men haar doorsnijdt, verkrijgt men eene doorsnede even als *f*.

Vermindert nu van buiten de luchtdrukking, dan doet het, zoo als ik zeide, dezelfde uitwerking, alsof die drukking van binnen vermeerdert, dus dan wil de kromme buis *a m b* zich rechtuit spannen, en dan trekken die beide uiteinden *a* en *b* de kleine rechte staafjes *a c* en *b d* naar zich toe. Deze zijn vast aan het rad *r*, waarvan maar een gedeelte aanwezig is, de tandjes van dat rad *e* werken, even als in een horloge, op de tanden van een klein raadje *s*, waaraan de wijzer *e* bevestigd is. De wijzer draait dus linksom.

Het spreekt van zelf, dat als de drukking van den dampkring toeneemt, dan de werking precies tegenovergesteld is. Dan beweegt de naald zich dus rechtsom.

Nu heeft men op den rand eene verdeeling met cijfers aangebracht, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, enz. Deze cijfers zijn nu zoo geplaatst, dat als de naald bijv. 74 wijst, een gewone kwikbarometer 74 centimeters luchtdrukking aangeeft enz., en het is dus hetzelfde, of men op een kwikbarometer of op een aneroide-barometer ziet. En dan heeft zoo een aneroide-barometer het voordeel, dat men hem in een rijtuig of overal mede kan nemen, terwijl men met een kwikbarometer altijd zeer voorzichtig moet zijn.

---

§ 145.

GEBRUIK VAN DEN BAROMETER. WEERVOORSPELLING. HOOGTEMETING.

ABDULLAH. Ja maar mijnheer, er stonden op den barometer, dien ik bij dien mijnheer op het kantoor gezien heb, niet alleen

getallen op den rand, maar ook hoe het weder was, ten minste dat vertelde die mijnheer mij.

DE HEER. Ja, dat komt omdat de barometer in Europa, en ook op zee veel gebruikt wordt om er op te zien of er ook gevaar is voor slecht weder. Men heeft namelijk in Europa ondervonden dat, wanneer het gaat stormen, de lucht lichter wordt, dat wil zeggen, de barometer daalt. Is het daarentegen mooi weder, dan staat de barometer veelal hoog. En nu keert men het om en zegt: als de barometer daalt, dan hebben wij harden wind te wachten. en als hij rijst of zeer hoog blijft staan, dan is er vooruitzicht, dat het weder goed en de lucht helder blijft. Maar dat komt dikwijls niet precies uit.

Hier in Indië gaat die regel in het geheel niet op, en men kan er dus hier nog minder op aan dan in Europa. Op zee is de barometer voor de kommandanten of gezagvoerders van schepen van veel nut, omdat als de barometer daalt, het kan gebeuren dat er storm komt, en dan kunnen zij dus zeil minderen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u zeidet: men kan zoo een aneroide-barometer zoo gemakkelijk medenemen, welk nut heeft dat dan?

DE HEER. Wel, dat zal ik u zeggen. Als men een land en vooral een bergachtig land als Java wil leeren kennen, dan is het dikwijls van veel belang dat men weet, hoe hoog eene plaats boven het oppervlak der zee is, of hoe veel de eene plaats hooger is dan de andere. Dat kan men nu wel door waterpassen te weten krijgen, zoo als de landmeters doen, maar het is toch wel gemakkelijk als men een eenvoudig middel heeft om in een oogwenk te zien hoe hoog een punt is boven een ander. Dit komt bijv. te pas, als men eene waterleiding wil maken, zoo als elke Javaan wel weet. Men kan het water wel laten loopen van eene hoogere plaats naar eene lagere, maar niet omgekeerd van eene lagere naar eene hoogere. Evenzoo is het van belang, als er een spoorweg moet aangelegd worden; want men mag den weg niet te veel helling geven, dan kan de locomotief de wagens niet optrekken.

In die gevallen nu is een barometer een zeer gemakkelijk instrument, want die wijst de drukking der lucht aan.

Nu heb ik u immers vroeger medegedeeld, dat reeds Torricelli begrepen had, dat op eene hoogte de drukking der lucht geringer moest zijn dan in de laagte, en het gevolg is natuurlijk, dat men, door middel van een barometer, zeer gemakkelijk de hoogte van een heuvel of berg vinden kan, als men maar nagaat, hoeveel millimeters hij daalt, als men hem op dien heuvel of berg brengt. Op Java is in de vlakte de lucht ongeveer 850 maal lichter dan water, en water is ongeveer 13,6 maal lichter dan kwik, dus is de lucht $850 \times 13{,}6$ dat is 11 560 maal lichter dan kwik. Op Java moet men dus den barometer in de vlakte ongeveer 11 560 millimeters of 11,56 meters naar de hoogte brengen, voordat de barometer 1 millimeter daalt; is men reeds op zekere hoogte, dan is de lucht nog veel lichter, dus dan is het meer. Bijv. op den Slamat heeft de lucht slechts eene dichtheid, gelijk aan $^2/_3$ van de dichtheid in de vlakte, dus moet men daar anderhalf maal meer lucht nemen om met één millimeter kwikhoogte evenwicht te maken, dat is dus omtrent 17 meters. Gij ziet dus, dat er eene berekening bij noodig is, die niet zoo geheel eenvoudig is, om uit de hoeveelheid van de daling van den barometer de hoogte van den berg of heuvel af te leiden, maar in de handboeken over de landmeetkunde vindt men de voorschriften, hoe men de berekeningen maken moet.

---

§ 146.

OVER DE TEMPERATUUR DER LUCHT EN OVER DE THERMOMETERS. THERMOMETERS VAN GALILEI, MET LUCHT GEVULD.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u zeidet zoo even, en hebt het, meen ik, vroeger ook gezegd, dat op Java in de vlakte de lucht ongeveer 850 maal lichter is dan water. Ik begrijp

nu wel, dat u er bij gezegd hebt: in de vlakte, want op een berg is de lucht nog lichter; maar waarom zegt u: op Java? Is het dan op andere plaatsen anders?

DE HEER. Bedenk maar eens wat ik u vroeger al eens heb laten zien, dat de lucht door de warmte vrij sterk uitzet. Als nu de lucht uitzet, wordt zij natuurlijk dunner en lichter; en daarom zal, als de lucht op eene plaats warmer is dan op de andere, daar de lucht ook dunner zijn, en dus zal er meer lucht noodig zijn om evenveel te wegen als één millimeter kwik. Nu ligt Java niet ver van de evennachtslijn, en de lucht is er in het algemeen warmer, dan op plaatsen, die ver van de evennachtslijn gelegen zijn. Is het nu kouder, dan moet men met de meting van hoogte door den barometer, natuurlijk daarop letten en de berekening daarnaar inrichten.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe kan dat geschieden?

DE HEER. Wel, dat zal ik u mededeelen. De warmte, niet alleen van de lucht, maar ook van vloeistoffen, ja van vaste stoffen, kan men meten, d. i. in een getal uitdrukken. Dat meten van de warmte is ook eene schoone uitvinding, evenals die van den barometer.

En die zaak is zeer eenvoudig. Ik heb u onlangs immers medegedeeld, dat de gassen, dus ook de lucht, verder alle vloeistoffen en eindelijk alle vaste lichamen, bijv. metalen, uitzetten door de warmte.

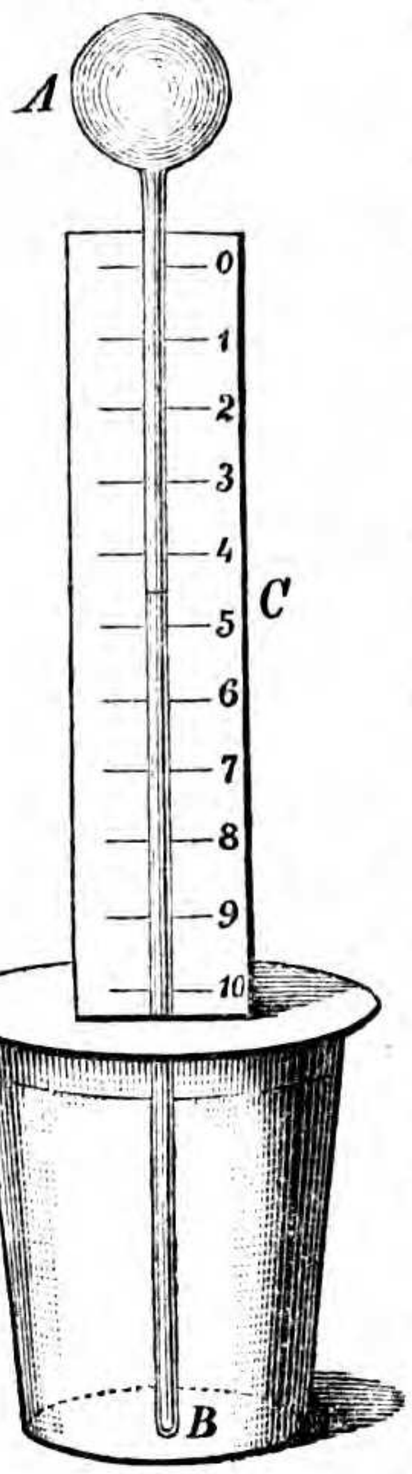
Nu zetten de gassen het sterkste uit, en het is dus niet te verwonderen, dat de eerste, die een instrument wilde maken om de warmte na te gaan, daarvoor een fleschje met een langen hals nam, waarin niet anders was dan lucht, en dat fleschje in een bakje water stak (zie fig. 277).

ABDULLAH. En wie was dat dan?

DE HEER. Wel, dat was Galilei, die italiaansche geleerde, over wien ik u al eens vroeger gesproken heb, toen ik u over de slingeruurwerken vertelde. Het is waarschijnlijk in of omtrent het jaar 1603 geweest, dat Galilei zoo een instrument maakte.

Om zulk een instrument te kunnen gebruiken, moet het

Fig, 277.



water in de steel opstijgen, en om dat te verkrijgen, houdt men den bol *A* in de hand; nu wordt de lucht, die daarin is, warm en zet uit, en er ontsnapt dus door de opening *B* een gedeelte, dat men als luchtbellen ziet opstijgen. Laat men dan den bol *A* los, dan bekoelt de lucht in dien bol: die lucht krimpt dus in, en het water uit het glas stijgt in de buis *B A* op, bijv. tot *C*; natuurlijk ook, omdat de dampkring op het water drukt, dat in het glas is. Wordt nu de buitenlucht warmer, dan wordt de bol *A* warmer, de lucht die er in is, zet uit, en het water daalt in de buis *B C*.

Als men nu een plankje aan de buis bevestigt met eene verdeeling, zooals figuur 277 aangeeft, dan kan men het punt, tot waar het water komt, gemakkelijk herkennen. Men kan zoo een instrument dan bijv. zóó maken, dat het water 's nachts, als het zeer koud is, rijst tot de 0, (zie de figuur) en 's namiddags als het het heetst van den dag is, daalt tot 10, en dan kan men altijd aan het instrument wel zien, hoe het omtrent met de warmte gesteld is.

---

§ 147.

THERMOMETER VAN FERDINAND II, MET SPIRITUS GEVULD.

ABDULLAH. Wel, dat is wel een aardig instrument. En gebruikt men dat nu, om te zien hoe warm de lucht is?

DE HEER. Neen, thans niet meer. Men zag spoedig in

dat dit instrument een groot gebrek had. En begrijpt gij nu welk?

ABDULLAH. Laat eens zien. O ja, nu zie ik het al. U hebt gezegd: het water klimt in de buis door de drukking van den dampkring op het water in het glas, dus als de drukking van den dampkring minder wordt, dan moet het water in de buis ook dalen.

DE HEER. Ja juist, en dus kan men op de aanwijzing van het instrument niet aan. Rijst het water, dan weet men niet of het komt omdat het weder kouder is of omdat de lucht meer drukking heeft. Daalt het water in de buis, dan weet men niet of het warmer is geworden, of dat de lucht minder drukt. En gaat men er nu mede op een heuvel, dan daalt het water sterk in de buis, maar hoe komt dat? Niet omdat het daar warmer is, maar omdat de drukking van den dampkring er minder is dan onder aan den voet van den heuvel.

Dat nu Galilei aan dit alles niet gedacht heeft, moet u niet verwonderen, want ik heb u immers verhaald dat Torricelli in 1643 den barometer uitvond, dat is 40 jaar nadat Galilei dit instrumentje samenstelde, en zelfs een jaar na zijn dood. En vóór de uitvinding van den barometer had niemand eenig begrip van de drukking van den dampkring.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe moet het dan veranderd worden?

DE HEER. Wel, men begreep natuurlijk, dat men geen lucht meer in den bol moest laten, maar er eene vloeistof in doen; die wordt natuurlijk niet zoo ingedrukt als de drukking der lucht grooter wordt. Dan behoefde het instrument niet meer met den bol naar boven, maar kon dan met den bol naar onderen geplaatst worden, en het glas water werd onnoodig.

In Galilei's tijd was Italië geen koninkrijk evenals nu, het was verdeeld in een aantal kleine staatjes. Galilei woonde in Toscane, een groothertogdom. De groothertog, Ferdinand II, was een groot vriend en vereerder van Galilei, en zelf een liefhebber van de wetenschap.

Hij verbeterde nu het instrument van Galilei. Men noemt zulk een instrument een *thermometer*; dit is een grieksch woord en wil niets anders zeggen dan *warmtemeter*. De thermometer van Galilei was nu een *lucht-thermometer*, omdat de bol gevuld was met lucht.

Nu bedacht die groothertog, om er in plaats van lucht sterken spiritus in te doen.

ABDULLAH. Hé, mijnheer, spiritus? En waarom geen water?

DE HEER. Wel, water zou in een land, waar het zeer koud kan zijn, er niet goed voor deugen, want het zou des winters kunnen bevriezen. Als nu het water eenvoudig inkromp totdat het bevroor, en dan als ijs niet meer ruimte innam dan vroeger als water, dan zou men geen ander ongemak er van hebben, dan dat men den thermometer zoo lang niet gebruiken kon. Maar er komt nog iets bij. Het is wel eene vrij algemeene eigenschap der vloeistoffen dat zij uitzetten door de warmte en dus inkrimpen door koude, maar water maakt op dien regel eene uitzondering; als het kouder en kouder wordt, dan krimpt het wel in, maar dat gaat hoe langer hoe trager, en nog voor dat het zoo koud wordt dat het bevriest, houdt het inkrimpen op en zet het nog een weinig uit, dan wordt het dus weer lichter. En bevriest het, dat zet het zeer sterk uit, zoodat eene flesch, met water gevuld, als men haar in Europa bij vrieskoude buiten laat staan, zoodat het water bevriest, stuk springt. Dit zou dus met zoo een thermometer ook gebeuren, indien die met water gevuld was. Sterke spiritus heeft dat ongemak niet, die bevriest niet, de keuze van Ferdinand II was dus zoo kwaad niet; dergelijke spiritusthermometers worden nog dikwijls gemaakt, en om den spiritus goed zichtbaar te maken, wordt hij rood of blauw gekleurd.

En opdat de spiritus niet zou verdampen en dus verminderen, liet die Ferdinand II de thermometers niet open, maar hij liet het eind der buis toesmelten.

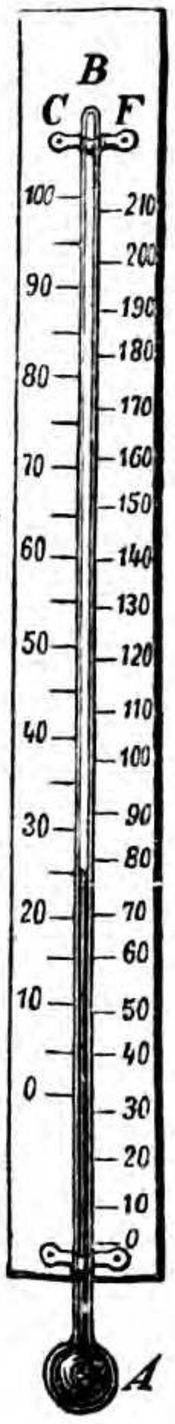
§ 148.

THERMOMETER, DOOR HALLEY VOORGESTELD, MET KWIK GEVULD.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u zegt: zij worden nog dikwijls gemaakt, maakt men ze dan gewoonlijk anders?

DE HEER. Ja, de spiritus kookt veel spoediger dan water, en dus, als men een thermometer in kokend water dompelt, en hij is gevuld met spiritus, dan zou men gevaar loopen dat de bol sprong; daarom heeft men er op gedacht, eene vloeistof te gebruiken, die niet zoo gemakkelijk kookte, en ook genoeg uitzet, om voor een thermometer te kunnen dienen. Dit is het eerst gelukt aan een engelsch natuurkundige, met name Halley; hij onderzocht, hoeveel een aantal verschillende vloeistoffen zich wel uitzetten, als men ze van de gewone luchtwarmte tot de hitte van kokend water verwarmt. En hij vond dat behalve spiritus ook kwik zich vrij sterk uitzet. Nu kan kwik wel koken, maar veel moeilijker dan spiritus of water; en nu was Halley, omstreeks 1695, de eerste, die kwik voor thermometers aanbeval. Tegenwoordig wordt ook in de meeste thermometers kwik gebruikt. Zie hier nu, hoe zoo een thermometer er uitziet, fig. 278; gij zult ze echter toch wel eens gezien hebben?

Fig. 278.



ABDULLAH. O ja, mijnheer, ik geloof, dat zij op de suikerfabriek hier in de buurt zijn.

DE HEER. Dat denk ik wel, daar worden ze ten minste dikwijls gebruikt, want de fabrikant moet altijd kunnen zien, hoe warm het suikerwater in de pannen of ketels is. Gij ziet nu, dat zoo een thermometer bestaat uit een bolletje A, dat gevuld is met kwik, daarop is eene zeer dunne buis $A\ B$, die aan den bovenkant B toe is.

§ 149.

VASTE PUNTEN VAN DEN THERMOMETER. HET VRIESPUNT EN KOOKPUNT VAN WATER.

Die buis met dat bolletje is bevestigd op een plankje, waarop men eene verdeeling heeft aangebracht, zooals gij in de figuur ook ziet. Nu bestond er eene groote moeilijkheid; toen de thermometers al geruimen tijd uitgevonden waren, wenschten de geleerden en de instrumentmakers zoo gaarne bij het maken van hunne thermometers *vaste* warmtegraden te kennen, die overal hetzelfde waren, en dus licht terug te vinden. Want als nu iemand in Londen een thermometer maakte, en een ander in Florence of Parijs, een derde te Batavia; hoe kon men dan de getallen op die verdeelingen zoo maken, dat alle drie de thermometers precies gelijk waren, en dus, als men ze alle op dezelfde plaats bracht, en de eerste wees op 28, de tweede en derde dan ook op 28 wezen. Hier heeft men langen tijd naar gezocht, en de instrumentmakers, die geloofden het gevonden te hebben, maakten er zelfs een geheim van.

Het eerste vaste punt vonden eenige geleerden in Toscane omtrent het jaar 1660.

Als men ijs aan kleine stukjes stampt, en dat in een mandje laat smelten, zoodat het water wegloopt; en als men dan in dat ijs een thermometer steekt, dan ziet men dat het kwik daalt tot een zekere hoogte; daarop blijft het, zoolang er nog ijs smelt, en de thermometer er goed door omringd is; geeft men hier aan de buis een teeken, bijv. met inkt, dan ziet men, als men het een volgende keer weer doet, dat het kwik weer juist even hoog komt als vroeger. Daarom is de warmte, waarop het ijs smelt, geschikt om als een vast punt voor een thermometer te dienen.

Een tweede geschikt punt is het kookpunt van het water. Dit heeft weder die Engelschman Halley in 1695 gevonden. Het

is eigenlijk geen *vast* punt. Want op een berg kookt het water veel gemakkelijker dan in de vlakte.

ABDULLAH. Hé, mijnheer, hoe komt dat?

DE HEER. Dat zal ik u uitleggen. Eerst moeten wij weten wat koken is. Als het water kookt, wat doet het dan?

ABDULLAH. Dan borrelt het op.

DE HEER. En wat is dat opborrelen? Dat ziet gij het best, als gij water in een doorschijnend fleschje laat koken. Dan ziet gij, dat er luchtbellen in opstijgen, die op den bodem ontstaan. Die bellen zijn echter geene lucht, zoo als die, welke wij inademen, maar stoom, dezelfde stoom, waardoor de stoommachines in de suikerfabrieken, en de locomotieven en stoombooten gedreven worden.

Nu wordt de oppervlakte van water, dat in een pot of ketel kookt, gedrukt door den dampkring der aarde, en hoeveel die drukking is, heb ik u vroeger al medegedeeld; ongeveer 103 kilogrammen op den vierkanten decimeter.

Als men nu water verwarmt, dan wil dat water al dadelijk in stoom veranderen, maar door de sterke drukking van den dampkring moet het water eene zekere warmte of, zoo als men zegt, temperatuur verkrijgen, alvorens het dit doen kan. Wordt het zoo warm, dan begint het plotseling zich in stoom te veranderen, en men zegt dan dat het kookt; maar dan wordt het ook niet warmer meer.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als men nu het vuur heel groot maakt, dan kookt het water toch veel harder dan met een klein vuur.

DE HEER. Ja, dat is ook zoo, en toch wordt het water niet warmer. Al de warmte, die men het water nu door het vuur geeft, wordt gebruikt om het in stoom te veranderen, en juist daarom kookt het des te harder. Maar het water blijft even warm, en men ziet dat, als men er een thermometer in houdt. Daarom kan het kookpunt van het water als een vrij goed vast punt van eenen thermometer gebruikt worden, maar men moet er op letten, hoe sterk de drukking van den dampkring is.

ABDULLAH. Dus, mijnheer, hoe is het dan op een berg?

DE HEER. Wel dat is natuurlijk, dan heeft het water niet zulk eene hooge temperatuur noodig om te koken. Maar daarom moet men, om op een thermometer het kookpunt aan te teekenen, hem niet op eene hooge plaats, maar in de vlakte in kokend water steken, en daar kookt het water vrij wel altijd bij dezelfde warmte. En om zeker te zijn, moet men op den barometer kijken, hoe zwaar de lucht is; de barometer moet op 760 millimeters staan. De vaste punten, die ik u heb opgenoemd, worden nu gebruikt om de verdeeling der thermometers te maken.

---

§ 150.

DRIE VERSCHILLENDE SCHALEN VAN THERMOMETERS, FAHRENHEIT, CELSIUS EN REAUMUR.

Er zijn tegenwoordig drie verdeelingen of schalen van thermometers in gebruik. De eerste is door Fahrenheit, een amsterdamschen instrumentmaker, omtrent het jaar 1720 ingevoerd. Maar Fahrenheit gebruikte in het begin andere vaste punten dan die ik u genoemd heb, namelijk: hij mengde sneeuw met zout; hierdoor ontstaat eene sterke koude, die, als men het mengsel goed doorroert, nagenoeg altijd hetzelfde is. Het punt, waar de vloeistof in den thermometer bleef staan, als men hem in dit mengsel dompelde, noemde hij 0.

En nu had hij opgemerkt dat, als men den bol van een thermometer in den mond steekt, de vloeistof altijd zeer nabij tot dezelfde plaats komt, dat punt nummerde hij 96.

ABDULLAH. Maar waarom gebruikte hij dan ook niet kokend water voor het tweede vaste punt?

DE HEER. Omdat hij toen nog geen kwik gebruikte, hij gebruikte in den beginne nog sterken spiritus. En zoo als ik u al gezegd heb, is het niet geraden een thermometer, met spiritus gevuld, in kokend water te dompelen, want dan zou de bol kunnen springen.

Maar hij gebruikte later kwik. Nu zag hij, dat als hij zijne twee vaste punten bepaald had, zoo als hij gewoon was, zijn thermometer dan aanwees

in smeltend ijs: 32 graden,
in kokend water: 212 » .

Deze thermometer wordt nog veel gebruikt in Nederland, Nederlandsch Indië en Engeland. Op dien thermometer is de warmtegraad der lucht, te Batavia en andere kustplaatsen op Java, des morgens vroeg 70 tot 74 graden, en op het warmst van den dag 88 tot 94 graden.

Als gij iemand hoort zeggen: het is van daag 84 graden, dan weet gij zeker dat hij bedoelt: op den thermometer van Fahrenheit.

Nu moet ik u nog dit opmerken. De vaste punten, die Fahrenheit gebruikte, zijn niet geheel zeker. Sneeuw en zout, of ijs, met zout gemengd, geeft eene sterke koude, dat weet men op Java ook, want om waterijs of melkijs te maken, worden de ijsbussen altijd in een emmer met ijs en zout gedompeld, maar steekt men in dat mengsel een thermometer, dan ziet men wel, dat de koude van dat mengsel niet altijd gelijk blijft. De warmte in den mond is ook niet bij iedereen geheel gelijk, hoewel daarin geen groot verschil is. Daardoor kan het verklaard worden, dat als men den bol van een thermometer, die naar Fahrenheit verdeeld is, dat wil zeggen die in smeltend ijs 32, en in kokend water 212 graden wijst, in den mond steekt, de kwik niet gaat staan op 96°, maar eenige graden hooger.

De tweede thermometer, dien ik bedoeld heb, wordt tegenwoordig hoe langer hoe meer gebruikt, en zal dien van Fahrenheit en andere wel langzamerhand verdringen. Men noemt hem den *honderddeeligen* thermometer, omdat hij moet wijzen: in smeltend ijs 0, en in kokend water 100; dit geeft een verschil van 100 graden, terwijl het bij Fahrenheit 180 graden is.

Men noemt hem ook dikwijls den thermometer van Celsius, en drukt dat uit door bijvoeging van de letter C. Bij voor-

beeld 24° C wil zeggen 24° volgens de schaal van Celsius, even als 80° F wil zeggen 80° volgens de schaal van Fahrenheit.

Te Batavia is de luchttemperatuur het laagst, des morgens voor zonsopgang, namelijk 21 tot 23° C en de grootste hitte des namiddags 31 tot 34° C. Maar op de bergen is het veel kouder en op de toppen der hoogste bergen, zoo als de Slamat, de Lawoe, de Semeroe, gebeurt het dikwijls, dat de temperatuur onder de 0° C daalt, dus dan bevriest het water.

ABDULLAH. Heeft dus die Celsius den thermometer van 100 graden uitgevonden?

DE HEER. Ja, in het jaar 1742, maar Celsius plaatste de nul boven aan, waar de kwik blijft staan, als men den thermometer in kokend water dompelt, en de 100 onderaan, waar de kwik blijft staan, als men hem in smeltend ijs brengt; men noemt kortheidshalve die twee punten het *kookpunt* en het *vriespunt*. Celsius was een zweedsch geleerde, en een ander zweedsch geleerde, met name Strömer, veranderde dit, en plaatste een jaar of 8 later de nul bij het vriespunt en de 100 bij het kookpunt. Men noemde toen dien thermometer: den zweedschen thermometer.

Een fransch instrumentmaker, Christin, te Lyon, had reeds in 1743 een dergelijken thermometer vervaardigd als Strömer, en zijn thermometer, lyonschen thermometer genoemd. Zoo ziet gij, dat wel eens twee personen op hetzelfde denkbeeld kunnen komen.

Vroeger zijn nog een groot aantal andere verdeelingen in gebruik geweest, maar langzamerhand zijn er slechts drie overgebleven.

Twee er van heb ik u al genoemd, Fahrenheit en Celsius; men vindt dikwijls thermometers, waarop, zoo als in fig. 278 is afgebeeld, twee schalen aangegeven zijn: in die figuur is het Celsius en Fahrenheit; nu is er nog een derde soort, die veel in Duitschland gebruikt wordt. Deze thermometer wijst 0° in smeltend ijs en 80° in kokend water.

Hij is voorgesteld door een fransch geleerde, met name de

Luc, in 1772, maar men noemt hem gewoonlijk, naar een ander fransch geleerde, den thermometer van Reaumur. Dit is nu wel niet juist, want Reaumur maakte zijn thermometer anders, maar die vergissingen komen wel meer voor, en de een praat den ander na, zonder de zaak te onderzoeken. Zoo is het immers met den thermometer van Celsius ook. Daarom zou het maar beter zijn, dezen den *hondderddeeligen* te noemen, of met een fransch woord *centigrade*. Dit woord begint met eene C, en een franschman leest dus 100° C ook 100° centigrade.

Maar men is zoo gewoon hem „thermometer van Celsius" en dien anderen „thermometer van Reaumur" te noemen, dat eene verandering in de namen maar verwarring geven zou, daarom zullen wij ze ook maar zoo blijven noemen.

---

§ 151.

HERLEIDING VAN DE VERSCHILLENDE THERMOMETER-SCHALEN TOT ELKANDER.

Voordat wij nu verder ons onderwerp hervatten, moet ik u eens doen opmerken, dat als men weet, hoe hoog een thermometer staat, verdeeld op een van de drie wijzen, die ik u heb opgenoemd, het altijd eene eenvoudige zaak is om te weten, hoe hoog dan een thermometer staan zal, die eene andere schaal heeft.

Laat ons eerst eens opzetten de vaste punten op elk van die thermometers:

	Celsius	Fahrenheit	Reaumur.
Vriespunt	0°	32°	0°
Kookpunt	100°	212°	80°

Gij ziet nu zeker wel, hoe de verhouding is van de grootte der graden?

ABDULLAH. O ja, mijnheer. De tusschenruimte tusschen het vriespunt en het kookpunt is:

op den thermometer van Celsius 100°,
» » » » Fahrenheit 180°,
» » » » Reaumur 80°.

DE HEER. Ja, en nu kunt gij deze drie getallen door 20 deelen. Dan verkrijgt gij

$$5^\circ\ C = 9^\circ\ F = 4^\circ\ R.$$

En als gij nu maar oplet, dat het vriespunt bij den thermometer van Celsius en dien van Reaumur 0° en bij dien van Fahrenheit 32° is, dan ziet gij zelf wel, hoe de aanwijzingen dezer verschillende thermometers tot elkander kunnen herleid worden. Wij hebben namelijk in het geheel zes gevallen te onderscheiden.

1°. Celsius te herleiden tot Fahrenheit.
Bewerking: Celsius met $\frac{9}{5}$ vermenigvuldigen en 32° optellen.
Voorbeeld. Hoeveel Fahrenheit is 35° Celsius?
Antwoord $\frac{9}{5} \times 35 = 63$,
$63 \times 32 = 95^\circ$ Fahrenheit.

2°. Celsius te herleiden tot Reaumur.
Bewerking. Celsius met $\frac{4}{5}$ vermenigvuldigen.
Voorbeeld. Hoeveel Reaumur is 35° Celsius?
Antwoord. $\frac{4}{5} \times 35 = 28^\circ$ Reaumur.

3°. Fahrenheit te herleiden tot Celsius.
Bewerking. 32° aftrekken voor het vriespunt, en de rest met $\frac{5}{9}$ vermenigvuldigen.
Voorbeeld. Hoeveel Celsius is 98° Fahrenheit?
Antwoord. $98-32 = 66$,
$66 \times \frac{5}{9} = \frac{330}{9} = 36\frac{2}{3}^\circ$ Celsius.

4°. Fahrenheit te herleiden tot Reaumur.
Bewerking. 32° aftrekken voor het vriespunt, en de rest met $\frac{4}{9}$ vermenigvuldigen.
Voorbeeld. Hoeveel Reaumur is 98° Fahrenheit?
Antwoord. $98-32 = 66$,
$66 \times \frac{4}{9} = \frac{264}{9} = 29\frac{1}{3}^\circ$ Reaumur.

5°. Reaumur te herleiden tot Celsius.
Bewerking. Reaumur met $\frac{5}{4}$ vermenigvuldigen.
Voorbeeld. Hoeveel Celsius is 48° Reaumur.
Antwoord. $\frac{5}{4} \times 48 = 60°$ Celsius.

6°. Reaumur te herleiden tot Fahrenheit.
Bewerking. Reaumur met $\frac{9}{4}$ vermenigvuldigen en 32° optellen.
Voorbeeld. Hoeveel Fahrenheit is 48° Reaumur.
Antwoord. $\frac{9}{4} \times 48 = 108°$,
$108 + 32 = 140°$ Fahrenheit.

---

§ 152.

WARMTE OP JAVA. DAGELIJKSCHE AFWISSELING DER TEMPERATUUR ALDAAR.

DE HEER. Ik heb u nu medegedeeld, hoe een thermometer is ingericht, en gij begrijpt nu wel, dat men er de warmte der lucht mede kan bestudeeren. Die thermometers worden tegenwoordig door de instrumentmakers in Europa zoo veel gemaakt en overal verspreid, dat men ze niet alleen in steden als Batavia, Samarang en Soerabaja, maar ook in kleinere plaatsen dikwijls reeds voor weinig geld in de toko's koopen kan.

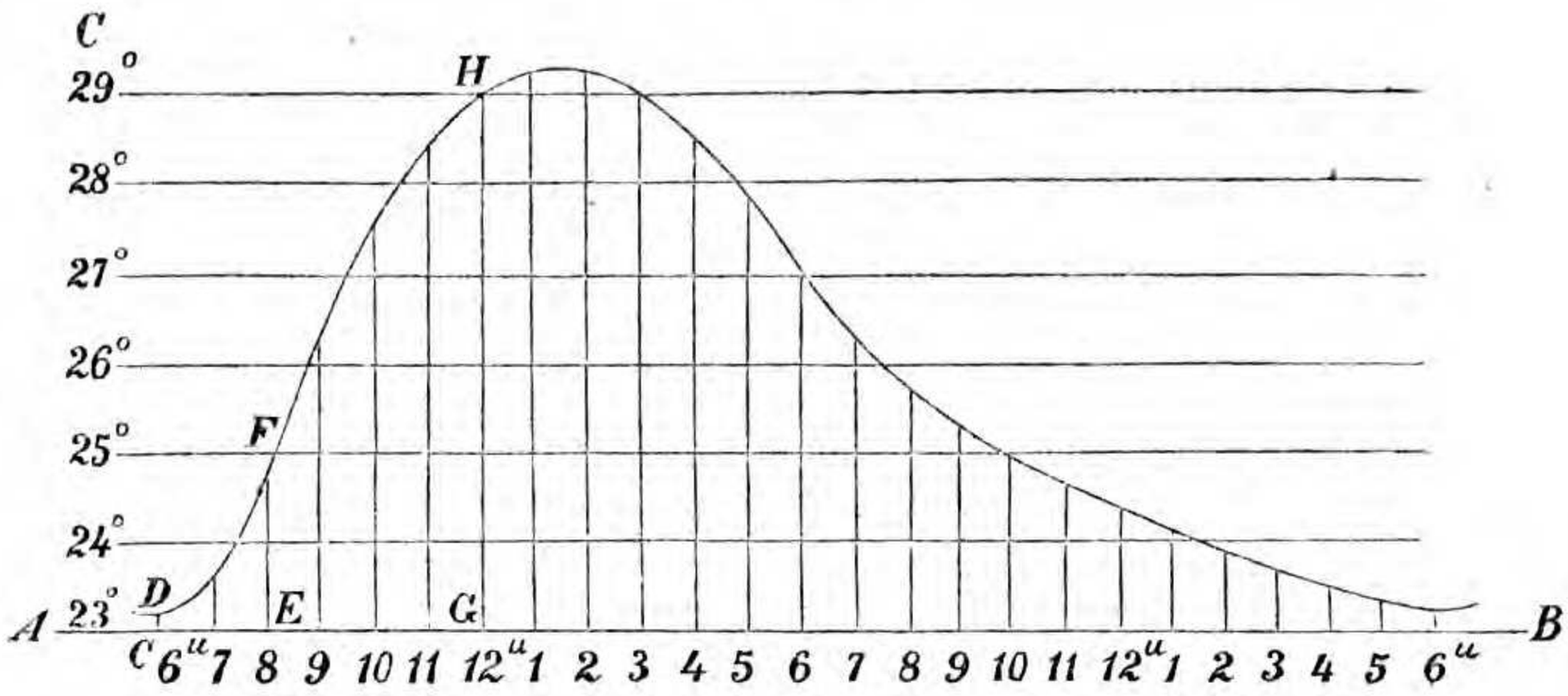
Overal, waar men letten moet op de warmte, zoo als bij de suikerbereiding, is zoo een thermometer van zeer veel nut. Steekt men den bol er van in eene pan met suikersap, dan kan men zien, hoe warm dat sap is, dus kan men zorgen, het niet te warm te maken.

Wil men nu zulk een thermometer gebruiken om te zien, hoe de lucht warmer en kouder wordt, dan moet men hem buiten hangen, zoo dat er de zon niet op schijnen kan, maar ook zoo, dat hij niet te dicht hangt bij muren of bamboezen paggers, waar de zon op schijnt. Ook mag de zon niet onder hem op den grond schijnen, want door al die oorzaken wordt de thermometer verwarmd en wijst dan te hoog.

Als men nu zulk een thermometer herhaalde malen des daags afleest, dan ziet men dat de grootste warmte der lucht plaats heeft gewoonlijk na den middag, meestal te een of twee uur, dan neemt de warmte eerst langzaam, dan sneller af, en ook nadat de zon ondergegaan is, blijft de warmte den ganschen nacht door afnemen tot den volgenden morgen bij zonsopgang. Dan staat de thermometer het laagst.

Te Batavia is die laagste temperatuur gemiddeld omtrent 23°,2 C, de hoogste, des namiddags te $1\frac{1}{4}$ uur, 29°,2 C, zoodat er tusschen beide een verschil is van 6° C. In fig. 279 ziet gij den loop der warmte gedurende den ganschen dag afgebeeld. Langs de lijn *A B* ziet gij cijfers, die de uren aanduiden, en

Fig 279.



uit de hoogte der loodlijnen *C D*, *E F*, *G H*, enz. kunt gij zien hoe warm het is, als gij maar let op de horizontale strepen en op de getallen, die op zijde staan.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe komt het, dat de lucht het warmste is te $1\frac{1}{4}$ uur, en niet te 12 uur op den middag? Dan staat de zon toch het hoogste.

DE HEER. Wel, dat is zeer eenvoudig. Wanneer neemt de warmte der lucht toe? Natuurlijk als de lucht meer warmte ontvangt dan verliest. Nu ontvangt de lucht warmte door de zon. Maar de lucht verliest warmte, doordien de aarde en de lucht evenzoo gedurig warmte uitstralen naar de hemelruimte. En dat verlies is zeer groot.

Dat de warmte uitstraalt even als het licht, kunt gij het

best gewaar worden bij een smid. Als die het ijzer gloeiend gemaakt heeft, om het te smeden, dan kunt gij het niet te dicht naderen, want de warmte zou uw huid verschroeien. Die warmte spreidt zich uit in rechte stralen, evenals het licht, en gij behoeft ook tusschen uw gezicht en het gloeiend ijzer slechts uwe hand of een plankje of wat anders te houden, om dadelijk geene warmte meer te gevoelen.

Als nu de zon op de aarde schijnt, dan slurpt de lucht ook warmte op, de verwarmde grond geeft ook warmte aan de lucht af; er zijn dus twee oorzaken, waarom de lucht warmer wordt.

Maar de grond en de lucht stralen warmte naar het wereldruim uit; en wel hoe warmer zij zijn, hoe meer; hoe kouder zij zijn, hoe minder.

Dat ziet gij wel aan hetgeen na zonsondergang gebeurt, zie de figuur. Dan is er geene toename van warmte door de zon, want de zon schijnt niet meer; er is alleen verlies van warmte door de uitstraling naar het hemelruim. Daarom blijft de lucht bekoelen tot aan het oogenblik van zonsopgang; maar als gij ziet, hoe de lijn, die de warmte voorstelt, in de figuur loopt; dan ziet gij ook dat het afnemen hoe langer hoe langzamer gaat.

Komt nu de zon op, dan is zeer spoedig de winst in warmte door den gloed der zon grooter dan het verlies door de uitstraling; en de warmte van de lucht stijgt, van uur tot uur, niet alleen tot den middag, maar zelfs tot na den middag.

Maar nu zijn de lucht en de grond veel warmer geworden dan in den nacht, en het verlies door uitstraling is daarom ook veel sterker. Dit kunt gij wel zien, want de lucht wordt

van	10	tot	11	uur		0°,91	C	warmer,
»	11	»	12	»	slechts	0°,59	»	»
»	12	»	1	»	»	0, 18	»	»

en hoewel de zon te 1 uur nog zeer hoog aan den hemel staat, heeft men

van 1 tot 2 uur, een verlies van 0°,04 C.

Op die wijs is het alleen verklaarbaar, dat de warmte gedurende 7¼ uur toeneemt, (namelijk van 6 tot 1¼ uur), en gedurende 16¾ uur afneemt, (namelijk van 1¼ uur tot den volgenden morgen 6 uur).

---

§ 153.

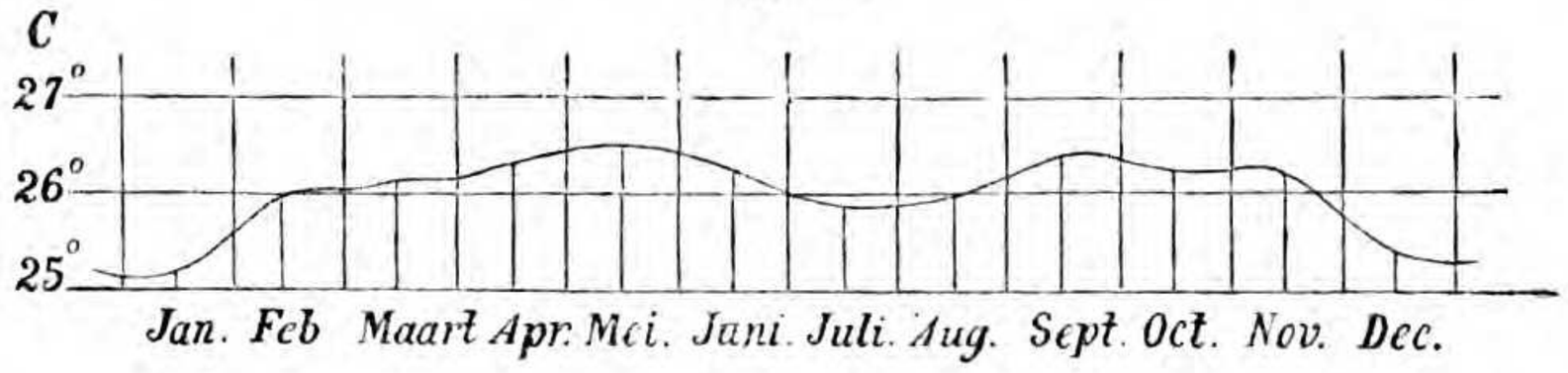
JAARLIJKSCHE AFWISSELING DER TEMPERATUUR.

ABDULLAH. Maar mijnheer, is dat nu in alle maanden hetzelfde?

DE HEER. Hier op Java scheelt het niet veel; de grootste warmte is daar alle maanden nagenoeg op hetzelfde uur van den dag; ook verschilt de warmte in het algemeen weinig door het geheele jaar heen. Sedert het jaar 1866 worden er te Batavia geregeld alle uur waarnemingen van thermometer, barometer, wind, enz. gedaan; en deze waarnemingen hebben bewezen, dat de warmste maand daar is de maand Mei, de koudste de maand Januari.

Ook is merkwaardig, dat er in de luchtwarmte op Java *tweemaal* in een jaar een hoogste, en dus tweemaal in een jaar een laagste warmtegraad is. De maand September is namelijk omtrent even warm als de maand Mei, dan eens warmer, dan eens kouder; en Juni, Juli, en Augustus zijn daarentegen iets kouder. In fig. 280 ziet gij ook door eene

Fig. 280.



kromme lijn aangegeven, hoe de temperatuur in een jaar verandert. In die figuur is voor elke maand de gemiddelde luchtwarmte aangeduid op dezelfde wijze als in fig. 279. De maanden staan onderaan. Op zijde staan de graden Celsius

aangegeven, zoodat gij uit die figuur juist zien kunt, hoe veel graden warmte elke maand heeft gegeven, bijv.

Januari 25,10,
Mei 26,53,
Juli 25,87,
Sept. 26,45.

Deze warmtegraden zijn nu gevonden door alle uur den thermometer aan te teekenen, en dan al die graden op te tellen en de som door 24 te deelen. Op die wijze verkrijgt men den *middelbaren warmtegraad*, of zoo als men ook dikwijls zegt: de *middelbare temperatuur* van den dag.

Bedenkt men, dat te Batavia de zon tweemaal in het jaar het zenith doorgaat, dan zou men zich allicht verbeelden dat de twee dagen, waarop dat gebeurt, ook met die twee warmste gedeelten van het jaar moeten samenvallen. Maar dat komt ook niet geheel uit, want de zon gaat door het zenith van Batavia den 4 Maart en den 9 October, terwijl zoo als ik gezegd heb, Mei en September de warmste maanden zijn.

Gij ziet dus, dat hier de warmte, behalve door de zon, ook nog door andere oorzaken geregeld wordt; de winden en vooral de regens hebben er invloed op.

---

§ 154.

AFWISSELING DER TEMPERATUUR IN NEDERLAND. INVLOED VAN DEN WIND OP DE TEMPERATUUR.

ABDULLAH. Maar mijnheer, in Holland is het verschil toch grooter dan hier op Java, niet waar?

DE HEER. Zeer zeker. In Nederland wordt op verschillende plaatsen geregeld de warmte der lucht opgeteekend. Ook daar heeft, even als hier, de grootste warmte plaats een paar uren *na* den middag, de geringste warmte even *na* zonsopgang,

maar hetgeen daar het belangrijkst is, is het verschil van temperatuur in verschillende maanden. Gij weet zeker dat er in Holland een zomer en een winter is, dit heb ik u vroeger al uitgelegd. Den overgang van den winter tot den zomer noemt men de *lente* of het *voorjaar*, den overgang van den zomer tot den winter den *herfst* of het *najaar*.

Nu blijkt ook uit de aanteekeningen van den thermometer, dat, evenals de grootste warmte van den dag valt na den middag, ook de grootste warmte van het jaar in Nederland na den 21 Juni en de grootste koude na den 22 December valt; en wel

de grootste warmte in het midden van Juli,
» » koude in het begin van Januari.

Daarom rekent men ook de jaargetijden niet zoo, dat bijv. 22 December in het midden van den winter ligt, maar aan het begin, zoodat dan

de 20 Maart is het begin der lente,
» 21 Juni » » » van den zomer,
» 23 September » » » van den herfst,
» 22 December » » » van den winter.

In Utrecht is een observatorium, waar geregeld de warmte der lucht en de barometer, de wind en andere verschijnselen van den dampkring worden aangeteekend.

Daar is, als een gemiddelde uit een aantal jaren gevonden, dat: in Juli de hoogste temperatuur gewoonlijk is 24°,5 C, te één uur 's namiddags,
de laagste temperatuur 16°,5 C te 4 uur 's morgens,
en in Januari de hoogste 1°,6 C te 2 uur 's namiddags;
en de laagste 1°,0 C beneden het vriespunt, te 7 uur 's morgens.

Gij ziet dus welk een verschil met Java! Alleen in Juli en Augustus is daar de luchtwarmte overdag eenigszins aan die van Java gelijk, maar vele menschen wonen daar in steden, waar de huizen aan elkander gebouwd, en dus niet zoo luchtig zijn, als de huizen hier in Indië. — De warmte is daar dus

licht hinderlijk, te meer daar men meer gewend is aan warmere kleeding, meestal uit wollen stoffen.

Wanneer daarentegen de zomer niet al te warm is, dan is het daar eene zeer aangename temperatuur, en het is dan zeer aangenaam om te reizen, even als hier op Java in bergachtige streken.

Maar de temperatuur hangt in Nederland altijd zeer sterk af van den kant, waar de wind van daan komt, en dit zult gij wel begrijpen.

Komt de wind van het noorden, dan is het altijd koud, komt hij van het zuiden, dan brengt hij lucht aan, die boven Frankrijk geweest is, waar het veel warmer is, dus dan is het altijd warm weder.

Komt de wind van het westen, dan komt hij van de zijde der Noordzee; nu is het op zee des zomers altijd koeler dan op het land, want de warmtestralen der zon dringen op zee door in de diepte, en maken dus de oppervlakte zoo heet niet, als op het land den grond. De westewind brengt dus des zomers koelte. Des winters is het omgekeerd. De lucht wordt wel kouder en op het land de oppervlakte van den grond evenzoo, maar de zee bevat dan nog veel warmte en is gedurig in beweging, die wordt dus zoo spoedig niet koud. Des winters is dus de westewind, die van de Noordzee komt, niet koud.

Komt de wind uit het oosten, dan komt hij over het binnenland van Europa, en nu zult gij, naar hetgeen ik u gezegd heb, wel begrijpen, dat hoe verder van de zee, hoe meer het des winters koud en des zomers warm is, want de oppervlakte der zee wordt niet zoo gemakkelijk warm en koud als het land.

Zoo is het dus begrijpelijk, dat de warmste zomerdagen in Nederland voorkomen, wanneer het zuide- of ooste- of zuidoostewind is en de koudste dagen in den winter, als het noorde-, of noordooste- of oostewind is.

§ 155.

VERMINDERING VAN DE WARMTE EN VAN DE DRUKKING DER LUCHT BIJ TOENEMENDE HOOGTE BOVEN DE ZEE.

ABDULLAH. Maar mijnheer, zoo is het hier immers ook, dicht bij de zee is het immers altijd koeler dan in het binnenland?

DE HEER. Ten minste op het heetst van den dag, want dan waait de zeewind; die komt dan over de zee, en de zee neemt de warmte der zonnestralen niet zoo spoedig op als het land.

In de binnenlanden, ver van de zee, kan het daarentegen des namiddags, als de grond zelf laag ligt, zoo als in Banjoemas, Baglen, Solo, Djocdja, Madioen, enz. zeer warm zijn, warmer dan te Batavia. Maar daarentegen is het dan ook des nachts weer koeler, omdat de zee niet in de nabijheid is, die des nachts warmer blijft dan het land.

Maar zoodra de grond hoog ligt, dan is het ook altijd kouder.

ABDULLAH. Ja mijnheer, dat heb ik ook altijd gehoord. Het moet zelfs op de toppen der bergen geducht koud zijn, maar hoe komt dat toch? De zon schijnt er toch even goed als hier beneden.

DE HEER. Ja, dat is ook zoo, en als gij eens op een top van een berg waart, en de zon scheen op uw lichaam, dan zoudt gij zelfs duidelijk voelen, dat de zonnestralen er nog meer op de huid branden dan beneden; maar waarom is de lucht er nu kouder? Hiervoor is meer dan eene reden; een der redenen is eenvoudig, omdat er zooveel minder lucht boven die plaatsen is. De warmte der zonnestralen wordt dus, dit is waar, niet zoo sterk opgeslurpt, als wanneer die stralen in de vlakte neervallen; daar branden zij dus meer, maar de uitstraling naar de wereldruimte gaat des te gemakkelijker, en van daar dat het er zoo koud is. De lucht is voor den grond even als een of meer wollen dekens; gij kunt u nu voorstellen dat op de vlakte eene luchtlaag ligt, die gelijk staat met drie wollen dekens, die natuurlijk heel wat warmte tegenhouden

en bewaren. Klimt gij nu op tot de hoogte van den Slamat, Lawoe of Semeroe, dan laat gij omtrent een derde van den dampkring onder u, en dus is het even alsof er een deken minder is. Maar het is niet alleen de grond, die door de lucht verwarmd wordt, de luchtdeeltjes zelve verliezen hunne warmte door uitstraling.

Die uitstraling gaat altijd haren gang en staat geen oogenblik stil.

Nu straalt de lucht hier beneden naar boven warmte uit, en zeer zeker gaat er op die wijze veel warmte verloren, maar van onderen is de grond niet ver af, en een weinig hooger bevindt zich lucht; deze beide, stralen ook warmte terug daardoor wordt het verlies van die onderste lucht gedeeltelijk weer teruggekregen.

Maar die lucht, hoog in den dampkring, bijv. op 4000 meters hoogte, heeft niet zooveel lucht boven zich. Zij kan dus gemakkelijk haar warmte verliezen, en krijgt, van boven althans, niet zoo veel warmte terug. En de warmte, die van onderen van den grond komen kan, die is, eer zij zoo ver boven is, al grootendeels door de lucht opgeslurpt, dus van dien kant wordt die hooge lucht ook niet zoo verwarmd.

Het is dus niet te verwonderen, dat het op de bergtoppen of op hooge vlakten kouder is dan aan de stranden of in lage landen.

Het verschil is hier op Java vrij geregeld een graad Celsius voor elke 167 meters rijzing, of anders gezegd op elke 100 meters 0°,6 C., maar dit slaat op de middelbare temperatuur. Over dag is het verschil wellicht anders dan des nachts.

In Europa is het verschil zeer verschillend, naar gelang het dag of nacht, zomer of winter is. Daar is, in de bergachtige landen, zooals Zwitserland, meermalen het verschil onderzocht, en in het algemeen vond men, dat het verschil per 100 meters des nachts geringer was dan over dag, en des winters geringer dan in den zomer.

Bijv. voor Zwitserland werd gevonden, per 100 meters, des winters 0°,37, maar des zomers 0°,57 C., dus omtrent als op Java.

§ 156.

VERSCHILLENDE PLANTENGROEI, NAAR GELANG VAN DE HOOGTE. EERSTE HOOGTE-AFDEELING NAAR JUNGHUHN, VAN DE ZEE TOT EENE HOOGTE VAN ONGEVEER 650 METERS.

ABDULLAH. Maar mijnheer, komt het dan daarvan dat, naar ik gehoord heb, alleen in de bergstreken hollandsche vruchten willen groeien?

DE HEER. Ja natuurlijk; ten minste enkele vruchten, zooals de aardbeien, groeien hier in zeer hooge streken, en zelfs het geheele jaar door, terwijl zij, in Holland zelf, alleen in het begin van den zomer rijp worden en dan ook spoedig gedaan zijn. Zoo worden de aardbeien met goed gevolg gekweekt te Tjipanas, het buitenverblijf van den Gouverneur-Generaal; te Lembang, aan de zuidelijke helling van den Tangkoeban Prahoe; te Wonosobo in Baglen; enz.

Maar andere vruchten, zooals appelen, peren, amandelen, olijven, willen op Java toch niet goed groeien, want de boomen, die ze voortbrengen, behooren in een klimaat te huis, waar een zomer en een winter elkander afwisselen, en dat gebeurt hier op Java niet.

Het is merkwaardig te zien, als men de bergachtige streken bezoekt, hoe de boomen en planten langzamerhand veranderen, als men hooger stijgt, en dit komt hoofdzakelijk omdat het hooger kouder wordt, gedeeltelijk ook omdat het in bergstreken niet droog is: men heeft er nooit gebrek aan regen.

Let maar eens op de boomen en planten, die Java oplevert. Laat ons eens van de zeekust af beginnen en de binnenlanden ingaan. Hoe merkwaardig zijn de boomen, die men niet alleen aan de kust op Java, maar ook aan alle zeekusten in den Indischen Archipel ziet groeien, waar maar modder is, ik bedoel de manggi, tonggé of kajoe-api. Deze boomen, waarvan verschillende soorten bestaan, hebben de bijzonderheid, dat de

stam niet den grond bereikt, waarop hij groeit, maar op een aantal luchtwortels rust. Ook groeit op diezelfde zeemoerassen de nipah, van wier bladeren de atap bereid wordt, en op zandstranden de pandanboomen, van welker loof de matten worden vervaardigd.

Geheel in de laagte, in de velden, die het dichtst bij de zee liggen, en dus zeer weinig hooger dan de oppervlakte der zee, wordt rijst en maïs of djagong geplant; gaat men nu in de berglanden naar de hoogte, dan heeft elke plant hare grens, boven welke zij niet groeien wil.

Zoo groeit de rijst nog wel tot bijna 1000 meters hoog, in de sawah's, die de inlanders aan de hellingen der bergen aanleggen; de djagong zelfs nog wel tot 1300 meters hoog.

Tot hetzelfde gebied behooren nog de oebi, de katjang tanah, de klapper, de kanarie, de katapang, de tamarinde- of asamboom, de weringin, de kapokboom, de kapas, de kedongdong, de randoe alas, de bamboe, de aren, de pinang, die u allen bekend zijn; en niet minder talrijk zijn de indische vruchten, die in deze streek tehuis behooren, zoo als de manggis, mangga, ramboetan, nangka, timboel, de verschillende djamboesoorten, de boewa-nonna, sirikaja en zuurzak; de doerian, de verschillende djeroeks, de blimbing en tjermeh, de dalima, nanas, papaja en pisang; de peté en djengkol, de meninjo, de tjabé. Ook de welriekendste bloemen van Java groeien in deze lage streek, die gij altijd moet denken omstreeks 700 meters hoog te zijn; sommige planten of boomen kunnen nog hooger ook wel groeien, andere niet. Nog andere groeien en bloeien zeer weelderig, maar de vruchten worden in de hoogte niet rijp; dit is bijv. het geval met de pompelmoes te Bandong.

Maar om op die bloemen te komen, ik behoef u slechts de melati, kenanga en tjempaka, kembang tandjong, sedap malam en kambodja te noemen, en zoovele andere.

In deze onderste streek is het, dat de indigo, het suikerriet, de kaneel, de tabak, de peper, de cactus, (tjeli-badak of in het maleisch koeping badak,) even als de vanille, worden aangekweekt.

Het grootste gedeelte van Java behoort tot dit lage land, en al die boomen, planten, vruchten en bloemen vindt gij ook op Java bijna overal.

Slechts enkele vruchten groeien beter in het eene gedeelte, dan in het andere, dit kan natuurlijk aan den grond liggen. Zoo vindt men de beste pompelmoezen, djeroek dalima, te Batavia, de mangaas daarentegen zijn in midden en oost-Java veel beter dan te Batavia; de meloenen daarentegen worden alleen in Probolinggo met goed gevolg gekweekt; dit ligt wellicht aan den zanderigen grond, die daar aanwezig is.

---

§ 157.

TWEEDE HOOGTE-AFDEELING, VAN ONGEVEER 650 TOT ONGEVEER 1460 METERS HOOGTE.

Maakt gij nu een tochtje naar de bovenlanden, dan is een van de eerste teekenen, dat gij andere planten te zien zult krijgen, de boomvaren, pakoe tiang, die men reeds op eene hoogte van 400 à 500 meters aan de kanten van beekjes ziet groeien. Ja, te Buitenzorg, dat nog geene 300 meters hoog is, wil deze schoone boom reeds groeien.

Hooger op willen verscheidene vruchten niet meer rijp worden. Eerst verlaten ons de pompelmoezen en mangistans, later de klappers en pinang, nog later de eetbare pisang en de papaja; de bloemen van de vlakte missen wij geheel en al. Maar daarentegen krijgen wij op de berghellingen boven de 700 meters een aantal nieuwe boomsoorten, zoo als in de Preanger Regentschappen, de rasamala, marang inang, ki-pinkoe, poespa, en zoovele anderen, die tot de hoogste boomen van Java behooren. Dan komen ook de eikenboomen (pasang), waarvan in Europa ook soorten gevonden worden, verschillend van de Javasche, en die daar het beste

timmerhout opleveren, dat in deugdzaamheid bijna gelijk staat met het djatihout.

In de bergachtige streken, die wij hier bedoelen, vindt men ook meer dan elders de kolossaalste slingerplanten, de aroïsoorten, waarvan de ranken, na zich met den grond verbonden te hebben, dikke stammen worden, de verschillende rotansoorten, die voor het vervaardigen van stoelen, manden, enz. door den Javaan veelvuldig gebruikt worden.

Het is in deze streek vooral, dat de koffiecultuur thuis hoort, die de rijkdom van Java uitmaakt; van 500 tot 1400 meters hoog groeit die nuttige plant weelderig; ook de aanplant van thee gelukt hier en de aanleg van groentetuinen; hier groeit de roos zoo weelderig als in haar vaderland; de perzik daarentegen bloeit wel en groeit wel goed op, maar wordt zelden goed rijp. De inspecteur Junghuhn, die geheel Java jaren achtereen doorreisd heeft en over Java een prachtig werk geschreven heeft, noemt deze streek de *tweede zone*; hij verdeelt de geheele hoogte van Java in 4 *Zonen* of hoogte-afdeelingen:

de 1e, van de oppervlakte der zee tot 2000 parijsche voet of 650 meters,

de 2e, van 2000 tot 4500 par. voet of van 650 tot 1460 meters,

de 3e, van 4500 tot 7000 par. voet of van 1460 tot 2270 meters,

de 4e, van 7000 tot 10000 par. voet of van 2270 tot 3250 meters hoogte.

Hoe hooger men stijgt, dit heb ik u al verteld, hoe meer daalt, zoowel de barometer als de thermometer. Zie hier, hoe het daarmede gesteld is. Aan strandplaatsen, zoo als Batavia, staat de kwik in den barometer gewoonlijk wel 760 millimeters hoog, maar men is gewoon nog op eene kleinigheid te letten. Gij begrijpt wel, dat die kwik te Batavia even warm is als de lucht te Batavia. In Holland is de lucht kouder, dus de kwik in de barometers ook. Is nu te Batavia de kwik warmer, dan is zij ook lichter, en dan staat zij ook hooger in den

barometer, dan zij zou doen, als zij even warm was als in Holland. Daarom zijn de geleerden overeengekomen, als zij opgeven, hoe hoog een barometer staat, eerst uit te rekenen, hoe hoog dat zijn zoude, als de kwik van den barometer op 0° warmte was, dus even koud als smeltend ijs. Men noemt dit dan, de hoogte van den barometer tot 0° C. herleiden. Nu staat de barometer op Java wel dikwijls op 761 millimeters, maar als de kwik zoo koud was als smeltend ijs, zou het 3 millimeters lager zijn, dus dan is de *herleide barometerstand* slechts 758 millimeters, zoo als hieronder aangegeven is.

Junghuhn reisde altijd met een thermometer en een barometer en vond de volgende standen van deze instrumenten:

	HOOGTE.		BAROMETER,	THERMOMETER.			WATERDAMP
	in Parijsche voeten.	in meters.	herleid tot 0o C.	Gemiddeld.	Laagste.	Hoogste.	in een kubieken meter. Gram.
Eerste hoogte-afdeeling	0	0	758	27°,5	23°,0	31°,0	20,26
Tweede „	2000	650	704	23 ,7	19 ,7	26 ,6	18
Derde „	4500	1460	641	18 ,7	13 ,8	21 ,3	16
Vierde „	7000	2270	571,5	13 ,0	9 ,0	17 ,0	12
	10000	3250	518	8 ,0	4 ,0	12 ,0	8
Top van den Smeroe (*)	11480	3730	493	5 ,0	1 ,0	9 ,0	2?

(De laagste en hoogte standen zijn niet door Junghuhn zelf opgegeven, maar uit zijne opteekeningen afgeleid.)

(*) Er zijn maar weinige toppen op Java, die hooger zijn dan 10000 parijsche voeten of 3250 meters; het zijn alleen de Semeroe, de Slamat, de Soembing, de Ardjoeno en de Lawoe.

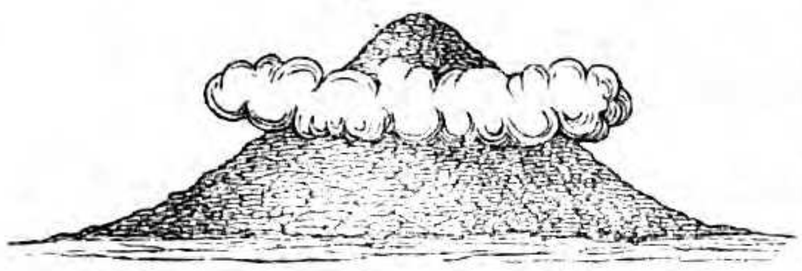
§ 158.

DERDE HOOGTE-AFDEELING, VAN ONGEVEER 1460 TOT ONGEVEER 2270 METERS HOOGTE.

Van deze 4 hoogte-afdeelingen hebben wij er nu twee doorgewandeld en komen nu in de derde, die gekenmerkt wordt door verschillende omstandigheden.

Het is de hoogte, waar zich voornamelijk de wolken vormen. Aan de hellingen van bergen, die met bosschen bedekt zijn, vormt zich des morgens te 10 uur reeds meestal een gordel van wolken, zooals men uit de vlakte zeer goed zien kan, zie fig. 281. Later op den dag worden die wolken hoe langer hoe zwaarder, dikwijls geven zij op verschillende plaatsen tegelijk regen of onweer, zoodat eerst na den middag de zon weer kan doorkomen. Hoe hooger men trouwens in deze afdeeling komt, hoe minder sterk die regenvlagen en onweders zijn. Maar door die vorming van wolken tegen den middag, is het te begrijpen dat de grootste warmte der lucht meestal vóór den middag plaats heeft, en niet na den middag, zoo als in de vlakte.

Fig. 281.



De koffieboomen komen nog slechts in het begin der derde hoogte-afdeeling voor, maar het is integendeel juist de plaats, waar de kina het weelderigst groeit, die sedert het bestuur van den Gouverneur-Generaal Pahud op verscheidene plaatsen op Java gekweekt wordt.

ABDULLAH. Maar mijnheer, waar komt die kina dan van daan?

DE HEER. Oorspronkelijk uit Peru, in Zuid-Amerika. Daar zijn uitgebreide kinabosschen, niet aangelegd, maar geheel in het wild groeiend, maar de inlanders kappen die bosschen maar om, en verkoopen de bast aan de kooplieden, die haar naar Europa vervoeren. Nu hebben de Regeeringen van Engeland en Nederland wel begrepen, dat als dat zoo voortgaat,

er weldra gebrek aan kina zou ontstaan, en daar geen middel zoo goed is tegen koorts, als de kinine, die uit de kinabast bereid wordt, daarom hebben zij pogingen aangewend om in de koloniën de kinaboomen aan te planten. Het was daarom moeilijk, omdat de Regeering van Peru verboden had, stekken of zaden van kina uit te voeren. Maar een zekere heer Hasskarl is in 1855 toch voor de Nederlandsche Regeering naar Peru gegaan, en heeft er met veel moeite zaden en planten van daan gehaald. Nu wordt de kina op Java en in Britsch Indië geplant, en de Regeering heeft al herhaalde malen de bast kunnen verkoopen.

Van de goevernements-kinaplantsoenen ligt alleen dat van Lembang, aan den Tangkoeban-Prahoe, nog in de tweede hoogte-afdeeling; het ligt op 1251 meters boven de zee.

De overige plantsoenen, dat van Nagrah, insgelijks aan den Tangkoeban Prahoe, van Tjibitoeng aan den Wajang; Tjiberem en Tjiniroean aan den Malawar, Rioengoenong aan den Goenong Tiloe en Kawah Tjiwidei aan den Kendeng Patoeha, liggen alle in de derde hoogte-afdeeling; het laatste plantsoen, dat van Kawah Tjiwidei, is het hoogste, namelijk 1950 meters hoog.

Er zijn in deze derde hoogte-afdeeling bijna geene vlakten meer, alleen maar die van Diëng en van Tengger. In de bosschen komen nu in de plaats van rasamalas, bijna dertig soorten van eiken (pasang) voor, verder de ki-merah, de iroeng, de segoeng, kajoe soeren, en nog zoo veel anderen. In Oost-Java, van den Lawoe af oostwaarts, treft gij op alle bergen in deze hoogte de tjemoro-goenong aan, die wel tot hetzelfde geslacht behoort, als de tjemaraboomen aan de stranden, de pohon kasoeari der Molukken, maar eene geheel andere soort uitmaakt, zoo als gij dadelijk zien kunt, want de hangende draden, die de tjemoros in plaats van bladeren hebben, zijn bij de tjemoro-goenong veel langer dan bij de tjemoro of tjemara van de stranden.

Hier, in deze derde zone, vermindert het aantal bloemen sterk, alleen treft men in de bosschen een groot aantal orchideën,

anggrek, aan, die door de geheele wereld gezocht zijn, om hare geurige bloemen, die langer dan andere bloemen in het leven blijven en daarom ook op de hoofdplaatsen overgebracht en in de huizen gekweekt worden. Ook hier komen nog verscheidene boomvarens voor, zoo als Pakis kalan, en Pakis djebog, ja zelfs nog wilde pisang, rotan, en de fraaie bergbamboe, (awi ol-ol), die nabij de Goenong Malawar in de Preanger groeit.

Opmerkenswaardig is het, dat in deze koudere streken weder planten voorkomen, waarvan de andere soorten in koude landen groeien, zoo als de wilde aardbei, ranonkels, viooltjes, enz. die bijv. op het plateau van Diëng gevonden worden.

Dat plateau Diëng, dat op 6300 parijsche voeten of 2047 meters boven de oppervlakte der zee ligt, is bewoond, maar het is ook de hoogste bewoonde plaats op Java.

---

§ 159.

VIERDE HOOGTE-AFDEELING, HOOGER DAN ONGEVEER 2270 METERS.

Eindelijk, als wij nog verder dan 2270 meters (of 7000 parijsche voeten) stijgen willen, dan moeten wij daarvoor de hoogste bergen van Java uitzoeken. De lucht wordt daar alweer kouder, de plantengroei minder, en de boomen, die er groeien, kleiner. Het verschil in temperatuur tusschen nacht en dag wordt hoe langer hoe kleiner, hoe hooger men komt, mits men den thermometer niet aan de zonnestralen zelve blootstelt, want die geven veel warmte. Bij heldere lucht gebeurt het hier toch wel des nachts, dat men water kan laten bevriezen. De luchttemperatuur is dan nog wel niet altijd = nul; maar als men op een aarden schotel water giet, en dien schotel des nachts buiten zet, niet dadelijk op den grond, maar op eene dikke mat of deken, of padistroo, dan is, als

de nacht helder is, het water dikwijls des morgens bevroren, d. i. ijs geworden.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe kan water ijs worden als de lucht nog niet tot 0° afkoelt? Want *nul* is immers de warmte, waarop water begint te bevriezen?

DE HEER. Ja, dat is ook zoo, maar herinner u maar eens, wat ik u van het uitstralen der warmte gezegd heb. Zoo een schotel met water straalt zijne warmte, als de lucht helder is, en hij is buiten in de open lucht gezet, uit; die warmte gaat in de hemelruimte verloren; nu bekoelt die schotel met het water hoe langer hoe meer; hij kan zelfs verscheidene graden kouder worden dan de lucht, en daardoor kan dan het water in den schotel bevriezen, al is de warmte der lucht nog maar 4° C.

Merkwaardig is het, dat de vochtigheid der lucht op die hoogte zoo sterk afneemt, wanneer men zich althans niet juist in eene wolk bevindt. Pandan-matten, die in de vlakte buigzaam zijn, worden op die hooge bergtoppen, die zich in die 4de hoogte-afdeeling bevinden, bros, zoodat zij breken; hetzelfde is met sigaren het geval. Door die droogte hebben reizigers er telkens dorst en zijn de lippen aanhoudend droog, zoodat ze zelfs splijten.

Op deze hoogte bestaat de reden niet, waarom in de vorige hoogte-afdeeling de grootste warmte zoo vroeg invalt, want de hooge bergtoppen blijven veel langer buiten de wolken, en worden er dikwijls in het geheel niet door bedekt. De grootste warmte is er ongeveer te 3 uur in den namiddag, maar valt eenmaal de avond, dan is het spoedig zeer koud.

Regen valt op die hoogte zeldzaam; de wind is er meest oost of zuidoost, en de weste- of noordwestewind komt zelden zoo hoog; maar als het gebeurt, dan heeft men somtijds onweer op den top. De donderslagen klinken daar als een schot, zonder dat zij zoo lang duren en rommelen als hier in de laagte het geval is.

Het klimaat is hier weer veel koeler dan in de derde hoogte-

afdeeling, en de planten, die er groeien, verschillen ook weder van die, welke in die afdeeling voorkomen. Ik zal u die planten niet opnoemen, want gij kent ze toch niet, en in javaansch of soendaneesch zijn niet eens voor alle planten, die zoo hoog groeien, de namen bekend.

---

§ 160.

HELDERHEID DER LUCHT OP DE HOOGTE DER BERGTOPPEN. DROGE NEVEL OF STOF IN DE LAAGTE, VOORNAMELIJK IN DEN OOSTMOESSON.

De helderheid der lucht is op die hoogte zeer groot, een bergtop in de verte is zoo duidelijk zichtbaar, dat men denken zou, dat hij een paal ver is, als hij in werkelijkheid soms 10 of 12 paal ver is. De reden hiervan is niet, dat de lucht zoo droog is, want vochtige lucht is volstrekt niet ondoorschijnend; dit ziet gij wel na een regenbui; dan is de lucht juist ook hier beneden zeer helder, en toch is de lucht dan vochtiger dan anders. Maar er zweven in de benedenlucht altijd een aantal stofdeeltjes, hetzij van den rook der keukens of fabrieken, of van andere vuren, die aangelegd worden om boomen of bladeren te verbranden, hetzij ook van de wegen. Dit stof maakt de lucht hier beneden ondoorschijnend, zoodat als gij eene kampong over eene sawah op een afstand van slecht 2 of 3 paal ziet, het geboomte al niet zuiver groen is, maar donkerblauw of lichtgrijs schijnt. In den oostmoesson is dit stof in veel grootere hoeveelheid in den dampkring aanwezig dan in den westmoesson. Het vormt dan een drogen nevel, die op het land ligt. Dan zijn de bergen van Buitenzorg, nl. de Gedeh, de Pangerango, en de berg van Bantam, nl. de Karang, niet van Batavia af te zien; en evenzoo de Merapi en Merbaboe niet van Samarang, de Slamat niet van Tagal, de Ardjoeno niet van Soerabaja; in den westmoesson, wanneer de lucht door vele regens gezuiverd is, wel.

Door dit stof komt het ook, dat als de zon ondergaat, zij reeds zoo vroeg donkerrood wordt, zoodat men haar gerust kan aanzien; dit is bij eene heldere lucht in den westmoesson veel minder mogelijk.

Toch blijven in den westmoesson die bergen altijd lichtblauw van kleur, terwijl het bosch, waarmede zij begroeid zijn, donkergroene bladeren heeft en van dichtbij er ook donkergroen uitziet, en die lichtblauwe kleur komt alleen daarvandaan, dat er in de lucht, die tusschen Batavia en de bergen is, die stof zweeft, die een wit grijze kleur heeft.

Op de toppen der bergen is die stof zeer weinig meer aanwezig. In den oostmoesson rust die stof hier op Java, tot ongeveer 2500 meters hoog, op de aarde, en het is merkwaardig om te zien, als men hooger klimt, hoe men dan duidelijk zien kan, dat men boven dien nevel oprijst. Op zoo een bergtop is in den oostmoesson de horizon in den geheelen omtrek even scherp afgeteekend, alsof men de zee ziet, maar die zee is wit. Gij ziet er de zon uit opkomen, even als aan het strand uit de zee.

---

§ 161.

OVER DE SCHEMERING.

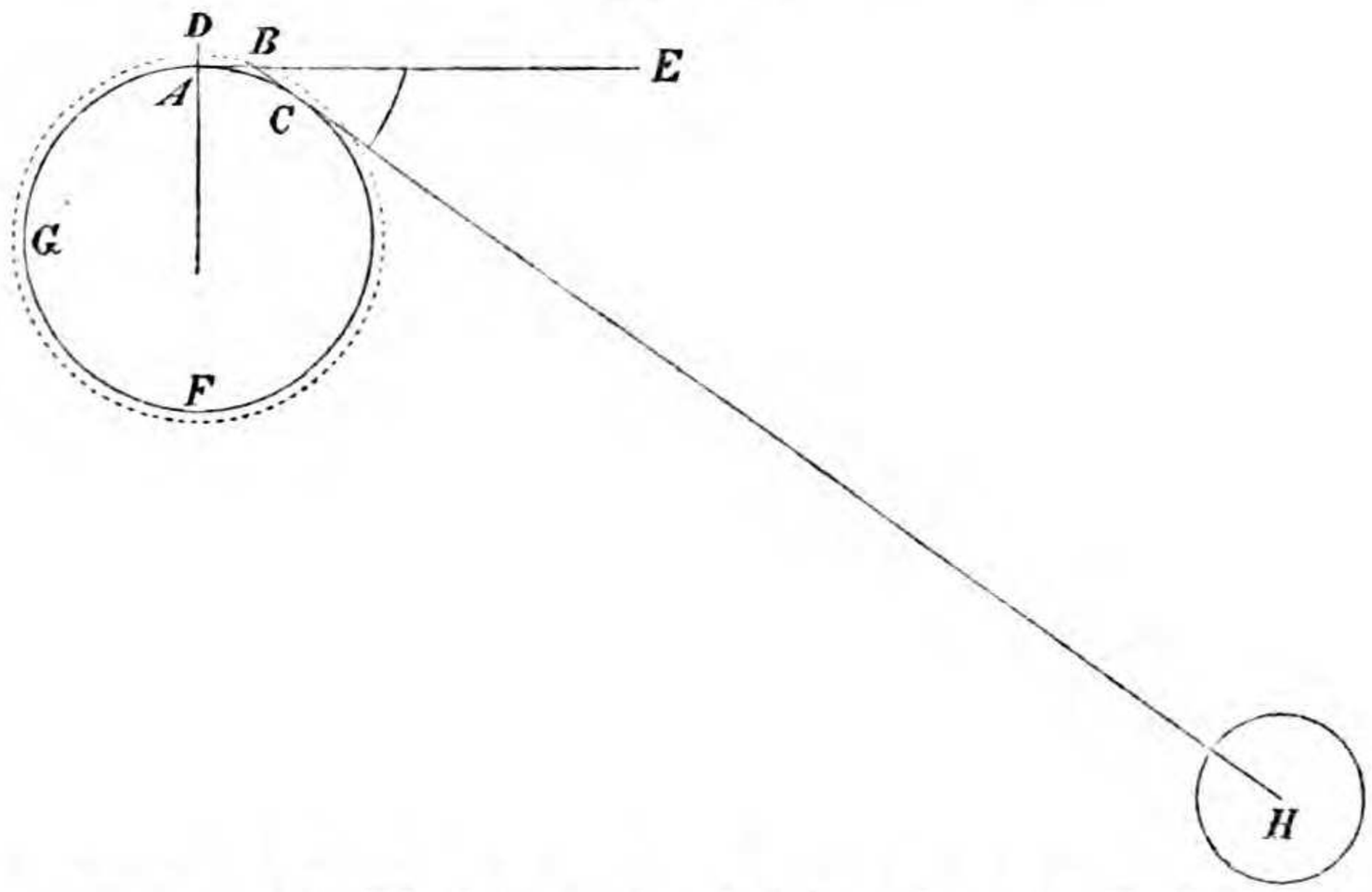
ABDULLAH. Maar mijnheer, ik wilde u gaarne eens iets vragen. U hebt de vorige keer gezegd, dat in den oostmoesson, als die droge nevel op de aarde ligt, de zon zoo rood ondergaat, en dan zoo weinig licht geeft, dat men er in zien kan. In den westmoesson, hebt u ook gezegd, is dit minder, dan is de zon, als zij ondergaat, helderder, dat heb ik ook wel eens gezien. Maar hoe komt het nu toch, dat als de zon ondergegaan is, het dan toch even licht blijft, en dat het slechts langzamerhand donker wordt?

DE HEER. Dat zal ik u eens uitleggen. Men noemt het

licht, dat, vóór zonsopgang en den tijd na zonsondergang, aan den Oost- of West-horizon te zien is, de *schemering*. Die schemering ontstaat juist doordien de dampkring luchtdeeltjes of stofjes bevat, die, als zij door het licht der zon beschenen zijn, dat licht terugkaatsen, en daardoor zelf zichtbaar worden, en dus licht geven.

Als er zulke stofjes niet in de lucht zweefden, of de lucht geen licht terugkaatste, dan zou, als de zon ondergegaan was, de duisternis onmiddellijk invallen, het zou dadelijk nacht zijn. Maar wat gebeurt er nu? Zie eens deze figuur.

Fig. 282.



De cirkel *A C F G* beteekent hier den aardbol, de cirkel *D B* de grens van den dampkring, voor zoover er stofdeeltjes in hangen, die nog licht terugkaatsen of voorzoover de luchtdeeltjes zelve licht terugkaatsen, als zij door de zon beschenen worden. Als ik nu de lijn *A B* trek, die den binnensten cirkel in het punt *A* aanraakt, dan zal ik nog zoo lang licht in het westen zien, als de luchtdeeltjes in *B* nog door de zon beschenen worden. En om nu te weten, hoe diep de zon onder den horizon zijn zal, als dat ophoudt, moet ik maar weder de raaklijn *B C* trekken, en die raaklijn doortrekken tot in *H*; dan duidt de hoek *E B H* aan, hoe veel graden de zon onder den horizon zijn moet, opdat de schemering ophoude.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe weet men nu, hoe ver die buitenste cirkel *D B* van den binnensten af is?

DE HEER. Ja, dat is nu juist zeer moeielijk. Maar wij kunnen de zaak juist omkeeren, en zoo hebben de menschen gedaan om dat te weten. Men kan op het horloge zien hoe laat geene schemering meer te zien is, en als men dat nu weet, dan kan door de wiskunde berekend worden, hoe veel graden de zon dan onder den horizon is, dat is, men kan dan berekenen, hoe veel graden de hoek *E B H* groot is; en daaruit kan men nu weder berekenen, hoe hoog het punt *B* boven de oppervlakte der aarde *A C* is. Een sterrekundige, met name Schmidt, de directeur van het observatorium te Athene, heeft dit langen tijd gedaan; en hij heeft gevonden dat het niet alle maanden van het jaar hetzelfde is. Dat zal op Java wellicht ook wel zoo wezen. Wellicht is het in den oostmoesson anders dan in den westmoesson. Maar gemiddeld vond hij, dat de zon 16 graden onder den horizon zijn moest, eer dat de schemering geheel ophield, en daardoor heeft hij berekend, dat de luchtdeeltjes *B* in den zomer 8 en in den winter 10 geographische mijlen hoog zijn. Nu is eene geographische mijl bijna 5 paal [1]) dus dat is des zomers 40, des winters 55 paal hoog.

ABDULLAH. Maar de dampkring is toch nog hooger?

DE HEER. Ja zonder twijfel. Men kan alleen maar verzekeren, dat zóó hoog nog luchtdeeltjes of stofdeeltjes in de lucht zijn, die, als zij door het zonlicht verlicht zijn, zelf nog licht geven, maar daarom is het volstrekt niet gezegd, dat er hooger geene lucht is. Integendeel, zooals ik u al uitgelegd heb, de dampkring is stellig nog hooger, maar op die hoogte is hij duizendmalen dunner dan hier beneden.

---

[1]) Nauwkeuriger volgens den Regeerings-Almanak: 4,924 paal.

§ 162.

OVER HET ZODIAKAAL-LICHT.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u hebt mij gezegd, dat de schemering duurt, totdat de zon 16 graden onder den horizon is, dus als de zon om 6 uur ondergaat, dan moet de schemering immers tot iets meer dan 7 uur duren, want de zon gaat immers 15 graden in één uur?

DE HEER. Ja, dat is ook zoo.

ABDULLAH. Maar mijnheer, gisteren avond te 8 uur was er nog een heel helder licht in het westen te zien.

DE HEER. Ja, dat wil ik wel gelooven; maar dat is geene schemering geweest. Dat licht, dat na de schemering nog voortduurt is er bepaald van onderscheiden. Men noemt het Zodiakaal-licht. Dien naam heeft men het gegeven, omdat het altijd langs den zonsweg gezien wordt.

Nu heb ik u vroeger al medegedeeld, dat de sterrebeelden, die langs den zonsweg gelegen zijn, ook wel de sterrebeelden van den dierenriem genoemd worden. En nu wordt de dierenriem ook wel met een grieksch woord de *zodiak* genoemd. Dat licht, dat gij gezien hebt, zoudt gij dus ook het *licht van den dierenriem* kunnen noemen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, welk verschil is er dan tusschen de schemering en dat licht?

DE HEER. Ja, dat is zoo gemakkelijk niet te zien, vooral niet hier in Indië. In Europa kan men het verschil beter zien, en toch is pas in 1661 door een Engelschman, genaamd Childrey, het eerst dit licht opgemerkt en beschreven. De menschen hebben ook vroeger zeker, even als gij nu, het voor schemering aangezien.

Het verschil nu tusschen schemering en zodiakaal-licht is als volgt. De schemering heeft tot middelpunt de zon, en zal, als gij des avonds na zonsondergang naar het westen of voor zonsopgang naar het oosten ziet, duidelijk te kennen

zijn, want het midden van de schemering is natuurlijk altijd daar, waar de zon zich onder bevindt. Is bijv. zie fig. 283, de zon al in A, dan is B het midden van de schemering, en links en rechts van B is die schemering precies hetzelfde. Als ik een boog $B\ C$ denk, loodrecht op den horizon $D\ E$, dan snijdt die boog het schemerlicht in twee helften, die precies gelijk zijn.

Maar met het zodiakaal-licht is het geheel anders gesteld. Het strekt zich ten eerste veel meer in de hoogte uit dan de schemering, en dan staat het in sommige tijden van het jaar duidelijk scheef ten opzichte van den horizon. Zie bijv. deze figuur, fig. 284. Als, in fig. 283, B het punt op den horizon is, waar de zon zich onder bevindt, dan kunt gij u verbeelden, dat de schemering binnen den boog $D\ E$ besloten is, maar het zodiakaal-licht staat bijv. in September des avonds scheef naar de linkerhand, d. i. naar de zuidzijde, en doet zich voor, als of de lijn $D\ F\ G$, fig. 284 de grens is. Daarentegen in Maart helt het naar de andere zijde over dus even als $H\ I\ K$ in fig. 285.

Gij ziet dus, dat het zodiakaal-licht in alle gevallen verschillend is van de schemering. De as $F\ H$, fig. 284 en $I\ L$, fig. 285, valt, zoo nauwkeurig wij dit zien kunnen, met de ekliptika samen. Vandaar de naam van zodiakaal-licht. De lengte $L\ I$ is ook veel grooter dan de halve breedte $L\ H$ of $L\ K$; en daarin verschilt het ook van de schemering.

Maar even als de schemering loopt het zacht en onmerkbaar uit, zoodat het eigenlijk niet mogelijk is, eene scherpe grens te teekenen, waarbinnen het zodiakaal-licht begrepen is.

ABDULLAH. Maar mijnheer, waar komt dat zodiakaal-licht dan van daan?

DE HEER. Dat is moeielijk te zeggen. Het is nu meer dan 200 jaren bekend en men weet het nog niet. Het meest algemeen geloofden de sterrekundigen in vroeger tijd dat het eene soort van dampkring van de zon was, die zich dan in de richting van de ekliptika of nagenoeg in die richting uitstrekte,

zie fig. 286. Maar later heeft men berekend, dat dit niet kon, en dat, als de zon al een dampkring had, die dampkring zich niet zoo ver kon uitstrekken, als het zodiakaal-licht doet.

Toen hebben anderen weer gedacht, dat dat licht komt van kleine lichaampjes, die in ontelbaar aantal om de zon zouden loopen, even als planeten, en die dan het zonlicht zouden terugkaatsen. Maar het spreekt van zelf dat niemand kan zeggen, of dat zoo is.

Eenige jaren geleden heeft een Amerikaan, met name Jones, met een amerikaansch oorlogsschip eene reis om de wereld medegemaakt, die omtrent 2 jaren geduurd heeft, (1851—53), en die heeft alle avonden en alle morgens, als het zodiakaal-licht zichtbaar was, op kaarten, waar hij de sterrebeelden op had geteekend, afgezet, hoever het zodiakaal-licht zichtbaar was. Maar hij zelf wilde geene besluiten trekken, hij heeft alleen maar al zijne aanteekeningen met zijne kaarten uitgegeven. Later is een italiaansch geleerde, met name Serpieri, die platen en aanteekeningen nauwkeurig gaan bekijken, en deze geloofde weder, dat de verklaringen, die ik u opgenoemd heb, door die platen en aanteekeningen niet werden bevestigd, en besloot daarom, dat het zodiakaal-licht in den dampkring der aarde thuis hoorde. Het is tot nog toe niet mogelijk te zeggen of die Serpieri gelijk heeft. Er zullen nog een aantal aanteekeningen gemaakt moeten worden, eer dat men daaromtrent zekerheid heeft.

Zoo ziet gij, dat er zaken zijn in de natuur, die de grootste geleerden nog niet weten te verklaren. Maar door maar altijd ijverig te onderzoeken, moet men toch eindelijk vorderen.

---

§ 163.

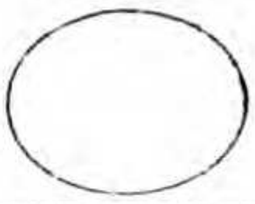
OVER DE STRAALBREKING.

DE HEER. Wel Abdullah, ik moet u iets vragen; gij hebt mij vroeger eens gezegd, dat gij zelf wel gezien hebt dat in den oostmoesson de zon, als zij ondergaat, minder helder is

dan in den westmoesson; gij hebt dus wel eens op die ondergaande zon gelet; maar hebt gij ook wel eens opgemerkt, als de zon ondergaat, of zij dan even rond is als anders?

ABDULLAH. O ja, mijnheer, daar heb ik dikwijls op gelet; als de zon ondergaat schijnt zij niet rond te zijn, maar langwerpig, aldus:

(Fig. 287.)



DE HEER. Juist, dan hebt gij goed opgelet. en hebt gij wel eens nagedacht, waarom dat is?

ABDULLAH. Neen, mijnheer, dat niet.

DE HEER. Ziet gij, dat is nu juist, waardoor de geleerden zoo veel weten; als zij iets zien, dat vreemd is, vragen zij altijd, waarom het zoo is, en dan rusten zij niet, voordat zij het weten. Nu is er wel heel veel, waarvan zij de oorzaak maar niet te weten kunnen komen, maar ook heel veel, dat zij toch al gevonden hebben. Dat die zon er zoo vreemd uitziet, als zij ondergaat, hebben de menschen al 2000 jaar geleden gezien, maar waarom het zoo is, is nog zoo lang niet onderzocht. Ik zal u eens iets anders laten zien, dat door dezelfde oorzaak ontstaat. Zie eens hier, ik heb hier eene kom, fig. 288, en op den bodem dier kom ligt een geldstuk. Nu moet gij uw oog zoo laag plaatsen, dat gij het geldstuk niet meer ziet, doordien de rand der kom het juist bedekt, zoo als de figuur aanduidt.

Fig. 288.

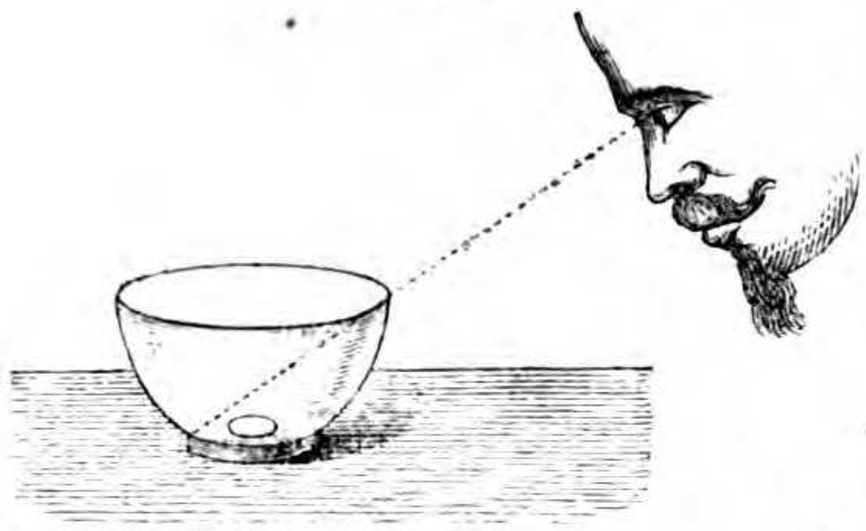
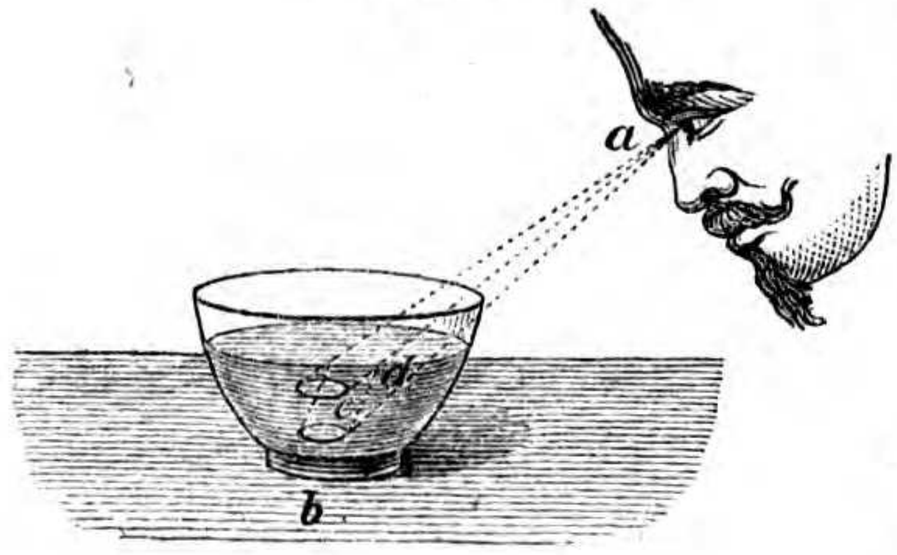


Fig. 289.



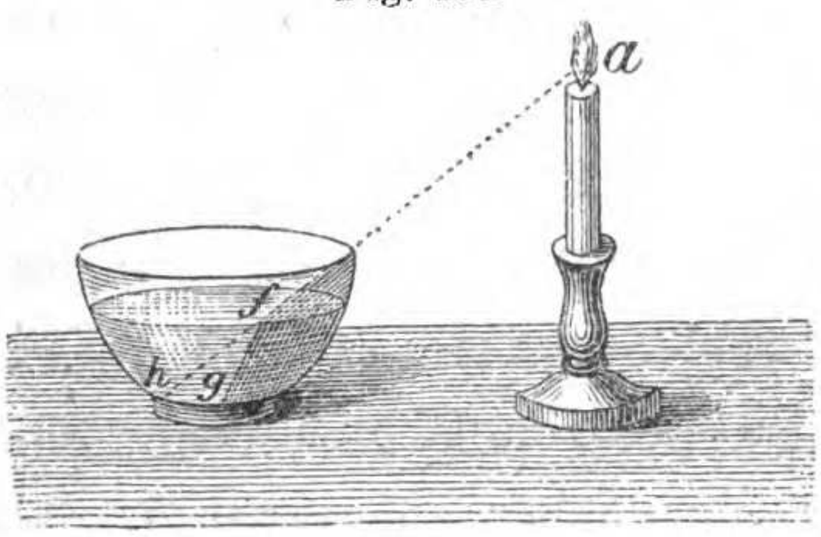
Nu zal ik de kom eens vol water gieten, en wat gebeurt er nu, zie fig. 289?

ABDULLAH. Hé, mijnheer, nu zie ik het geldstuk wel, het is juist alsof het hooger is gekomen.

DE HEER. Juist, en nu is de vraag, waarom ziet gij het nu wel?

Zie eens hier, fig. 289. Van het oog *a* kunt gij het geldstuk niet zien, wegens den rand der kom; als gij de lijn *a b* trekt, ziet gij dat duidelijk, die lijn gaat door de wand der kom heen. Nu ziet gij uit *a* over den rand het geldstuk, de lichtstraal gaat dus van *b* naar *d*, en gaat dan niet rechtuit, maar wel van *d* naar *a*. Men noemt dit, dat het licht *gebroken* wordt, en het geheele verschijnsel de *straalbreking*.

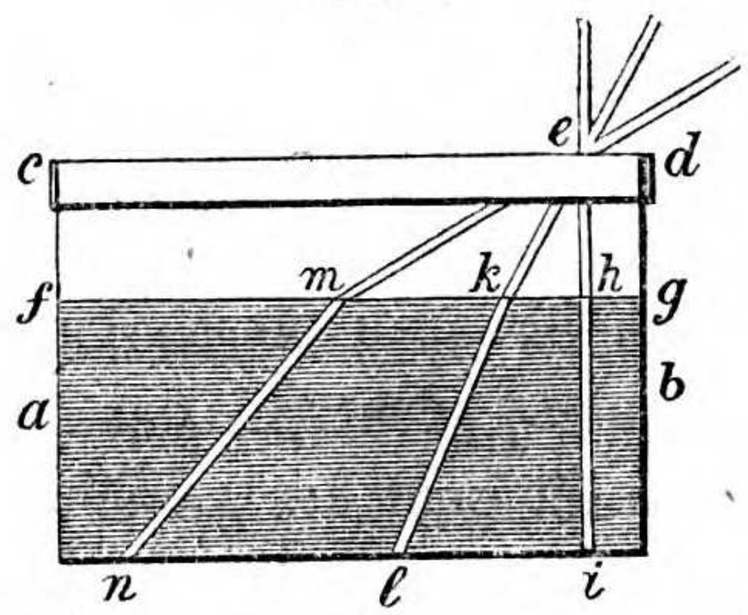
Fig. 290.



Als nu het licht van *a* uitging, zie fig. 289, dan zou hetzelfde plaats hebben, de weg van het licht is dan *a f g*, en de schaduw van den rand der kom zal bij dezelfde plaatsing van het licht vallen in *h*, als er geen water in de kom is, maar in *g*, als er wel water in de kom is.

Hetzelfde, wat gij nu in het water ziet, gebeurt ook, als het licht van buiten den dampkring in den dampkring valt.

Fig. 291.



Maar om dit goed te begrijpen, moeten wij nog eens nader onderzoeken, hoe het licht gebroken wordt, als het in het water valt. Zie eens hier. Ik heb hier een glas water, *ab*, fig. 291, dat met een weinig melk witachtig is gemaakt; troebel slootwater kan er ook voor dienen, In dat water kan ik een lichtstraal, als hij van de zon komt, zien; in geheel helder water kan ik hem niet goed zien.

Nu dek ik dat glas toe met een deksel *c d* van dik papier, waar een gaatje *e* in is. Schijnt nu op den middag de zon door het gaatje *e*, loodrecht op de oppervlakte van het water, dus in de richting *e h*, dan gaat de lichtstraal rechtdoor naar *h i*, dan is er dus geene breking.

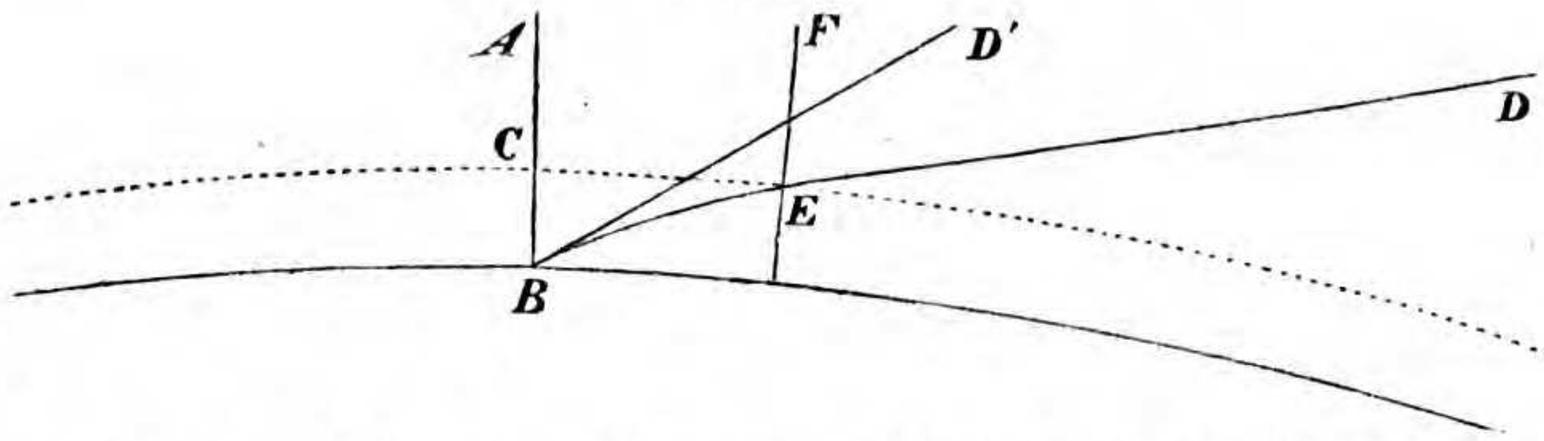
Maar is het nu bijv. 2 uur des namiddags geworden, en de

zon schijnt in de richting *e k* op het water, dan wordt het licht gebroken en gaat door in de richting *k l*, het wordt dus een weinig gebroken.

Nog twee uur later, dus te 4 uur, schijnt het licht in de richting *e m*, en nu vervolgt de lichtstraal in het water zijnen weg in de richting *m n*, dus nu is de breking veel sterker dan te twee uur. Gij ziet dus, dat hoe *nader* de lichtstraal bij de loodlijn *e h* invalt, hoe *geringer* de breking is, en hoe *grooter* hoek de lichtstraal met de loodlijn maakt, hoe *sterker* de breking is.

Datzelfde is nu in den dampkring ook het geval. Als de

Fig. 292.



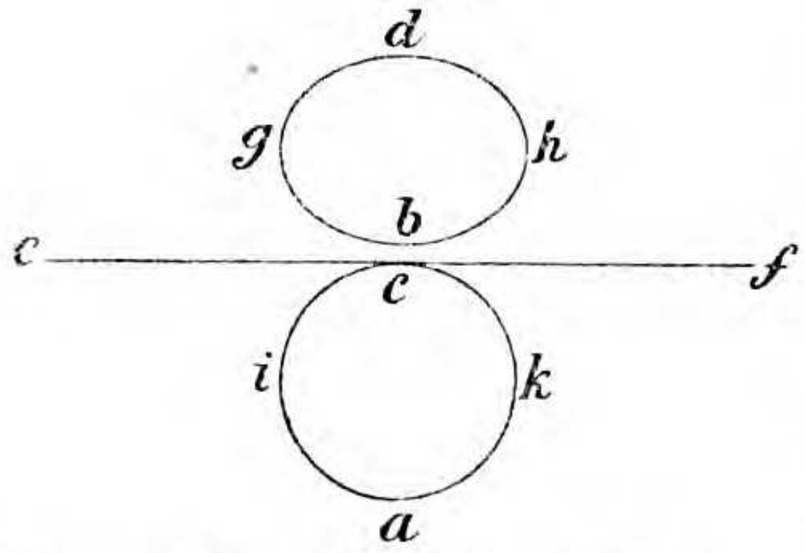
zon fig. 292, in *A* staat, recht boven het hoofd van iemand die in *B* is, dan gaat de lichtstraal *A C* recht door tot in *B*. Maar als de zon in *D* is, dan zal een lichtstraal, die volgens *D E* altijd recht geweest is, als hij in *E* in den dampkring komt, gebroken worden, maar de dampkring is daar zoo dun, dat het nauwelijks merkbaar is. Maar hoe verder nu die lichtstraal in den dampkring komt, hoe dikker de lucht is, en daardoor komt het dan, dat die lichtstraal eene kromme lijn beschrijft, even zoo als gij in de figuur ziet. Komt die lichtstraal nu in *B*, in het oog van iemand, die zich daar bevindt, dan let die persoon alleen op, uit welke richting het licht tot hem komt; en van de kromte van den lichtstraal kan hij niets bemerken, hij verbeeldt zich dus, dat hij de zon in de richting *B D'* ziet, dus hooger dan de zon werkelijk is.

Het verschil nu van *D'* en *D* aan den hemel is de straalbreking. Staat nu de zon boven ons hoofd, in *A*, dan is die straalbreking gelijk nul. Staat de zon niet boven ons hoofd, dan zal de straalbreking des te grooter zijn, naarmate de zon

dichter bij den horizon is, want dan is de hoek, dien de lichtstraal *D E* met de loodlijn *E F* maakt, des te grooter.

Maar wat gebeurt er nu als de zon ondergaat? Dan is de onderrand der zon lager dan de bovenrand, en de stralen van den onderrand hebben dus meer straalbreking dan die van den bovenrand.

Fig. 293.



Als gij de zon *b d*, fig. 293, juist aan den horizon *e f* ziet, dan zoudt gij haar niet zien, als er geene straalbreking was, want dan zou de zon al onder den horizon zijn, namelijk in *a c*. Maar nu wordt de onderrand *a* door de straalbreking in de hoogte geheven, tot in *b*; de bovenrand *c* niet zoo sterk, maar tot *d*; daardoor is dus de middellijn *b d* kleiner dan de middellijn der zon *a c*; maar de middellijn *g h* is wel even groot als de middellijn der zon *i k*; en daaruit ziet gij dus, dat de zon als een afgeplatte bol moet schijnen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat begrijp ik nu heel goed, maar als de zon een weinig hooger staat, dan zie ik daar toch niets van, dan schijnt de zon toch geheel rond.

DE HEER. Ja, dat komt, omdat juist als de zon zoo laag staat, vlak aan den horizon, de straalbreking dan zoo sterk toeneemt; daar is dus ook het verschil zoo groot tusschen de straalbreking, die het licht van den bovenrand, en de straalbreking, die het licht van den onderrand ondergaat. Staat de zon hooger, dan is er toch altijd wel eenig verschil in de vertikale middellijn der zon *b d*, en de horizontale *g h*, maar het verschil is gering; en kan alleen met fijne sterrekundige instrumenten gemeten worden. De sterrekundigen moeten, als zij hunne waarnemingen doen, daar altijd op letten; want de sterren staan ten gevolge der straalbreking altijd hooger, dan zij zouden staan als de lichtstraal recht door liep.

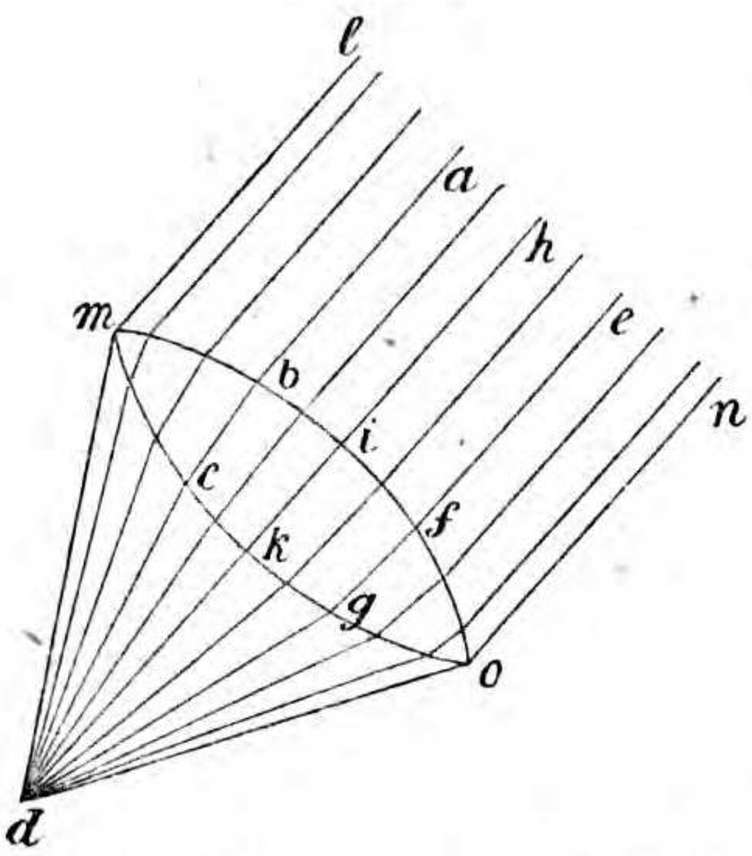
ABDULLAH. Dat is toch wel merkwaardig, mijnheer, ik

heb dat vroeger nooit geweten, en van die straalbreking heb ik vroeger ook nooit gehoord.

DE HEER. En toch geloof ik, dat gij dikwijls straalbreking gezien hebt, maar er niet op gelet hebt. Hebt gij nooit een brandglas gezien?

ABDULLAH. O ja mijnheer, die kan men soms op de pasar koopen. Daar kan men een stukje zwam of een lucifer mede in de zon in brand steken.

Fig. 294.



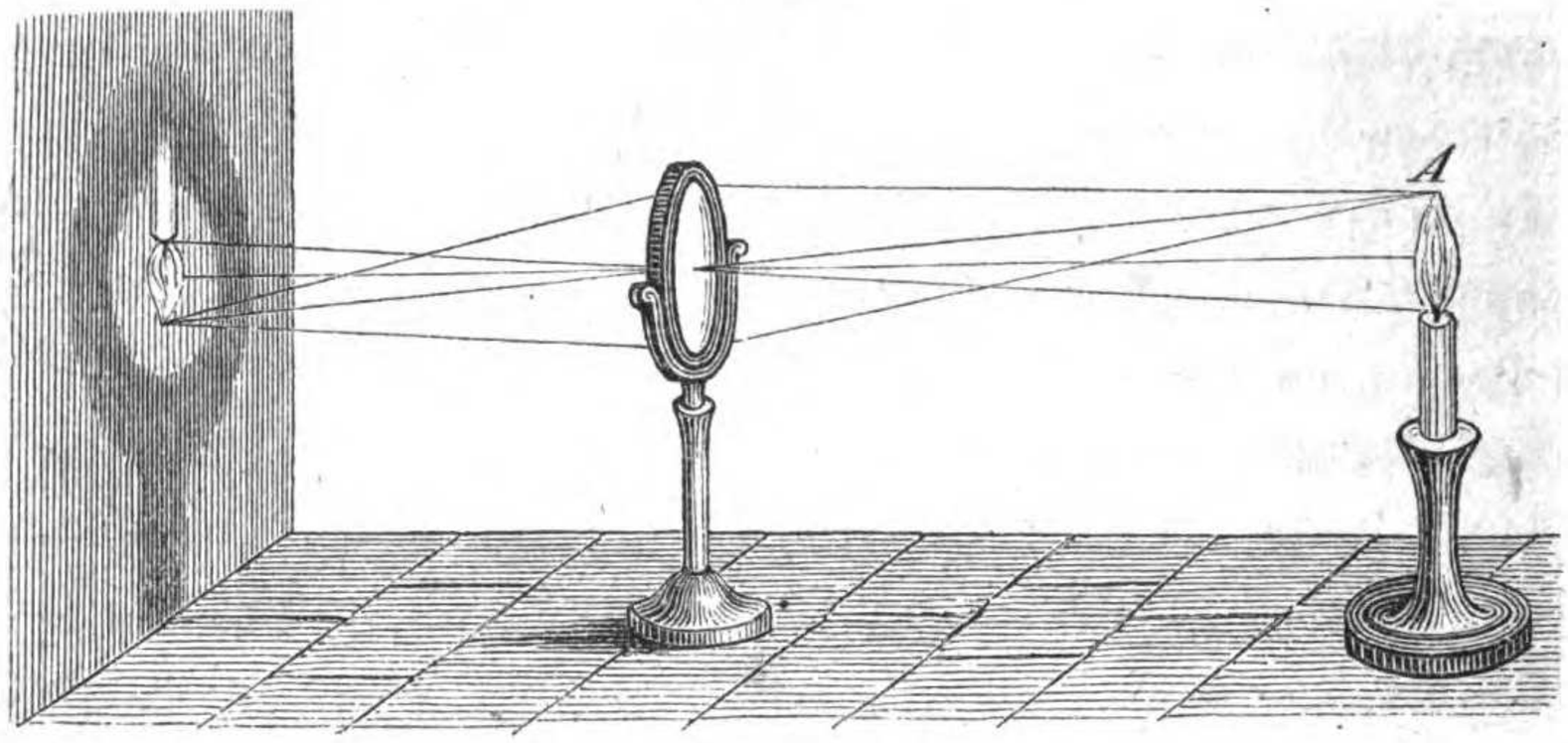
DE HEER. Precies; welnu, zulk een brandglas werkt alleen door de straalbreking. In deze figuur, 294, is *m b i f o g k c m* de doorsnede van een brandglas, houdt men dat nu dwars tegen de zon, dan vallen de zonnestralen *l m*, *a b*, *h i*, *e f* en *n o* er op, maar van al die stralen gaat alleen *h i* recht door. De straal *a b* wordt eerst gebogen, als hij bij *b* in het glas komt, en gaat in het glas voort langs *b c*; nu wordt hij nog eens gebogen, als hij bij *c* uit het glas komt; evenzoo is het ook met den straal *e f*.

Nu komen al die stralen samen in het punt *d*, en van daar, dat het daar zoo warm kan zijn. Men noemt dat punt het *brandpunt* van het brandglas. Houdt gij daar nu een stukje wit papier, dan ziet gij een rond wit licht schijfje, dat is een beeld van de zon. Houdt gij een brandglas in de hand dicht bij een witten muur, en er brandt eene kaars of lamp in de kamer, dan kunt gij even zoo een beeldje van die kaars op de muur verkrijgen, zie fig. 295, waar in plaats van eene lens in de hand, eene lens op een voet geteekend is. Even zoo kan men overdag van een venster of van de boomen buiten de kamer een beeldje op den muur verkrijgen.

Zulk een glas noemt men in het algemeen eene *lens*. Eene lens, die geslepen is als een brandglas, namelijk in het mid-

den dikker dan aan den rand, kan men ook als een vergrootglas gebruiken; de brillen voor oude menschen zijn ook zoo; maar

Fig. 295.



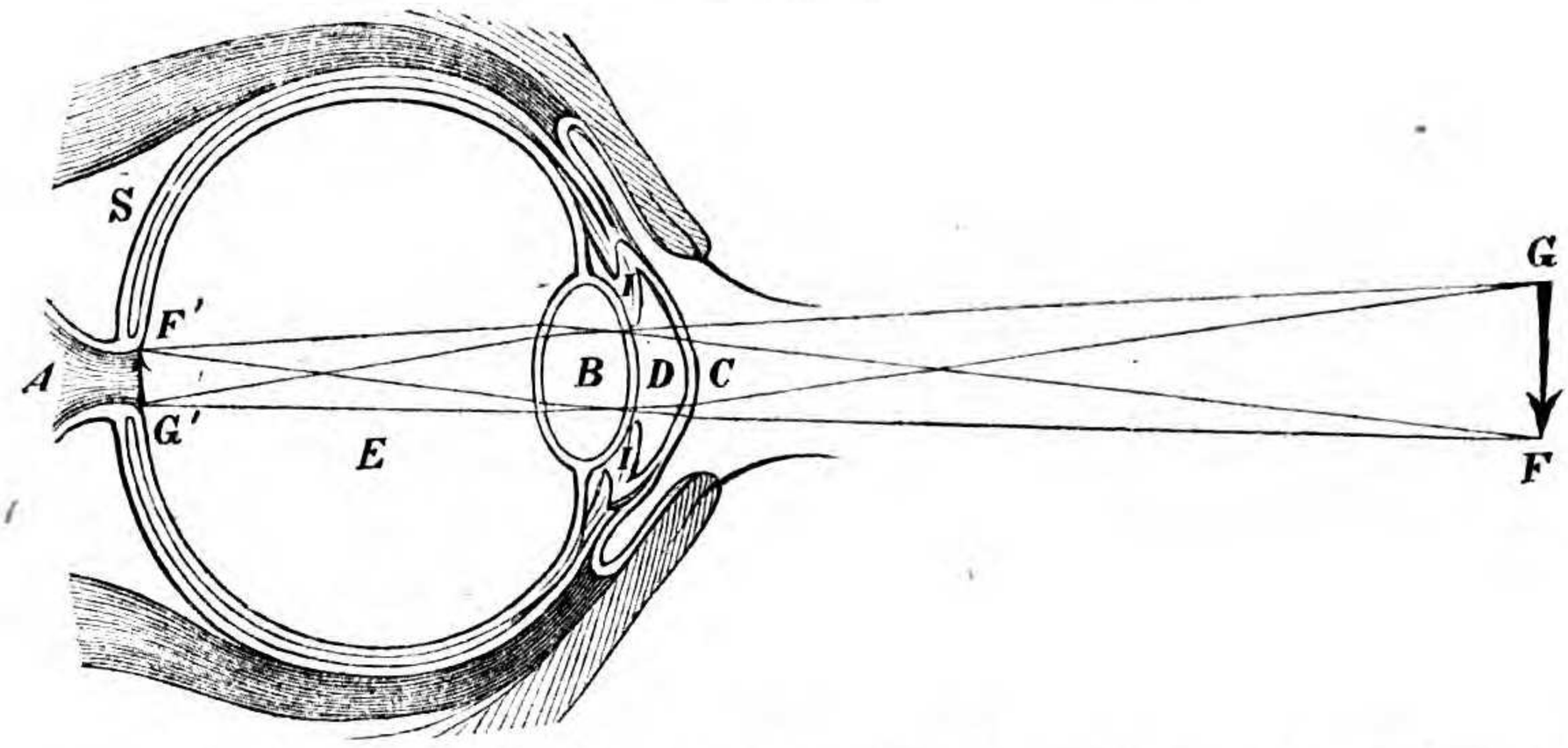
de brillen voor bijziende menschen zijn anders, die zijn in het midden dunner dan aan den rand, en die vergrooten ook niet, maar verkleinen. Ik kan u nu niet uitleggen, hoe en waarom dat alles zoo is, maar dat kan ik u wel zeggen, dat al die brillen werken door de straalbreking van licht, dat uit de lucht in het glas en weer van het glas in de lucht komt.

Wanneer men zijn photographie-portret laat maken, dan doet de photograaf niets anders dan op de plaats, waar in zijn toestel het beeld van uw gezicht valt, eene glasplaat te stellen, die bedekt is met een scheikundig praeparaat, dat voor het licht gevoelig is. Daardoor komt het portret op de plaat; maar er moet nog in eene donkere kamer een vocht overgegoten worden, om het overtollige van het vorige praeparaat er af te wasschen. Nu is het portret wel op het glas, maar wat aan uw lichaam licht is, is er donker, en omgekeerd. Men noemt zoo een portret een *negatief*. Dit wordt nu in de zon gelegd, met een toebereid papier er onder tegen aan; overal waar nu de zon kan doorschijnen, wordt het papier zwart; de lichte plekken op het glas worden dus nu donker op het papier, en de donkere plekken op het glas worden licht op het papier; men verkrijgt dan een *positief* portret.

En wat is uw oog? Niets anders dan een photographische toestel. Ziehier eene teekening van de doorsnede van een men-

schelijk oog, fig. 296. De buitenwand van den oogbal bestaat uit eene witte huid *S*, die de *harde oogrok* genoemd wordt. Aan de voorzijde van het oog ontbreekt die harde witte huid, maar daar bevindt zich eene doorschijnende huid *C*, die men *hoornvlies* noemt; deze is iets sterker gekromd dan het vorige deel van den oogbol. De binnenruimte van het oog wordt door een gekleurd vlies, — de *Iris*, I — in twee deelen of *kamers* verdeeld. Dit vlies is ondoorschijnend en heeft in het midden eene opening. Dit vlies is het, dat den *oogappel* vormt. Het is bij de Javanen en alle andere volken van den Indischen Archipel zwart, bij de Europeanen soms donkerbruin, soms lichtbruin, soms blauw; hiernaar spreekt men van bruine en blauwe oogen, enz.

Fig. 296.



De opening schijnt in elk oog geheel zwart, men noemt haar de *pupil*. Daarachter bevindt zich een lensvormig doorschijnend lichaam, *B*, de *lens* of *kristallens* genaamd.

De voorste kamer van het oog, dus voor de lens, is met een vocht gevuld, het zoogenaamde *waterachtige vocht*. De achterste kamer met een vocht, dat meer van eene gelei heeft, men noemt dit het *glasachtige vocht*.

Beschouwt men nu een voorwerp in de verte, dat in de figuur door de pijl *F G* is voorgesteld, dan werpt elk punt van dat voorwerp licht door de pupil, en geeft een beeldje op de achtervlakte; zoo komt er van het geheele voorwerp een

beeld F' G' op die achtervlakte, waar zich een dun zwart vlies bevindt, dat men het *netvlies* van het oog noemt. Achter dat netvlies is eene dunne huid, die geheel met aderen bezet is. In A ziet gij de oogzenuw, die naar de hersenen gaat. Over het geheele netvlies liggen de uiteinden van kleine zenuwen, die met de oogzenuw verbonden zijn, en doordien die zenuwen het beeld voelen, dat van den boom gevormd wordt, zien wij den boom.

Gij ziet dus dat die straalbreking, waar ik u van verteld heb, niet alleen in den dampkring te zien is, maar dat verschillende bekende verschijnselen door straalbreking verklaard worden, en dat er zelfs zeer veel gebruik van gemaakt wordt.

---

§ 164.

OVER DE WOLKEN. WAARDOOR ZIJ ONTSTAAN. EERSTE REDEN. VERKOELING DOOR UITZETTING DER OPGESTEGEN LUCHT.

DE HEER. Wij zullen nu eens over wat anders praten. Ik heb u onlangs wel verhaald, dat hoe hooger men boven de aarde stijgt, hoe dunner en kouder de lucht wordt, maar in den dampkring der aarde is nog heel wat meer op te merken. Ik moet u eerst eens vragen, of gij wel weet hoe de wolken ontstaan?

ABDULLAH. Wel mijnheer, mij dunkt: hier beneden dampt de natte grond en de rivieren en de zee uit, en boven in de lucht wordt die damp weer wolken.

DE HEER. Ja, maar waarom wordt die damp weer wolken?

ABDULLAH. Ja mijnheer, dat weet ik niet.

DE HEER. Wel, dat zal ik u dan eens uitleggen. De dampkringslucht, dit heb ik u reeds vroeger uitgelegd, bestaat niet alleen uit zuurstof en stikstofgas, maar bevat ook een weinig koolzuurgas, en heel veel waterdamp. Die waterdamp nu is gewoonlijk niet zichtbaar, omdat de lucht water evenzoo kan

oplossen als water suiker of zout kan doen. Als gij in een glas water een weinig suiker doet, en gij roert het om, dan verdwijnt de suiker geheel en al; maar zij is nu opgelost in het water. Hetzelfde gebeurt met zout in water.

Maar hetzelfde gebeurt ook met water in lucht. Lucht kan water oplossen, zoodat men het niet ziet. Droge lucht, die in het geheel geen waterdamp inhoudt, bestaat in de natuur wellicht in het geheel niet of alleen op eene hoogte van 10 000 meters of meer. Hier beneden bevat de lucht veel waterdamp. Maar in alle geval kan de lucht maar eene zekere hoeveelheid waterdamp inhouden, en die hoeveelheid is niet altijd dezelfde; zij hangt geheel er van af, hoe warm de lucht is. Warme lucht kan veel waterdamp ophouden, koude lucht weinig. De geleerden in Europa hebben zich vele moeite getroost om dit te onderzoeken.

Als nu de lucht zoo vochtig mogelijk is, dat wil zeggen, als zij zooveel waterdamp inhoudt als zij kan, dan zegt men dat de lucht *verzadigd* is.

Nu wordt des daags de oppervlakte der aarde door de zonnestralen verwarmd, de oppervlakte der aarde deelt die warmte aan de lucht mede, dus wordt de lucht ook warm. De grond is dikwijls vochtig; schijnt daar de zon op, dan verdampt dat vocht, en rust er warme lucht op den grond, dan lost die lucht den damp van het water, dat in den grond is, op, en wordt vochtig. Datzelfde gebeurt met de lucht, die op de zee of op de rivieren rust.

Maar door die warmte wordt die lucht ook lichter, zoo dat zij naar boven stijgt, en door andere lucht vervangen wordt, die van koudere plaatsen komt. Gij herinnert u wat ik u van den zeewind gezegd heb. (1 Stukje § 18).

Nu komt die lucht boven, hoog in den dampkring, en nu zijn er verscheidene redenen, waarom die lucht den waterdamp niet meer kan ophouden, die zij, beneden zijnde, opgenomen had.

De eerste reden is, dat, als de lucht boven komt, daar minder drukking is, en die lucht dus daar uitzet.

Maar nu heeft men eene eigenschap van de lucht ontdekt, die zeer merkwaardig is, en dat is deze, dat als lucht plotseling samengeperst wordt, zij dan warm wordt; wordt de lucht daarentegen gedwongen, zich uit te zetten, dan wordt zij kouder.

ABDULLAH. Wel mijnheer, dat is vreemd.

DE HEER. Ja dat is ook zoo, maar gij hebt toch iets dergelijks wel gezien, zonder het op te merken. Waarom doen wij in Indië het drinkwater in gendies?

ABDULLAH. Wel mijnheer, daar blijft het veel koeler.

DE HEER. Juist, en waarom? Om eene dergelijke reden als dat de lucht afkoelt als zij uitzet. De gendies zijn niet verglaasd, het water sijpelt dus door den wand heen naar buiten. Nu verdampt dat water, dat buiten op de gendie zit, aanhoudend, van daar dat er ook soms niet veel water op het schoteltje komt, waarop de gendie gezet wordt. Wat gebeurt er nu bij dat verdampen? Het water op de oppervlakte der gendie neemt weinig plaats in, maar als het verdampt en dus waterdamp wordt, dan neemt het zeer veel plaats in. En om nu die waterdeeltjes zoo uit te zetten, daar is warmte voor noodig; die ontleent nu het water aan de gendie, en het gevolg is dat de gendie, en dus natuurlijk ook het water dat er in is, kouder wordt.

Gij kunt dit ook duidelijk zien, als gij des morgens met even warm water eene glazen karaf en een gendie vult; dan zult gij des namiddags ten 2 of 3 uur wel zien, als gij een thermometer in beide steekt, dat er verschil in is. Het water in de karaf is dan bijna zoo warm als de lucht, maar het water in de gendie is soms 5 en meer graden Celsius koeler.

Maar laten wij nu op die warme lucht terugkomen, die in den dampkring hoog opgestegen is: die lucht is dus door uitzetting zooveel kouder geworden. Maar koude lucht kan zooveel waterdamp niet bevatten als warme lucht; dus als die lucht beneden, toen zij warm was, verzadigd was van water-

damp, zal zij, boven gekomen, te veel waterdamp hebben. Zij kan dien waterdamp nu niet meer ophouden en stoot hem uit; hij vormt dan eene wolk.

---

§ 165.

TWEEDE REDEN. NEDERSLAG VAN WATER BIJ VERMENGING VAN TWEE HOEVEELHEDEN LUCHT VAN VERSCHILLENDE TEMPERATUUR. DERDE REDEN. NEDERSLAG DOOR NACHTELIJKE KOUDE.

Er is nog een tweede reden, die ook maakt, dat er wolken gevormd worden. Hebt gij wel eens uw eigen adem gezien?

ABDULLAH. O ja mijnheer. Laatst nog, toen het zoo geregend had.

DE HEER. Ja juist, hier in Indië ziet men zijn adem, althans in lage landen, alleen als het goed geregend heeft, of als er dauw is. Dan is de lucht verzadigd van vocht. Zij bevat dan zooveel waterdamp, als op die temperatuur maar mogelijk is. Maar wat gebeurt er nu, als wij ademen? Uit onze longen komt warmere lucht, maar die ook verzadigd is van waterdamp. Nu mengt zich die lucht van de longen met de lucht van den dampkring, en nu is het eene eigenschap van de lucht dat zulk een mengsel altijd minder waterdamp kan ophouden, dan volgens het mengsel berekend wordt; en daarom moet zij dan wel haren waterdamp verliezen, die dan wolken vormt.

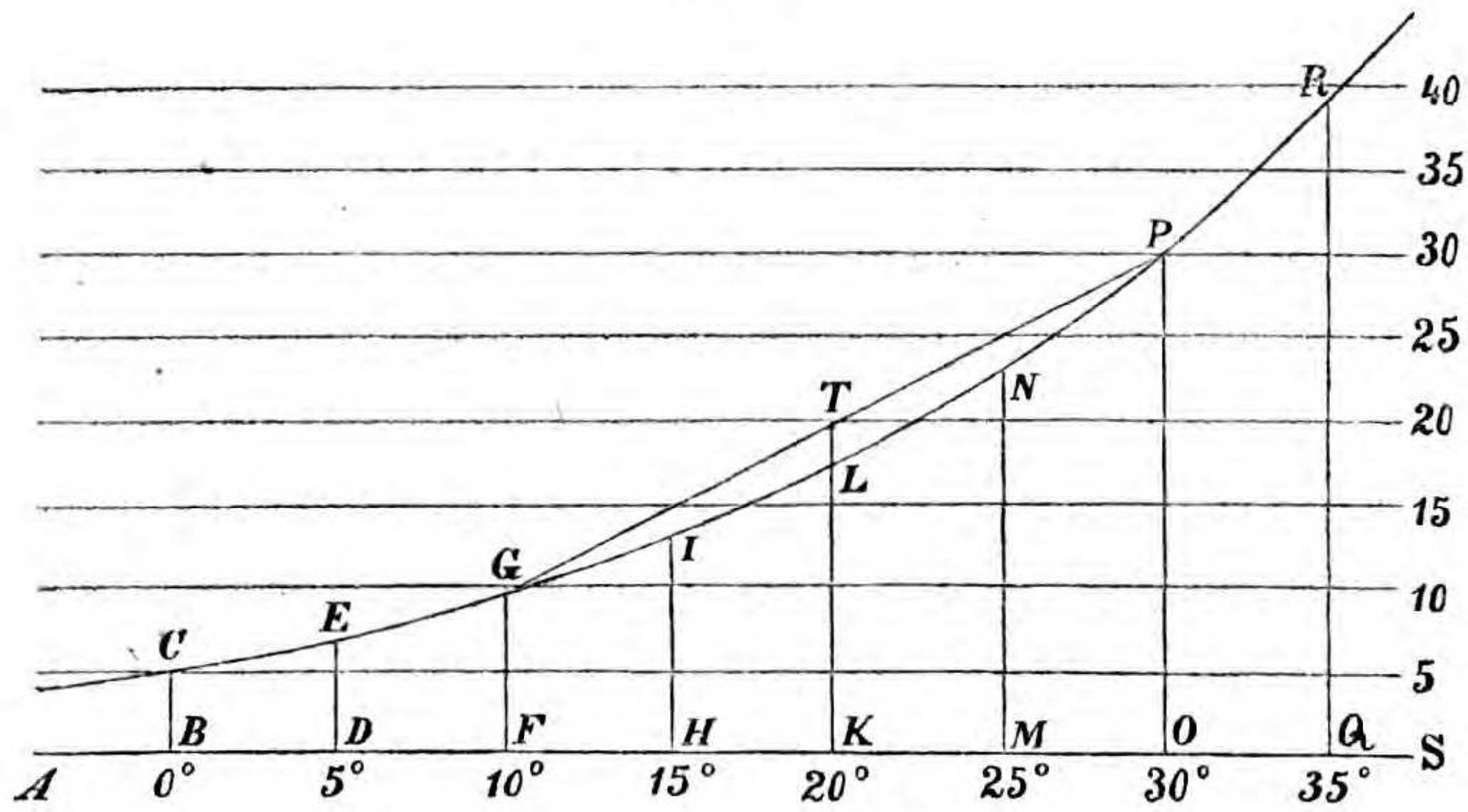
ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is toch vreemd, dat begrijp ik niet goed; hoe komt dat dan?

DE HEER. Ja, dat is ook zoo gemakkelijk niet in te zien; maar ik zal toch trachten het u door eene figuur duidelijk te maken.

Zie eens deze figuur, fig. 297. Gij ziet eene regte lijn *A S*,

en daarop zijn eenige punten B, D, F, H, K, M, O, Q aangenomen op gelijken afstand van elkander. Nu zijn door

Fig. 297.



die punten loodlijnen $B\,C$, $D\,E$, $F\,G$, $H\,I$, $K\,L$, $M\,N$, $O\,P$ en $Q\,R$ op de lijn $A\,S$ getrokken. Bij de punten B, D, enz. ziet gij staan 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, enz., en nu stellen die loodlijnen voor, hoeveel waterdamp lucht van 0° C., lucht van 5° C., lucht van 10° C., enz., bevatten kan; namelijk:

bij 0° C. kan een kubieke meter lucht 4,9 gram water bevatten.
„ 5 „ „ „ „ „ „ 6,8 „ „ „ „
„ 10 „ „ „ „ „ „ 9,35 „ „ „ „
„ 15 „ „ „ „ „ „ 12,7 „ „ „ „
„ 20 „ „ „ „ „ „ 17,1 „ „ „ „
„ 25 „ „ „ „ „ „ 22,8 „ „ „ „
„ 30 „ „ „ „ „ „ 30,1 „ „ „ „
„ 35 „ „ „ „ „ „ 39,2 „ „ „ „

Gij ziet nu wel, hoe snel die loodlijnen toenemen, hetgeen een teeken is, dat als de lucht warmer wordt, elke graad Celsius verhooging van warmte, de lucht weer veel meer waterdamp doet opnemen.

Als ik nu de uiteinden van die loodlijnen C, E, G, I, L, N, P, R door eene kromme lijn verbind, dan kan men zeggen, dat die lijn voorstelt, hoe de hoeveelheid waterdamp vermeerdert, die de lucht bevatten kan, naarmate de temperatuur

rijst. Dergelijke lijnen worden dikwijls in de natuurkunde gebruikt om den loop van een of ander verschijnsel duidelijk af te teekenen.

Maar nu moet gij hierop letten, dat die kromme lijn is hol aan de bovenzijde.

Stel nu eens dat ik een kub. meter lucht van 30° ga vermengen met een kub. meter lucht van 10°, hoe warm denkt gij dan wel dat het mengsel zijn zal?

ABDULLAH. Wel, 20 graden.

DE HEER. Natuurlijk. Maar hoeveel waterdamp zal er nu zijn in elken kubiekėn meter van het mengsel?

Om dat te vinden, behoef ik natuurlijk maar op te tellen, hoeveel waterdamp er in elk der beide kubieke meters geweest is. Nu bevat

de kubiekmeter lucht van 10° 9,35 gram waterdamp.
„ „ „ „ 30° 30,1 „ „
dus de beide meters mengsel 39,45 „ „
of elke kubiekmeter 19,725 „ „

Als ik nu in de figuur de rechte lijn $G\ P$ trek, en ik trek $K\ L$ door tot T, dan is $K\ T$ juist tusschen $F\ G$ en $O\ P$ in, dat wil zeggen even zoo veel als $O\ P$ grooter is dan $K\ T$, is $K\ T$ ook grooter dan $F\ G$; en die $K\ T$ is dus juist gelijk aan 19,725 eenheden. Maar wat ziet gij nu in de figuur? dat T boven L ligt, $K\ T$ is dus grooter dan $K\ L$. De hoeveelheid waterdamp in het mengsel is dus grooter, dan de lucht bevatten kan; uit de getallen blijkt het even goed; want wij vonden, dat elke kubieke meter van het mengsel 19,725 gram waterdamp zou inhouden; maar lucht, die 20° warm is, kan slecht 17,1 gram waterdamp inhouden, dus wat moet er gebeuren? De lucht laat dien waterdamp los, en er vormt zich eene wolk of een nevel.

Gij ziet dus dat ik u al twee oorzaken heb opgenoemd, waarom er in de hoogte van den dampkring telkens wolkenvorming moet plaats hebben. Wij kunnen er nog bijvoegen, dat de zon overdag schijnt en den waterdamp in de lucht doet

opstijgen; maar dat die lucht bovengekomen zijnde, des nachts afkoelt; dit kan dikwijls ook de vorming van eene wolk veroorzaken.

---

§ 166.

OVER DE VERSCHILLENDE SOORTEN VAN WOLKEN, EN DE HOOGTEN, WAAROP ZIJ VOORKOMEN. OVER DEN REGEN.

DE HEER. Voordat ik u verder verhaal, moet ik u nog op een ding opmerkzaam maken, dat namelijk alle wolken niet van dezelfde soort zijn. Er zijn twee hoofdsoorten van wolken. De eerste soort bestaat uit kleine waterdruppeltjes, even als nevel, mist en dauw; dit zijn die wolken, welke gij dagelijks kunt zien ontstaan. In de lage streken, zooals te Batavia, wordt, als het 's nachts helder is, de grond zoo koud, dat de lucht, die er op rust, haar waterdamp niet kan ophouden en dan ontstaat er op de sawahs en andere velden een nevel of dauw; het gras wordt dan geheel nat; zoodra de zon op is, en den grond gaat beschijnen, verdwijnen die nevel en die dauw heel spoedig. Nog vóór of op den middag verzamelt zich al de waterdamp, die uit den grond, moerassen, rivieren, en de zee opstijgt en vormt in de lucht wolken; deze hebben eene hoogte van ongeveer 1000 meters. Tegen de bergen aan kan men ze ook uit de vlakte zien. Dat zijn de wolken van de eerste soort. Zij zijn afgerond, en gelijken wel op een hoop kapas; als de zon ze beschijnt, zijn ze helder wit. Verzamelen deze wolken zich nu meer en meer, dan wordt de hoeveelheid kleine waterdruppeltjes, waaruit de wolken bestaan, hoe langer hoe grooter, zij hechten zich aan elkander en vormen grootere druppels, die dan als regen naar beneden vallen.

Nergens gaat die afwisseling geregelder dan op Java; te

Buitenzorg regent het bijna alle dagen geregeld in den namiddag; te Batavia is het niet zoo geregeld, want daar is grooter verschil tusschen den oostmoesson en den westmoesson. Het regent te Batavia het meest in de maanden December, Januari en Februari, het minst in de maanden Juli, Augustus en September. Ook regent het te Batavia op alle uren van den dag, terwijl de regen te Buitenzorg het meest na den middag nedervalt.

In een bergachtig land, zoo als Java, heeft elke plaats haar eigen klimaat; dat hangt natuurlijk geheel af van hare ligging ten opzichte van de zee en van de bergen; het hangt ook af van de hoogte boven de zee. Batavia heeft een geheel ander klimaat dan Buitenzorg, Buitenzorg dan Tjandjor, Tjandjor weder dan Bandong. Ja, het klimaat van West-Java is lang niet hetzelfde als van Oost-Java. In Oost-Java, bijv. te Soerabaja, is de oostmoesson veel droger dan in West-Java. Dikwijls zijn in den oostmoesson te Soerabaja alle grasvelden verdord, terwijl te Batavia gras in overvloed is.

Sedert 1866 wordt het klimaat van Batavia geregeld bestudeerd, op het weerkundig observatorium, onder directie van Dr. Bergsma; hij heeft Javaansche assistenten daartoe opgeleid, en die nemen alle uur de instrumenten waar, den thermometer, den barometer, den windwijzer, zij meten de hoeveelheid regen, enz. En de Regeering wil nu ook op andere plaatsen in Indië waarnemingen laten doen; er zijn nu onlangs een aantal regenmeters uit Nederland gekomen, die op verschillende plaatsen opgesteld zijn; het zijn trechters, waar de regen in opgevangen wordt, die dan onder in eene flesch of ander toestel bewaard wordt. Als nu op vele plaatsen zulke waarnemingen gedaan zijn, dan zal men wat meer van het klimaat van Indië weten, maar nu is er nog niet veel van opgeteekend, en dus niet algemeen bekend.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u zeidet, er waren twee soorten van wolken.

DE HEER. Ja, de andere soort, dat zijn kleine wolken, die

zoo hoog in de lucht ontstaan, dat daar onmogelijk water bestaan kan, het zijn de zoogenaamde vederwolken; gij kunt die zeer dikwijls opmerken; doordien zij zoo ver zijn, schijnen zij zich slechts uiterst langzaam te bewegen en de andere grootere wolken ziet gij altijd er onder door drijven. Die zijn dus veel lager. Is men op den top van een hoogen berg, zoo als de Ardjoeno, Semeroe, of Slamat, dan ziet men die kleine vederwolkjes of schapenwolkjes ver boven zich, maar beneden zich ziet men de groote wolken van de eerste soort drijven, die den regen geven. Die vederwolken moeten uit kleine ijskristalletjes bestaan; in Europa zijn soms heeren, die in een luchtballon opgestegen, door zulk eene wolk van ijskristallen heengegaan.

---

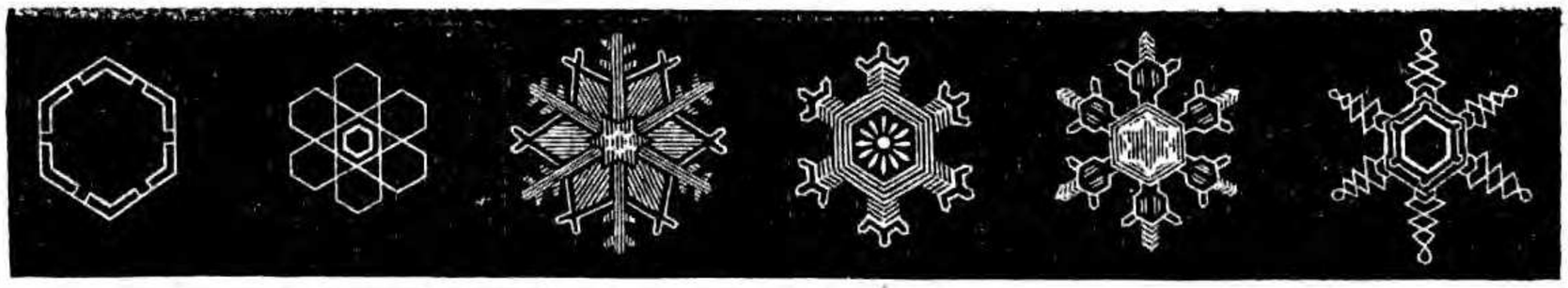
§ 167.

OVER DE SNEEUW.

ABDULLAH. Maar mijnheer, vallen die ijskristallen dan ook wel eens naar beneden? Dat heb ik toch nog nooit gezien.

DE HEER. Hier in Indië gebeurt dat ook niet, maar wel verder van de evennachtslijn, zoowel in het Noorden als in het Zuiden. Als eene wolk geheel en al bevriest en er vallen die fijne ijskristalletjes neder, dan noemt men dit in het hollandsch dat het *sneeuwt*. Die *sneeuw* bestaat uit verschillende soorten van fijne kristalletjes, even als sterretjes, van ijs, die slechts 2 of 3 millimeters groot zijn, maar zich aan elkander hechten tot kleine vlokken.

Fig. 298.



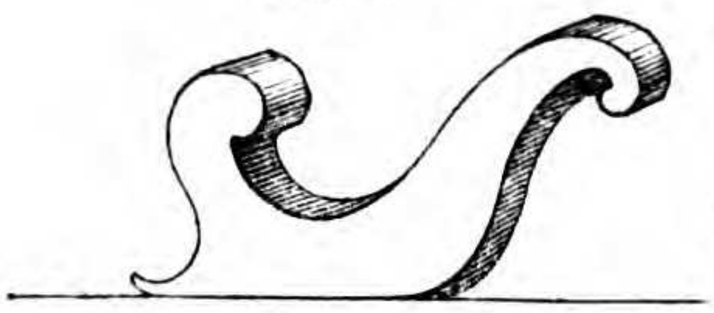
In fig. 298 ziet gij de verschillende vormen, waaronder de sneeuw wel afgeteekend is, maar die figuren zijn vergroot.

In Nederland valt die sneeuw dikwijls en blijft dan op den

grond liggen. Dan ziet het geheele land er spierwit uit. Op de daken blijft de sneeuw dan soms een halven voet hoog liggen, en evenzoo op de takken der boomen. Is de benedenlucht warmer dan 0° Celsius, dan smelt de sneeuw dadelijk weg, en wordt water. Is de benedenlucht kouder dan 0° Celsius, dan blijft de sneeuw soms verscheidene dagen op den grond liggen, totdat er eens een warme dag komt en dan smelt de sneeuw weer weg.

In Zweden en Rusland is het des winters veel kouder dan in Nederland, en daar blijft de sneeuw dan ook maanden achtereen liggen. Door het vele loopen op die sneeuw wordt zij hard en glad, en dan rijden de menschen daar niet meer met wagens, maar met sleden. Zulk eene slede heeft geene wielen, maar gladde ijzeren staven waar zij op glijdt, en wordt door paarden getrokken. Andere worden voortgeduwd, hetgeen zeer gemakkelijk gaat. In fig. 299 is zulk eene handslede afgebeeld.

Fig. 299.



In Holland worden die sleden ook wel gebruikt, als er sneeuw ligt, maar het is altijd maar voor eenige dagen. In St. Petersburg ligt er al in November sneeuw. In April, zoodra de dagen daar langer worden dan de nachten, smelt de sneeuw daar weg, en komt de grond weder bloot; alleen dicht bij de Noordpool, zooals op het eiland Spitsbergen, benoorden Europa, blijft ook des zomers de sneeuw liggen.

In Europa zelf is dat ook het geval op de toppen der bergen, bijv. de toppen der Alpen zijn altijd met sneeuw bedekt, maar die zijn ook veel hooger dan de hoogste bergen op Java.

In landen, die dicht bij de evennachtslijn liggen, blijft de sneeuw alleen op bergtoppen, die bijna 5000 meters hoog zijn, het geheele jaar liggen. Zelfs de Semeroe is zoo hoog niet; die is slechts 3666 meters hoog en daar vindt men geene sneeuw.

Maar in Amerika heeft men een aantal bergen, die tot de Andes behooren, zoo als de Nevado de Sorata in Bolivia, die

7563 meters hoog is, de Ilimani, Chimboraso, enz. die allen hooger dan 5000 meters zijn. In Azië is het met de hoogste toppen van het Himalaja-gebergte evenzoo gesteld; ook in Afrika hebben de laatste reizigers bergen gevonden, die met eeuwige sneeuw bedekt zijn.

---

§ 168.

OVER HET ONWEER.

ABDULLAH. Mijnheer, u hebt mij al veel verhaald van regen en wind, en nu de vorige keer van sneeuw; maar u hebt mij nog niets verteld van het onweer. Gisteren was het vreeselijk, de bliksem heeft een manggaboom in de kampong geheel en al in tweeën gespleten; Wat is dat toch, en hoe komt toch die bliksem en donder?

DE HEER. Ja, dat is zeker een treffend verschijnsel, en het is nog maar omtrent honderd jaar geleden dat men er een weinig van heeft begrepen, en nog weten de geleerden er niet alles van, wat zij wel wenschten.

Ik heb u wel eens gesproken van de Grieken. Die waren in Europa in de oudste tijden het beschaafdste volk; ik bedoel nu van omtrent 1000 jaar vóór, tot aan het begin der christelijke jaartelling. Onder hen waren dichters, die de fraaiste gedichten gemaakt hebben, die nu nog gaarne gelezen worden; beeldhouwers, die de schoonste beelden uit marmer vervaardigden, die nu nog in Europa tot modellen genomen worden; architecten, die de prachtigste tempels bouwden. In de wetenschappen, zoo als wiskunde, waren zij ook zeer ervaren, maar in natuurkunde waren zij nog dikwijls bijgeloovig. Ik heb u, geloof ik, wel eens gezegd, dat zij zoo vele goden hadden; daardoor hadden zij ook zoo veel gelegenheid om tempels te bouwen, beelden te houwen, en in hunne gedichten voerden zij die goden in, alsof zij met de menschen omgingen.

Hun opperste god was Jupiter; en zij verbeeldden zich, dat deze den bliksem in de hand hield, dien hij dan, als hij vertoornd was, naar de aarde slingerde. Zoo maakten zij ook de beelden van Jupiter, (fig. 300), houdende den bliksem in de rechterhand.

(Fig. 300.)



Maar er waren onder hunne wijsgeeren toch ook wel menschen, die aan die goden niet geloofden, en dat ook aan hunne leerlingen mededeelden, maar daarvoor werden zij dikwijls vervolgd. Zeer beroemd is daardoor geworden Socrates, die leerde dat er maar één God was, en daarvoor veroordeeld werd om door vergif te sterven.

Het is nu omtrent 130 jaar geleden, dat een amerikaansch geleerde, met name Franklin, in 1752, den waren aard van het onweder ontdekte. Gij herinnert u immers, dat toen ik u vroeger uitlegde, hoe de electrische telegraaf werkte, ik u een en ander heb medegedeeld van een electrischen stroom, die door den telegraafdraad gaat.

ABDULLAH. O ja, mijnheer.

DE HEER. Welnu, ik heb u toen ook medegedeeld, dat als men den draad afbreekt, de stroom niet doorgaat, maar als men de beide einden nu weer elkander laat raken, de stroom wel doorgaat.

Als men nu den stroom afgebroken heeft, en men brengt de beide einden van den draad voorzichtig bij elkander, liefst in het donker, dan ziet men dat er, even vóór dat de einden elkander aanraken, een vonk tusschen die einden overspringt, (fig. 301). Die vonk is van dezelfde natuur als de bliksem, maar de bliksem is millioenen malen sterker.

Fig. 301.

Men noemt zoo een vonk eene *electrische vonk.* De eigenschap der lichamen, waardoor de electrische stroom en de electrische vonk ontstaan, noemt men *electriciteit.*

Wat nu de electriciteit is, is nog zeer duister, men kent wel de gevolgen of de uitwerkselen er van, maar het wezen der electriciteit zelve is onbekend.

Wij weten van de electriciteit, dat zij kan veroorzaken *licht*, want men ziet de electrische vonk. Wij weten dat zij kan veroorzaken *warmte*, want als men tusschen de twee einden *a* en *b* (fig 301) een zeer dunnen draad bevestigt, dan komt er geene vonk, maar die draad wordt warm. Die twee einden *a* en *b* heeten de *polen* van de batterij, d. i. van den toestel, waar de electriciteit ontwikkkeld wordt, (2 Stukje fig. 140).

Wij hebben verder gezien, dat die electriciteit ook ijzer magnetisch kan maken, daarop berust de werking van den telegraaf, (2e Stukje § 75).

Gij ziet dus, dat de electriciteit velerlei werkingen heeft. Maar die electriciteit kan evenzoo op verschillende wijzen ontstaan.

In den toestel of de batterij, die op de telegraafkantoren aanwezig is, wordt de electriciteit geboren, doordien men in een scherp vocht zink en kool dompelt, die door een draad aan elkander verbonden zijn.

Maar die electriciteit kan ook op verschillende andere wijzen ontstaan. Men kan haar opwekken door wrijving. Als men een stuk lak met een drogen doek hard wrijft, liefst met een zijden doek, dan wordt het lak electrisch, en men kan dit zien, doordat het dan lichte stukjes papier aantrekt. Dezelfde eigenschap heeft ook barnsteen, die fraaie gele stof, waar wel mondstukjes van sigarenpijpjes van gemaakt worden; evenzoo glas.

Dat het barnsteen die eigenschap heeft, wisten oudtijds de Grieken al, en omdat barnsteen in het grieksch *elektron* heet, daarom heet die toestand of liever de oorzaak van dien toestand *electriciteit.*

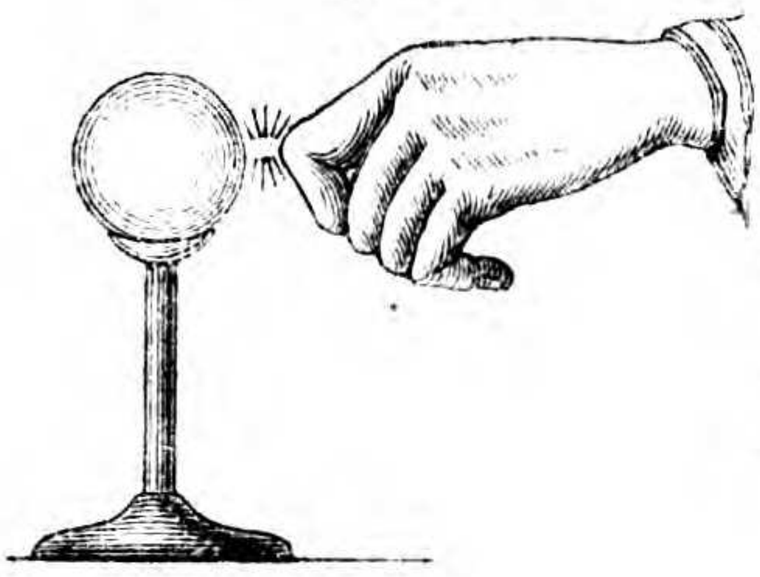
Eene andere wijze, waarop electriciteit ontstaat, is deze: als water verdampt of kookt, dan is de damp electrisch. Maar de ketel, waarin het water gekookt wordt, wordt ook electrisch, en die twee electriciteiten zijn nu niet dezelfde. Als er electriciteit ontwikkeld wordt, worden er altijd twee soorten van electriciteit geboren, die zich gaarne met elkander willen vereenigen, en als die vonk overspringt, heeft zulk eene vereeniging plaats. Daarom heeft men aangenomen, dat in elk voorwerp twee soorten van electriciteit zijn, die zich wel van elkander laten scheiden, maar die ook gaarne weder met elkander vereenigd worden.

Bijvoorbeeld, als men een telegraafdraad doorsnijdt, zoo als ik u zoo aanstonds zeide, dan is er werkelijk electriciteit in den draad gescheiden en aan de eene pool is de eene, aan de andere pool is de andere electriciteit. Brengt men die polen nu bij elkander, dan verbinden zich die twee electriciteiten, en bij die verbinding komt er een vonk.

Evenzoo, wanneer gij een stuk lak wrijft, dan wordt de electriciteit van het lak gescheiden, de eene soort van electriciteit blijft op het lak, de andere komt in den doek, en verspreidt zich door uw lichaam, maar daar merkt gij niets van.

Er zijn toestellen in Europa, men noemt ze *electriseermachines*, waarmede men, enkel door glas te wrijven, zeer veel electriciteit kan ontwikkelen. Is nu met zoo een toestel een koperen bol sterk electrisch gemaakt, en gij komt er met uw lichaam bij, bijv. met de vuist, zie fig. 302, dan springt er van dien bol op uw lichaam eene vonk over, die aan uw heele lichaam een sterken schok kan geven.

Fig. 302.



Te Haarlem is eene electriseermachine, die zoo sterk is, dat men er een os mede kan doodslaan.

Nu heeft men al lang gedacht: zou de bliksem ook eene electrische vonk zijn? Daarvoor was het noodig om te weten

of er, als het onweert, van de wolken electriciteit afkomt of niet.

Franklin heeft dat onderzocht; hij liet een vlieger op, terwijl er onweer was; zoolang het vliegertouw droog was, gebeurde er niets, maar zoodra het touw nat geworden was, was het duidelijk, dat er electriciteit naar beneden kwam. Hij hing een sleutel aan het touw, en toen hij met zijne hand er bij kwam, sprong er eene vonk uit den sleutel in zijne hand over, en hij kon dit herhalen, zoo lang het onweder duurde.

ABDULLAH. Maar mijnheer, waarom kwam er nog niets, terwijl het vliegertouw nog droog was?

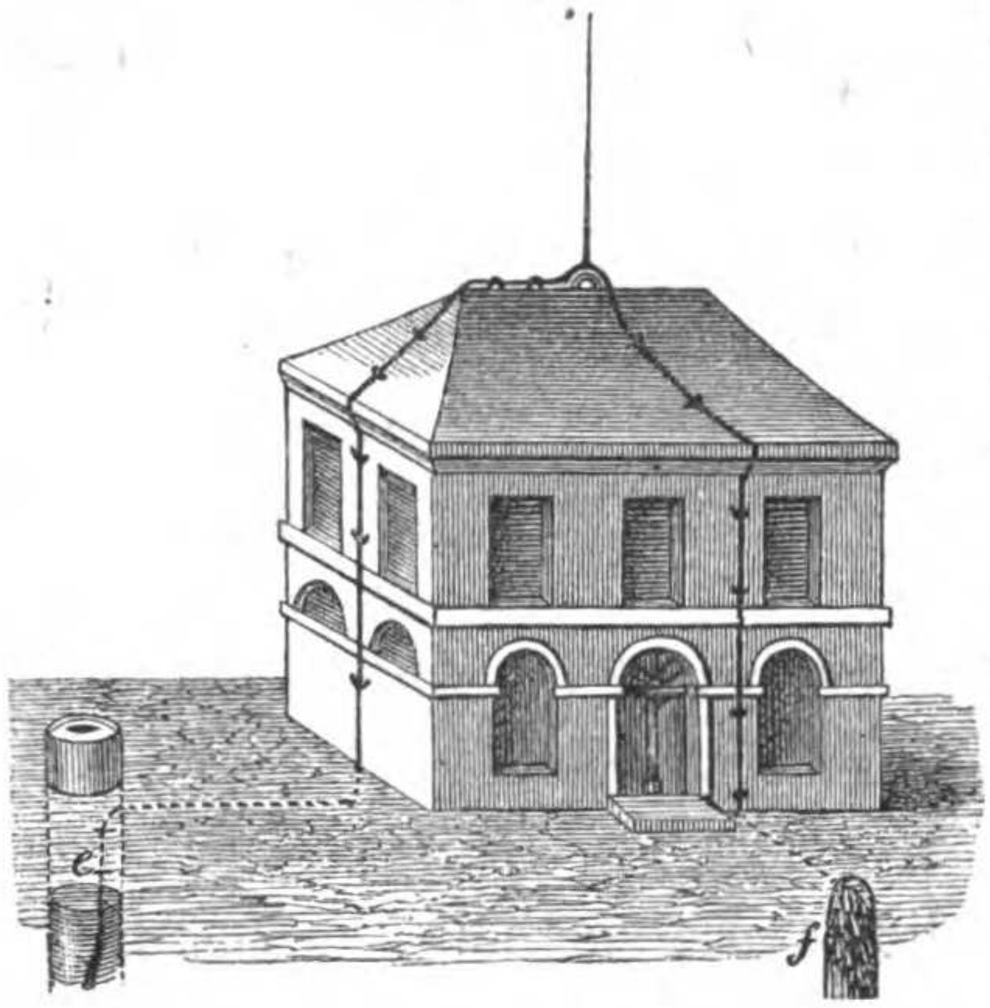
DE HEER. Wel, alle lichamen geleiden de electriciteit niet, dat wil zeggen, zij kan niet door alle lichamen doorgaan. Zij kan gemakkelijk door metalen gaan, daarom gebruikt men bij den telegraaf ijzerdraad om de electriciteit van de eene plaats naar de andere te geleiden. Zij kan ook gemakkelijk door sommige vloeistoffen gaan, zoo als door water; maar zij gaat niet door glas, hars, barnsteen, zijde, droog touw, enz. Een fransch geleerde, Romas, vlocht, een weinig na de proef van Franklin, een metaaldraad door het vliegertouw, en dan gaat de proef zeer gemakkelijk.

En wat gebeurt er nu, als het onweert? Door de hitte der zon verdampt het water uit den grond, uit de rivieren, uit de zee. Die damp komt in den dampkring, en vormt daar wolken; die wolken zijn dikwijls electrisch. Komen nu twee wolken dicht bij elkaar, die verschillende electriciteiten hebben, dan springt er eene vonk over van de eene wolk naar de andere; maar zulk eene vonk kan honderd meters en meer lang zijn, en heet dan *bliksem*.

Komt eene wolk, die veel electriciteit bezit, voorbij hoog uitstekende voorwerpen, zoo als klapperboomen, huizen, en in het open veld zelfs menschen, dan kan het gebeuren, dat in eens die boom, of dat huis, of die mensch door die vonk of dien bliksem getroffen wordt. Boomen worden er soms door gespleten, als dat gebeurt; klapperboomen vliegen zelfs wel eens

in brand. Huizen evenzoo, en menschen worden er dikwijls door gedood, of vallen bewusteloos neder, en als zij hun bewustzijn weer terug krijgen, zijn zij dikwijls geheel of gedeeltelijk lam.

Fig. 303.



Diezelfde Franklin, die de natuur van het onweder ontdekte, vond ook het middel uit, om den bliksem voor gebouwen onschadelijk te maken. Daarvoor ried hij aan, Fig. 303, ijzeren stangen boven het dak dier gebouwen aan te brengen, die met de punt hoog uitsteken, en van onderen langs het dak en den muur in den grond indringen, tot daar waar de grond vochtig is. Bijv. men kan de stang in een put brengen, zoo als in de figuur te zien is. Op vele regeeringsgebouwen, het paleis te Weltevreden, kazernes, kerken, enz. worden zulke stangen aangebracht. Men noemt ze *bliksemafleiders*. Zij dienen voor tweeërlei doel. Ten eerste geven zij, als er eene wolk boven het gebouw komt, die sterk electrisch is, gelegenheid dat de lucht langzaam door de punt van den bliksemafleider de andere electriciteit uit den grond opzuigt, en dan verbinden zich die twee electriciteiten, zonder vorming van bliksem, in de lucht met elkaar, en dus verliest die wolk van hare electriciteit.

Ten tweede, als nu toch de bliksem inslaat, dan treft die alleen den bliksemafleider, en gaat dan daarlangs in den grond, maar het gebouw wordt gespaard. Daartoe moet dan ook de bliksemafleider niet met het gebouw in aanraking zijn, en hij mag ook nergens stuk zijn, want dan loopt men toch gevaar, dat de bliksem het gebouw treft. Zoo is in Holland nog niet lang geleden de bliksem geslagen in den toren der stad Delft,

en doordien de bliksemafleider niet goed in orde was, is de toren in brand geraakt.

ABDULLAH. Maar mijnheer, waardoor komt dan nu de donder?

DE HEER. Elke electrische vonk geeft altijd een knal, die maar een oogenblik duurt. Nu is de knal, dien een bliksemstraal veroorzaakt, zeer hard, maar hij duurt niet een enkel oogenblik, maar kan vrij lang duren, soms een halve minuut. En hoe komt dit? Dat is zeer natuurlijk. Hebt gij wel eens in de verte een geweer of kanon zien afschieten?

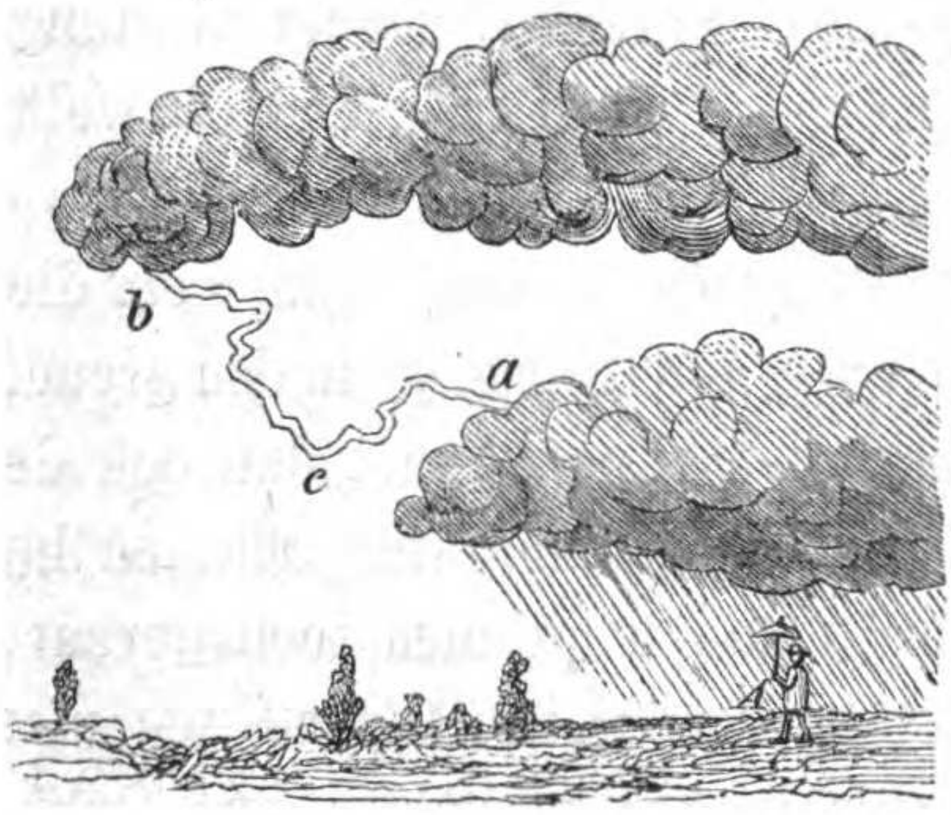
ABDULLAH. O ja mijnheer, bijv. als de soldaten naar de schijf schieten.

DE HEER. Juist; welnu, hoordet gij dan, op een afstand staande, het schot tegelijk met het vuur?

ABDULLAH. Wel neen mijnheer, een weinig later.

DE HEER. Welnu, dat komt, omdat het geluid zooveel langzamer tot u komt dan het licht. De snelheid van het licht is even als die van den electrischen stroom, onbegrijpelijk groot. Van de maan tot de aarde heeft het licht slechts iets meer noodig dan eene sekonde. Het geluid daarentegen legt in eene sekonde niet meer af dan 337 meters. Ziet gij nu een geweer of kanon afschieten op 337 meters afstand, dan ziet gij de vlam nagenoeg gelijk met het schot, maar het geluid komt pas na eene sekonde tot u. Nu zijn de bliksemstralen soms zeer lang, zie bijv. fig. 304. Hier ziet gij een straal afgebeeld, die van de eene wolk naar de andere gaat. De man, die er is afgebeeld, ziet eerst den straal, en het geluid komt pas later tot hem. Eerst krijgt hij het geluid van het punt *a* te hooren, dan dat van de volgende punten van den bliksemstraal, bijv. *c*, en eindelijk van *b*, het andere

Fig. 304.



uiteinde. Hier komt nu nog bij, dat het geluid kan terugkaatsen tegen den grond, tegen gebouwen of huizen, en zoodoende komt er hetgeen men noemt: het *rollen* van den donder.

---

§ 169.

OVER DEN HAGEL.

ABDULLAH. Mijnheer, u hebt mij de vorige keer uitgelegd, wat een onweer is, en daarin heb ik veel belang gesteld, maar ik heb gehoord dat, als er onweer is, het ook wel eens korrels ijs regent. Is dat zoo, en hoe komt dat?

DE HEER. Die korrels ijs noemt men in het hollandsch *hagel*, in het maleisch *oedjan batoe*. Op Java komt hij zelden voor, maar toch nu en dan. In Europa veelvuldiger, en als die hagelkorrels groot zijn, kunnen zij veel schade aanrichten, bijv. glasruiten of dakpannen doen breken, en soms zelfs het graan vernielen, dat op het veld staat.

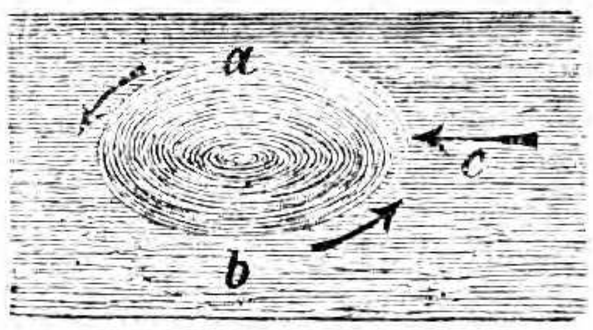
Het is nog niet met zekerheid bekend, waardoor de hagel ontstaat, maar hij moet toch stellig zeer hoog in den dampkring ontstaan, want hij bestaat uit ijs, dus moet het op de plaats waar die korrels ontstaan en groeien, zeer koud zijn; nu is het op de toppen van de hoogste bergen op Java, zooals de Semeroe, de Slamat, de Lawoe, enz. overdag nog altijd tamelijk warm, en men zou nog veel hooger moeten opstijgen om des daags vrieskoude te hebben. Maar uit die hoogte moet de hagel komen.

Nu zweven daar dikwijls vederwolken, zoo als ik u gezegd heb; die vederwolken zijn zoo hoog, dat zij wel uit kleine ijsnaaldjes, maar niet uit water kunnen bestaan. Er zijn, zoo als ik u al verteld heb, luchtreizigers geweest, — zoo noemt men de menschen, die in een luchtballon opstijgen — en die werkelijk met die ijsnaalden overdekt zijn geworden. Die ijsnaaldjes schijnen nu door de eene of andere reden zich met elkander te vereenigen.

Het is niet onwaarschijnlijk, dat dit in sommige gevallen ook gebeurt, doordat er in de bovenlucht eene soort van draaikolk ontstaat.

Gij hebt zeker dikwijls gezien dat in eene rivier telkens hier en daar kleine draaikolkjes ontstaan. Die komen dan te voorschijn, als de waterdeeltjes, die naast elkander zijn, *niet* dezelfde snelheid hebben.

Fig. 305.



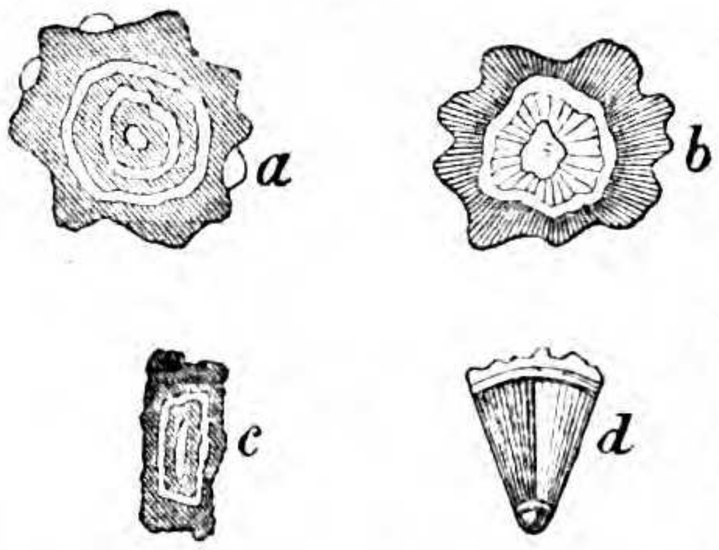
Bijv. zie fig. 305. Als gij eene draaikolk ziet, die draait zoo als de twee kromme pijltjes aanduiden, en de geheele kolk beweegt zich zoo als de pijl *c* aanduidt, dan is dat een teeken, dat het waterdeeltje *a* eene grootere snelheid gehad heeft, als het waterdeeltje *b*. Aan de oevers der rivieren is de snelheid van het water altijd geringer dan in het midden, en dicht bij de oevers ziet gij ook de meeste draaikolken.

Nu gebeurt het in Frankrijk en Nederland vrij dikwijls, dat er een hagelbui is, die veel schade aanricht; en de Fransche Regeering heeft al herhaalde malen laten onderzoeken, waar en hoe en wanneer die hagel dan gevallen was, ten einde op die wijs te weten te komen, waar die hagel van daan komt. Het is toen gebleken dat die hagel dikwijls valt, als er van te voren in het geheel geen wind geweest is, waaruit dus wel blijkt, dat hij hoog uit de lucht moest vallen, en niet van op zij komen moet. Er zijn personen geweest, die op toppen van bergen waren, toen eene hagelbui van de verte aankwam, die hebben duidelijk opgemerkt, dat de hagel uit zulk eene draaikolk in de lucht ontstond. Men noemt zulk eene soort van draaikolk in de lucht eene *hoos*. Gij ziet ze wel eens, wanneer de wind over den weg, of tegen eene muur aanwaait, dan zijn zij slechts gering en noemt men ze een *wervelwind*, men ziet dan de bladeren, die op den grond liggen, in een kring rondraaien.

Zulke wervelwinden of hoozen of draaikolken ontstaan nu in Europa dikwijls hoog in de lucht. Daar, in die bovenlucht,

gaat naar de pool terug de lucht, die, langs de oppervlakte, van de pool naar de evennachtslijn gestroomd heeft; dit heb ik u vroeger al uitgelegd, (1e Stukje § 19); ik heb u toen ook uitgelegd, waarom die bovenstroom daar van Zuidwest naar Noordoost gericht is. Welnu, die wind in de hoogte kan soms verschrikkelijk hard waaien; en nu kan het gebeuren, dat er twee plekken naast elkander zijn, die niet even snel vooruitgaan, even als in het water eener rivier. Dan ontstaat er een wervelwind, die dan langzamerhand eene soort van draaikolk vormt. De ijsnaalden nu, die in die bovenlucht aanwezig zijn, worden nu in die kolk naar beneden medegesleept, en als die nu lager komen, waar wel vocht in de lucht is, maar geene ijsnaalden, dan bevriest dat vocht op die ijsnaalden en dan worden het hagelkorrels. Nu draaien die altoos in de rondte, terwijl zij naar beneden gaan, daardoor blijven zij lang in de lucht, en langzamerhand worden zij vrij dik, door het ijs, dat zich op de oppervlakte afzet. En zoo komen zij dan eindelijk beneden, maar kunnen dan veel schade aanrichten, want het is even alsof er kleine steentjes uit den hemel vallen.

Fig. 306.



In fig. 306 ziet gij eene afteekening van de doorsneden van hagels. Gij ziet dat er in de drie eersten *a* *b*, en *c*, een kern is, waarom heen zich het ijs in lagen heeft afgezet; die lagen zijn dan eens doorschijnend, dan eens ondoorschijnend. De laatste *d*, heeft een punt, dergelijke hagelkorrels heeft men ook dikwijls. Het is even alsof het een stuk is van een grooten hagelkogel, en dat is toch waarschijnlijk zoo niet, maar het is nog niet bekend, hoe die gevormd worden.

ABDULLAH. Maar mijnheer, komt die hagel in Nederlandsch Indië ook wel eens voor?

DE HEER. Op de toppen der bergen menigmalen, maar lager slechts enkele keeren; en dan kan die hagel schade genoeg aanrichten.

Den 1 Februari 1824 woedde ter hoogte van 400 meters boven de oppervlakte der zee, een hevige storm, gepaard met onweer, regen en hagel, waardoor te Magelang een aantal boomen werden vernield.

Men vindt nog hagelbuiën vermeld den 15 October 1841 te Martapoera in Bandjermasin, in September 1842 te Buitenzorg, den 21 October 1843 te Tjandjoer. Bij deze gelegenheid duurde de hagelbui een geheel uur lang, en de korrels hadden de grootte van kleine knikkers; enz.

Merkwaardig is het, dat den 11 Sept. 1845 zelfs te Bekasi, nabij Batavia, een hevige hagelbui geweest is, dus niet in eene bergachtige streek, maar in de vlakte.

Te Buitenzorg is het meermalen gebeurd, dat het er hagelde. Of nu hier in Indië tegelijk met den hagel ook altijd eene hoos zichtbaar is, dat is moeilijk te zeggen, daarvoor zijn nog geene aanteekeningen genoeg gemaakt. De heer Wolterbeek, die te Buitenzorg op het landgoed Tjoeroek Lontar woonde, heeft een hagelbui beschreven, die den 12 November 1859 daar gewoed heeft; hij meldt niets van eene hoos, maar wel van een fellen storm, die den hagel voor zich uitdreef, en het kan dus wel zijn, dat er boven een hoos in de lucht was.

---

§ 170.

OVER DE CYCLONEN.

Zooveel is zeker, dat op sommige plekken op den aardbol nu en dan hevige stormen heerschen, die geheel als een draaikolk in de lucht in de rondte draaien; die stormen heeten *cyclonen* of *typhoons*; het zijn de verschrikkelijkste stormen die men bedenken kan. Gelukkig dat de Indische Archipel buiten het gebied van die cyclonen ligt, want bamboezen woningen zouden niet tegen hunne kracht bestand zijn.

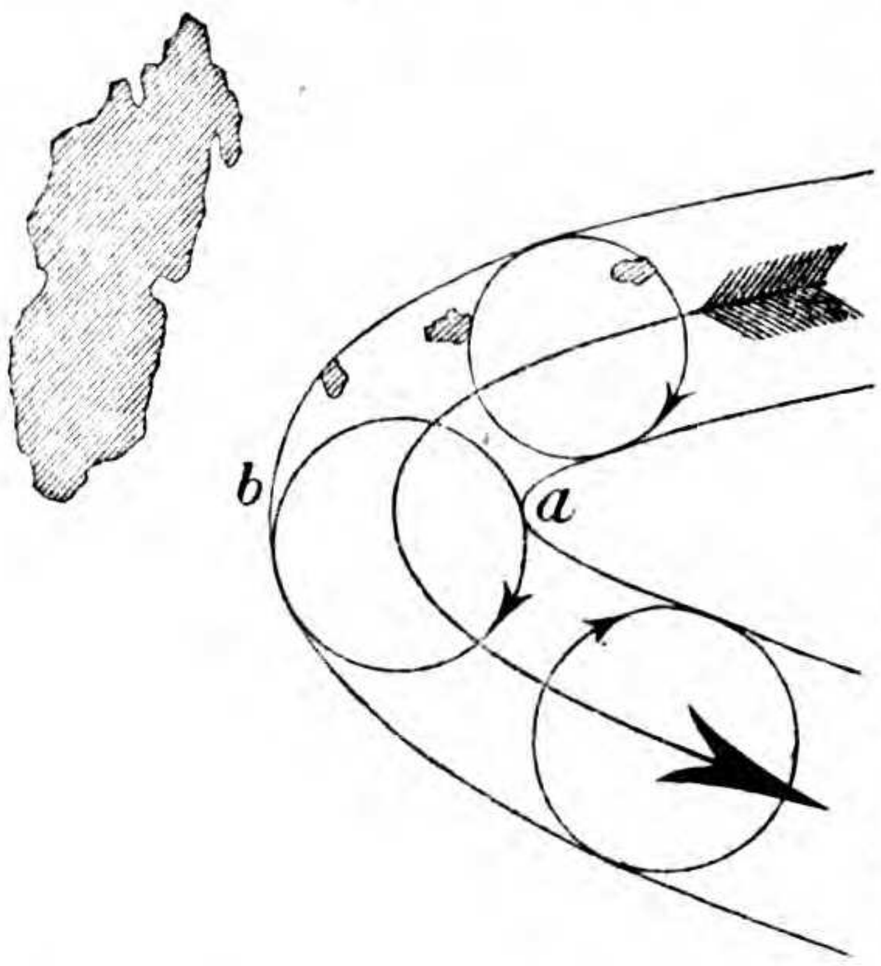
De eilanden Réunion en Mauritius, beoosten Madagascar,

worden bijna elk jaar door een cycloon bezocht; daar worden de huizen ook niet van bamboe gemaakt; zij zijn van steen of van hout, maar in plaats van dakpannen gebruikt men houten plankjes, even als de sirappen op Borneo, en die worden aan de daklatten vastgespijkerd; dakpannen zouden bij een cycloon dadelijk worden opgelicht en weggeworpen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, weet men ook, waardoor die cyclonen ontstaan en waar zij van daan komen?

DE HEER. Van de reden van hun ontstaan is nog weinig bekend; maar wel waar zij van daan komen. Zij komen in die streken van Réunion en Mauritius uit het Noordoosten aan; en gaan verder eerst zuidwaarts, en daarna zuidwestwaarts.

Fig. 307.



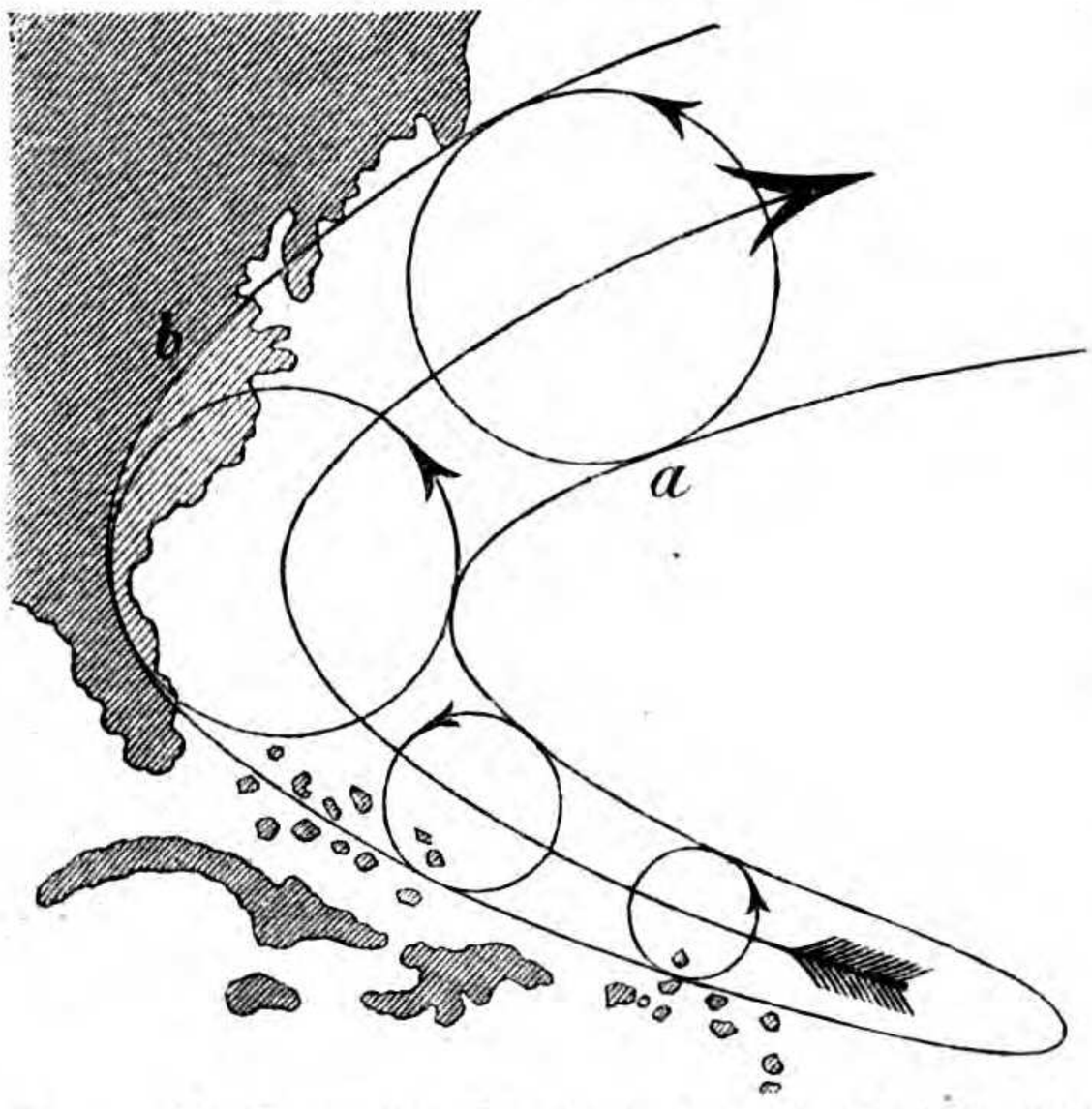
In fig. 307 ziet gij eene figuur hoe de baan is geweest van een cycloon, die van den 15 tot den 19 Februari 1861 in de nabijheid van Réunion en Mauritius gewoed heeft. In de cyclonen, die daar voorkomen, draait de wind altijd in de rondte in de zelfde richting als de wijzer van een horloge, dus als men in het midden staat, van de linker naar de rechterhand.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe kan men dat zoo weten, hoe zoo een cycloon gewaaid heeft?

DE HEER. Wel, door de *journalen* of dagboeken der verschillende schepen, die in de nabijheid dier eilanden in die dagen geweest zijn. Als men naderhand, als al die schepen weer in de havens teruggekeerd zijn, die dagboeken onderzoekt en vergelijkt, dan kan men vrij juist nagaan, hoe van uur tot uur op verschillende plaatsen de wind geweest is, en dan kan men daarvan op eene kaart eene teekening maken. Zoo heeft men ook bij gelegenheid van verschillende stormen gedaan, en daardoor heeft men ontdekt, dat de orkanen wervelwinden zijn.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hebben die cyclonen alleen plaats in de nabijheid van Réunion en Mauritius?

Fig. 308.



DE HEER. Neen, er zijn nog twee streken, waar zij veel voorkomen; de eene streek is de Atlantische oceaan ten oosten van Noord-Amerika, een andere in de Chineesche zee. In fig. 308 ziet gij eene afteekening van den loop van een cycloon bij Amerika. Men noemt ze daar gewoonlijk *orkanen*. Zij komen daar van het Zuidoosten, keeren dicht bij de kust van Amerika noordwaarts om, en wenden zich dan naar het Noordoosten. De richting van den wind in deze orkanen in den draaikolk is juist omgekeerd als bij Madagascar; maar dit is ook te verklaren. Hier bevindt men zich in het noorderhalfrond der aarde; bij Madagascar in het zuiderhalfrond, en dit moet de reden van het verschil zijn.

Bij die cyclonen beoosten Afrika en beoosten Amerika zijn nog verscheidene zaken op te merken; in de eerste plaats moet gij eens opletten dat aan de eene zijde bijv. *a*, de richting van den wind in den draaikolk dezelfde is, als de richting van den cycloon, daar waait dus de storm verschrikkelijk hard. Dit noemen de zeelieden *den gevaarlijken kant* van den cycloon. Aan de andere zijde, in *b*, waait de wind in den draaikolk juist andersom, als in den cycloon. Maar de storm waait veel harder dan de cycloon voortgaat, dus de richting van den wind in den draaikolk wint het; maar de wind is daar natuurlijk veel zwakker, dan aan den gevaarlijken kant. De zeelieden noemen dit den *handzamen* kant van den cycloon. Als de

zeelieden in die streken komen, waar die cyclonen wel eens waaien, kunnen zij door het dalen van den barometer, de donkere lucht, en andere teekenen, weten of er een cycloon komt, en als dat zoo is, moeten zij ook weten, hoe zij moeten varen, om zoo spoedig mogelijk buiten den cycloon te komen. Soms kunnen zij den cycloon gebruiken om een heel eind weegs met spoed af te leggen, als de wind juist zoo is, als voor hunne vaart gunstig is. Als zij aan den gevaarlijken kant van den cycloon zijn, kunnen zij zich ook soms door den cycloon zelf aan den handzamen kant laten brengen, waar de wind veel minder hard is. Als dit met hun weg zoo uitkomt, dan doen zij dit wel. Zoo ziet gij dat, als de zeelieden maar goed kennis hebben van die stormen, deze zoo gevaarlijk niet zijn. Vroeger vergingen bij elken cycloon een aantal schepen, tegenwoordig gebeurt dit zelden; maar als tegenwoordig in Nederland de stuurlieden hun examen afleggen, moeten zij ook toonen kennis van de stormen te hebben. Zoo ziet gij, hoe goed het is, als alles onderzocht wordt, en er is geen spreekwoord zoo waar als *kennis geeft kracht.*

EINDE VAN HET DERDE STUKJE.

Fig. 283.

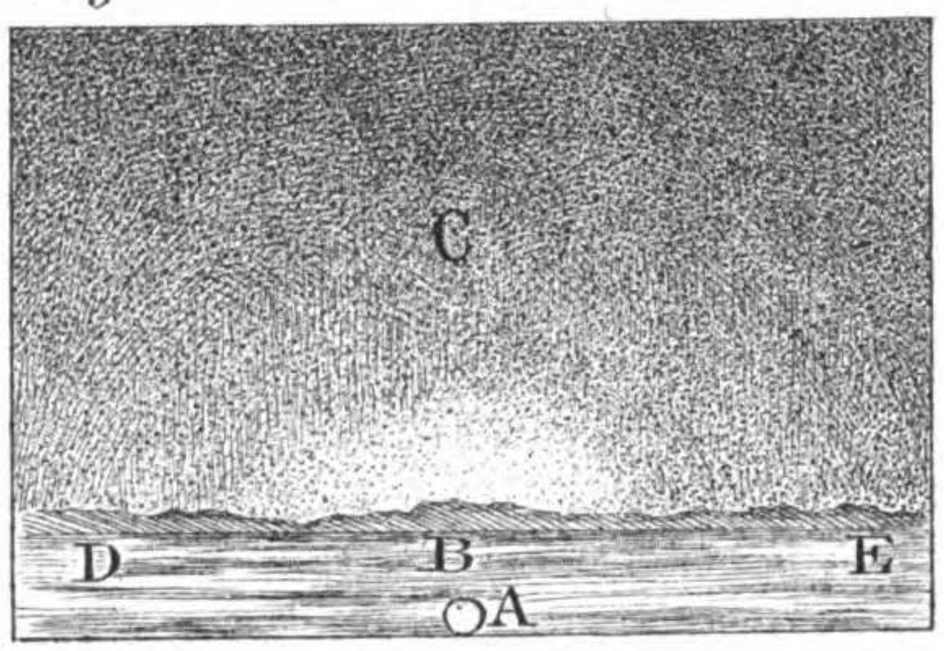
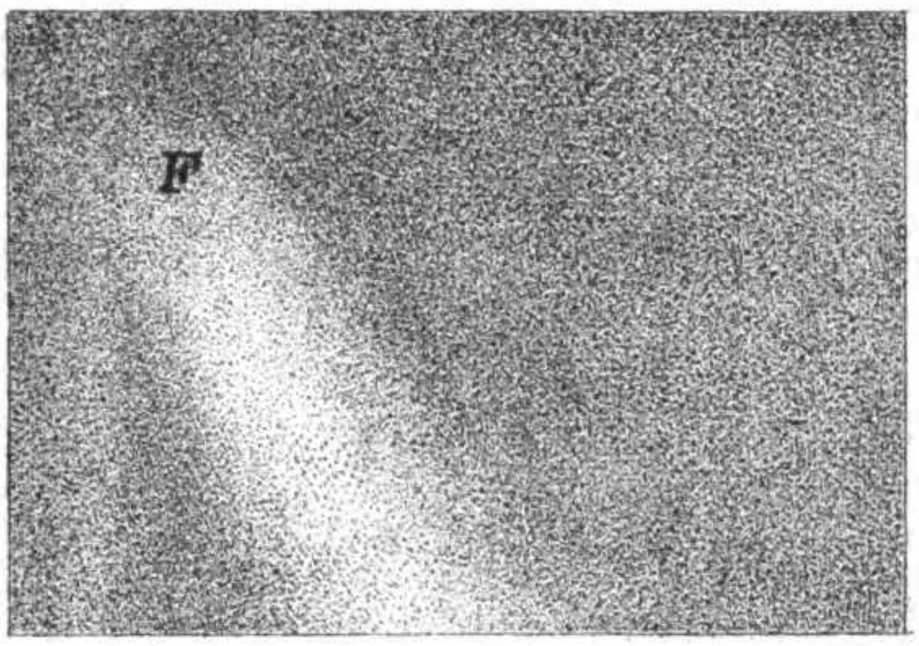
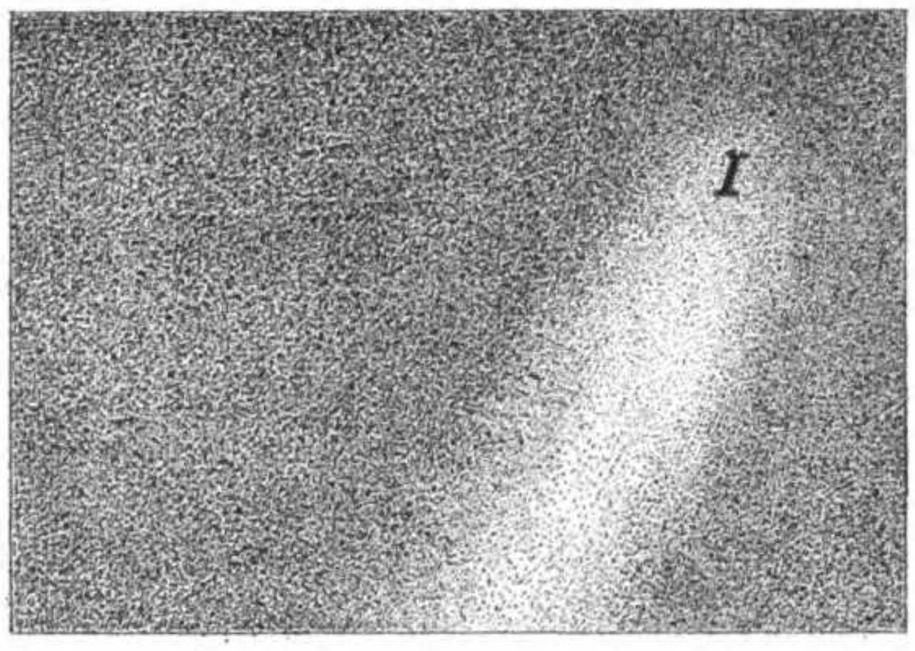


Fig. 284.



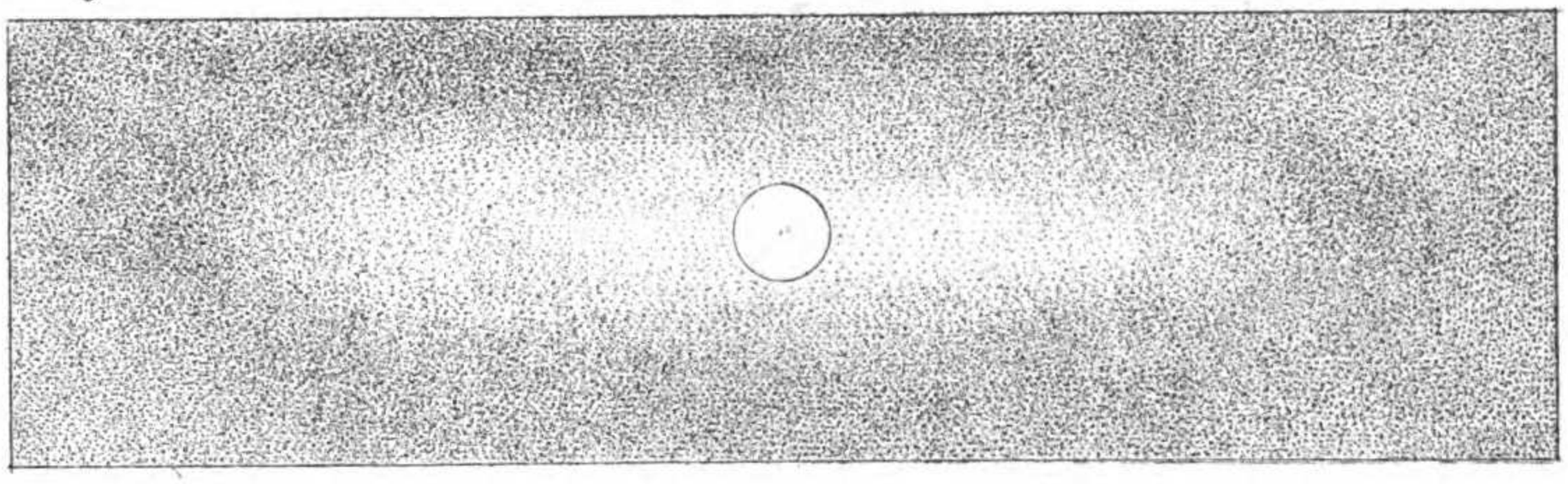
D. H. G.

Fig. 285.

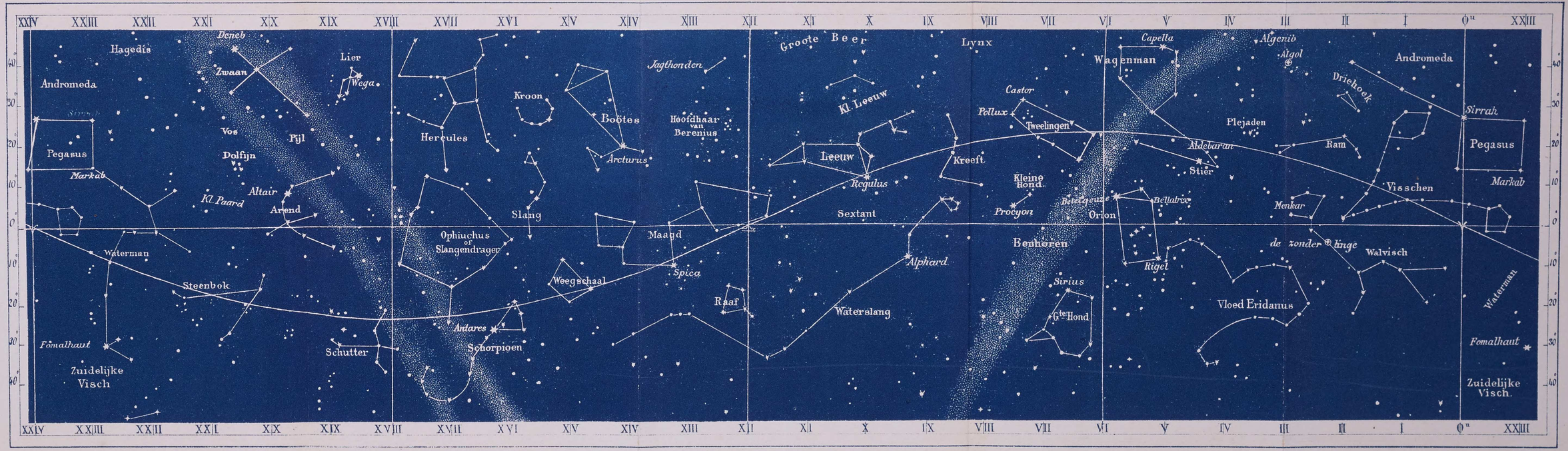


H. L. K.

Fig. 286.

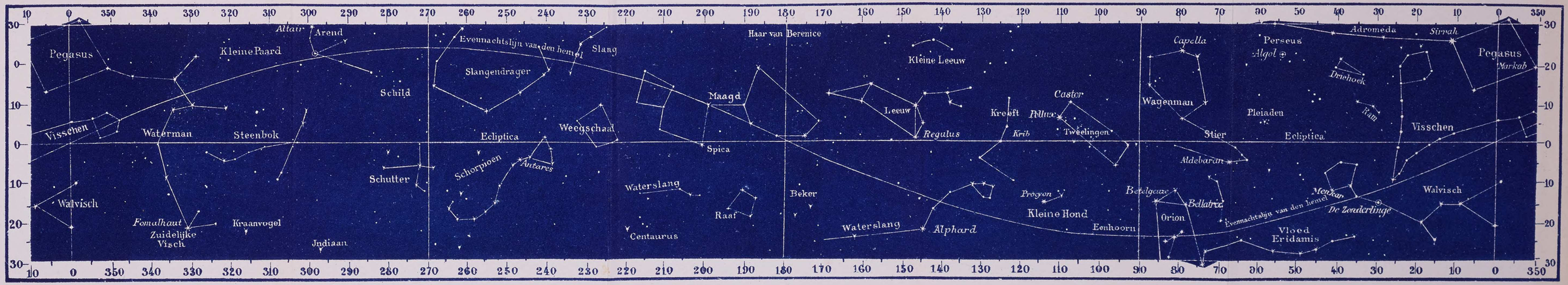


J. Bos. W.z Utr.


Hagedis
Deneb
Zwaan
Lier
Wega
Andromeda
Pegasus
Markab
Vos
Pijl
Dolfijn
Kl. Paard
Altair
Arend
Waterman
Steenbok
Fomalhaut
Zuidelijke Visch
Schutter
Hercules
Kroon
Jaghonden
Bootes
Arcturus
Hoofdhaar van Berenius
Slang
Ophiuchus of Slangendrager
Weegschaal
Antares
Schorpioen
Maagd
Spica
Raaf
Groote Beer
Kl. Leeuw
Leeuw
Regulus
Sextant
Lynx
Castor
Pollux
Tweelingen
Kreeft
Kleine Hond
Procyon
Waterslang
Alphard
Beenhoren
Sirius
Gte Hond
Orion
Betelgeuse
Rigel
Bellatrix
Wagenman
Capella
Aldebaran
Stier
Plejaden
Algenib
Algol
Driehoek
Andromeda
Ram
Menkar
Visschen
Sirrah
Pegasus
Markab
de zonder ringe
Walvisch
Vloed Eridanus
Waterman
Fomalhaut
Zuidelijke Visch.

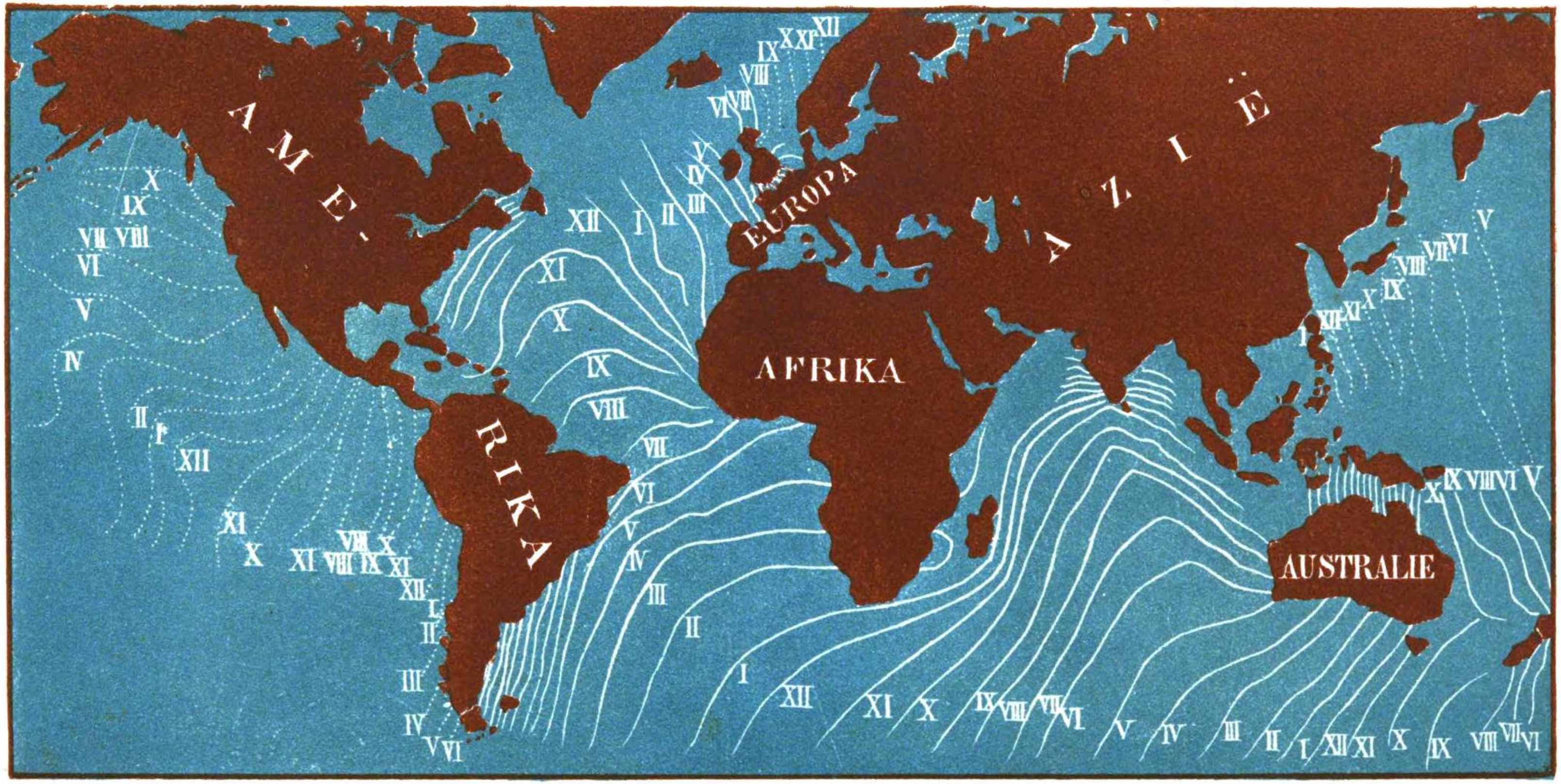
DE DIERENRIEM

PLAAT II



Plaat V

LOOP DER VLOEDGOLVEN



De lijnen van gelijktijdigen vloed die niet zeker bekend zijn, zijn door stippen aangeduid.