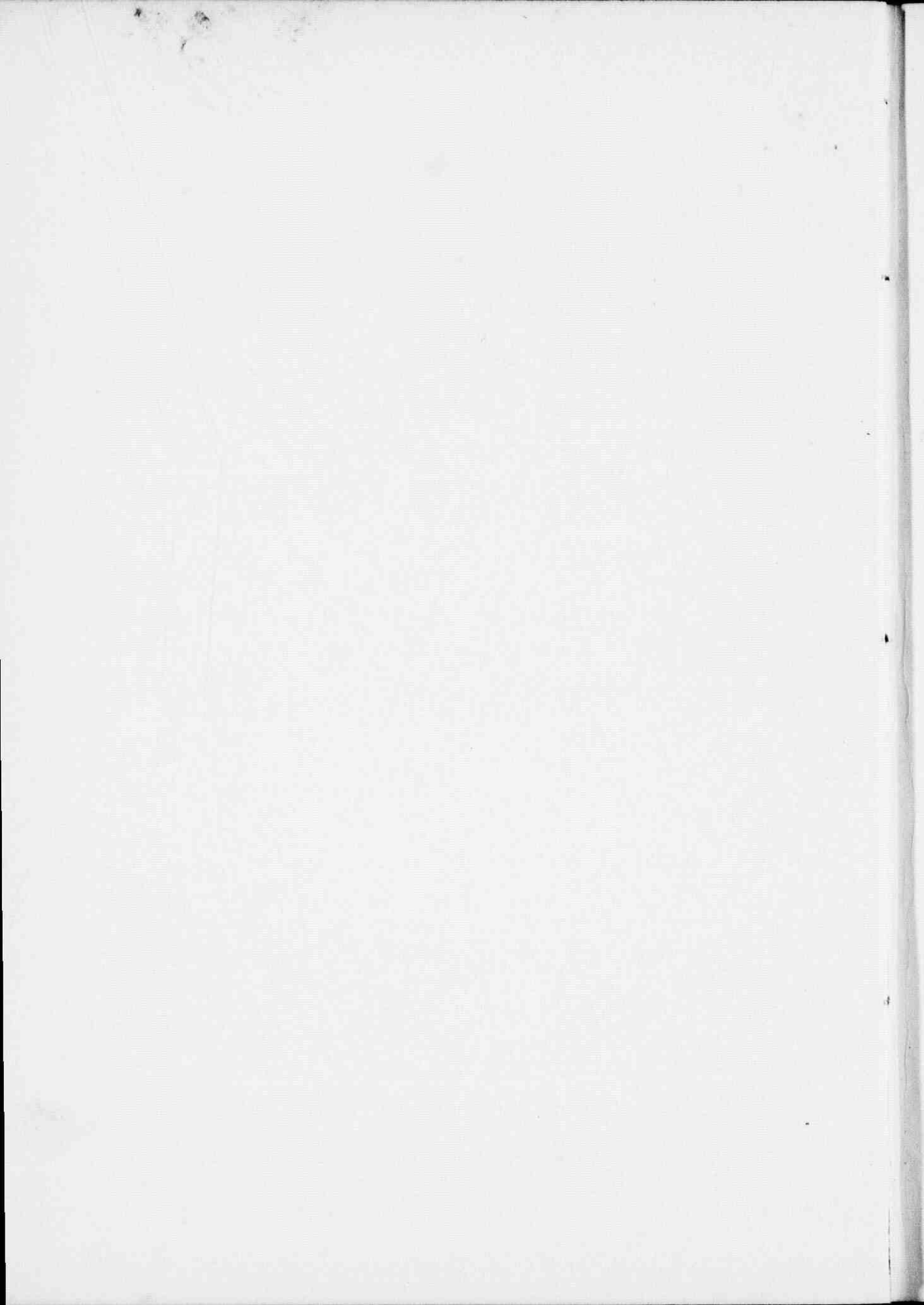


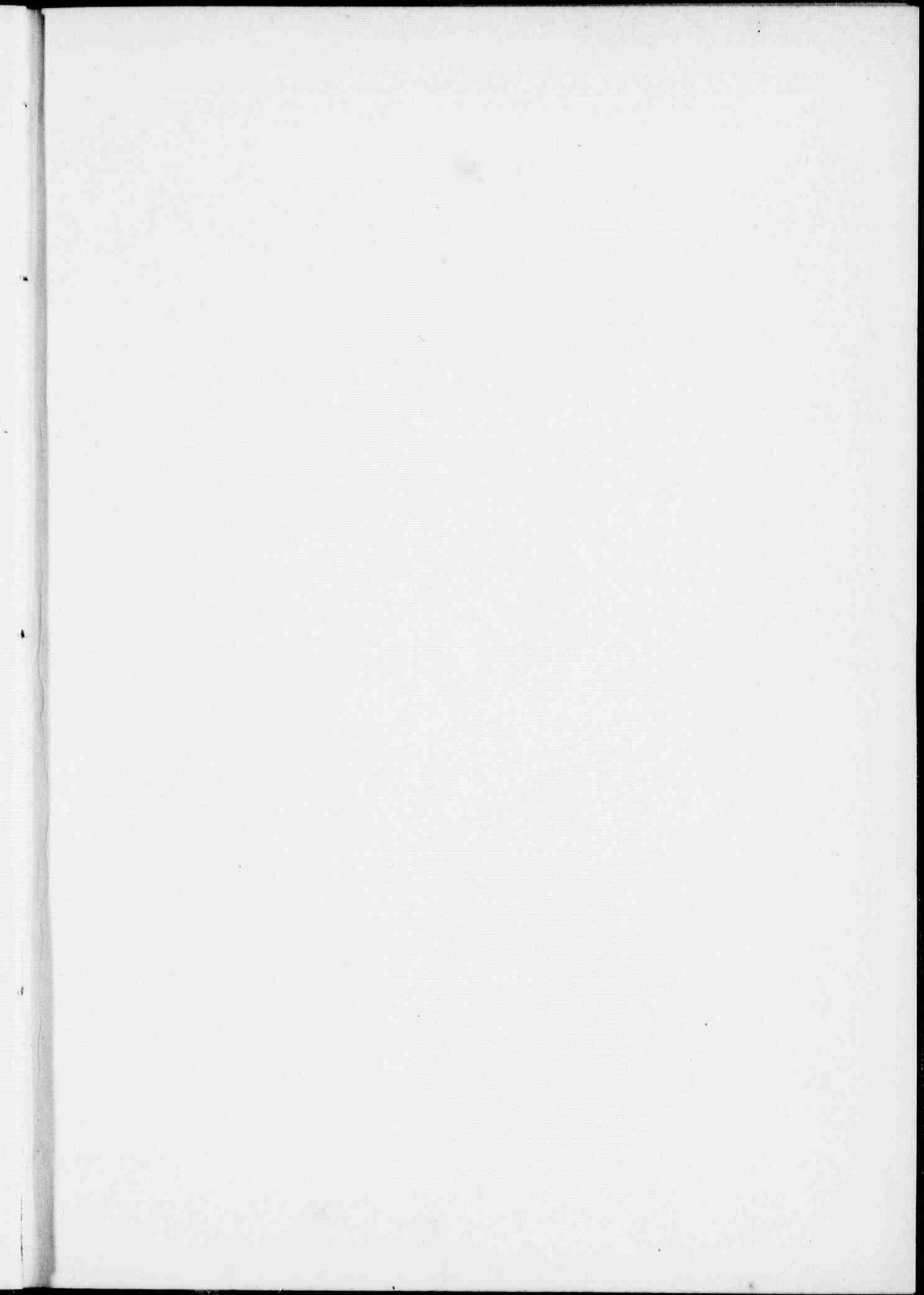


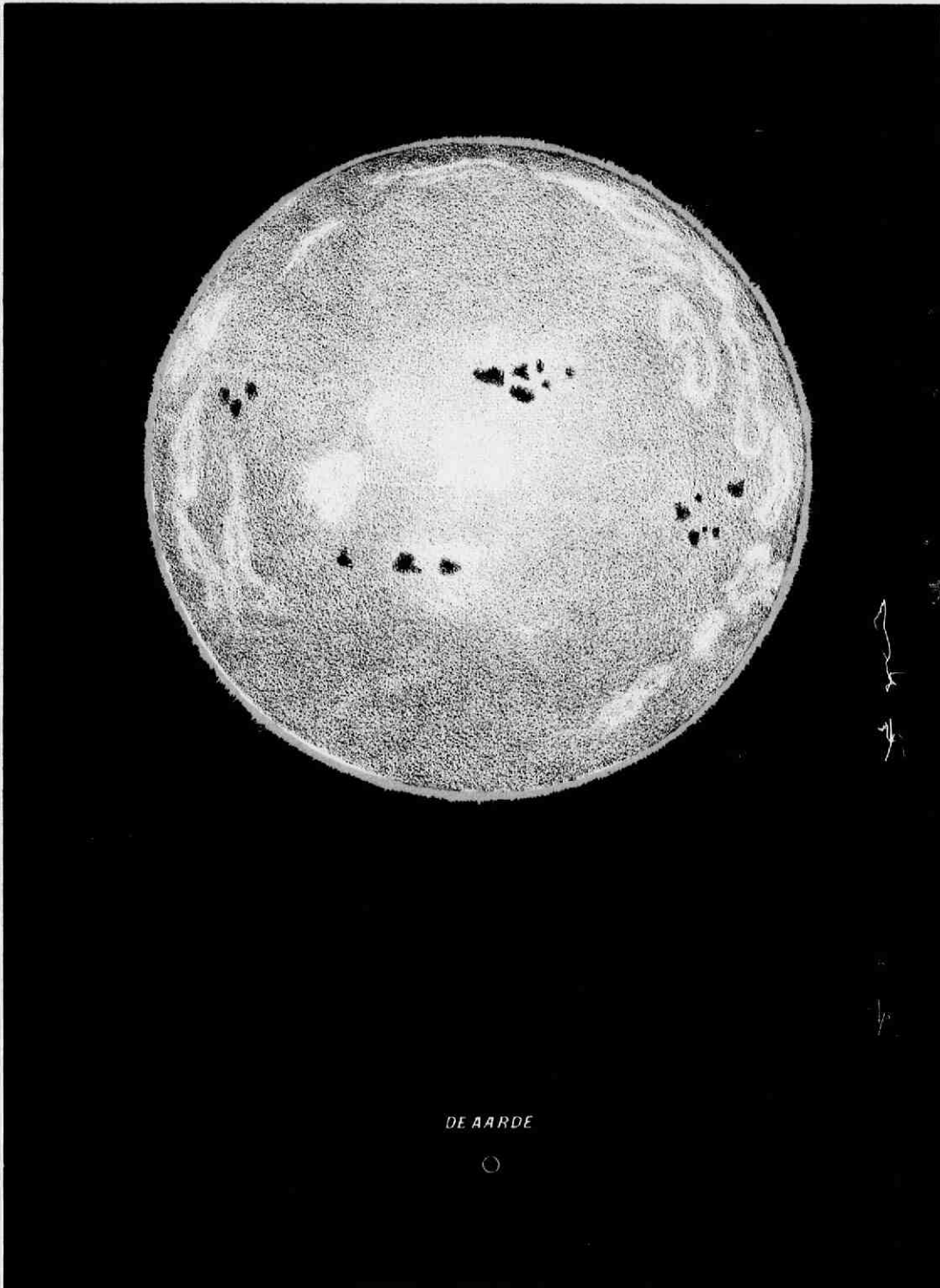
De wonderen des hemels

<https://hdl.handle.net/1874/315280>

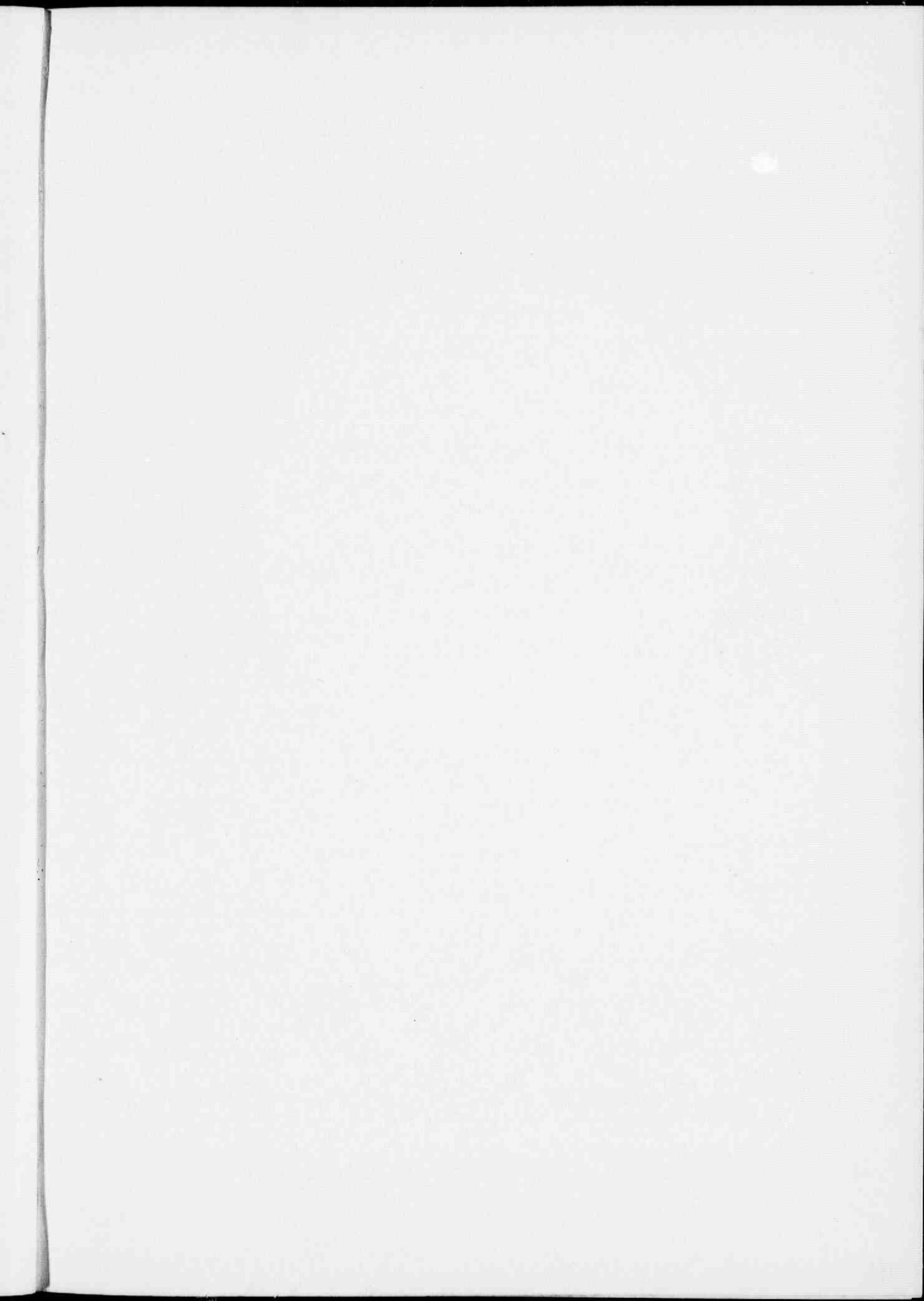
DE WONDEREN DES HEMELS.

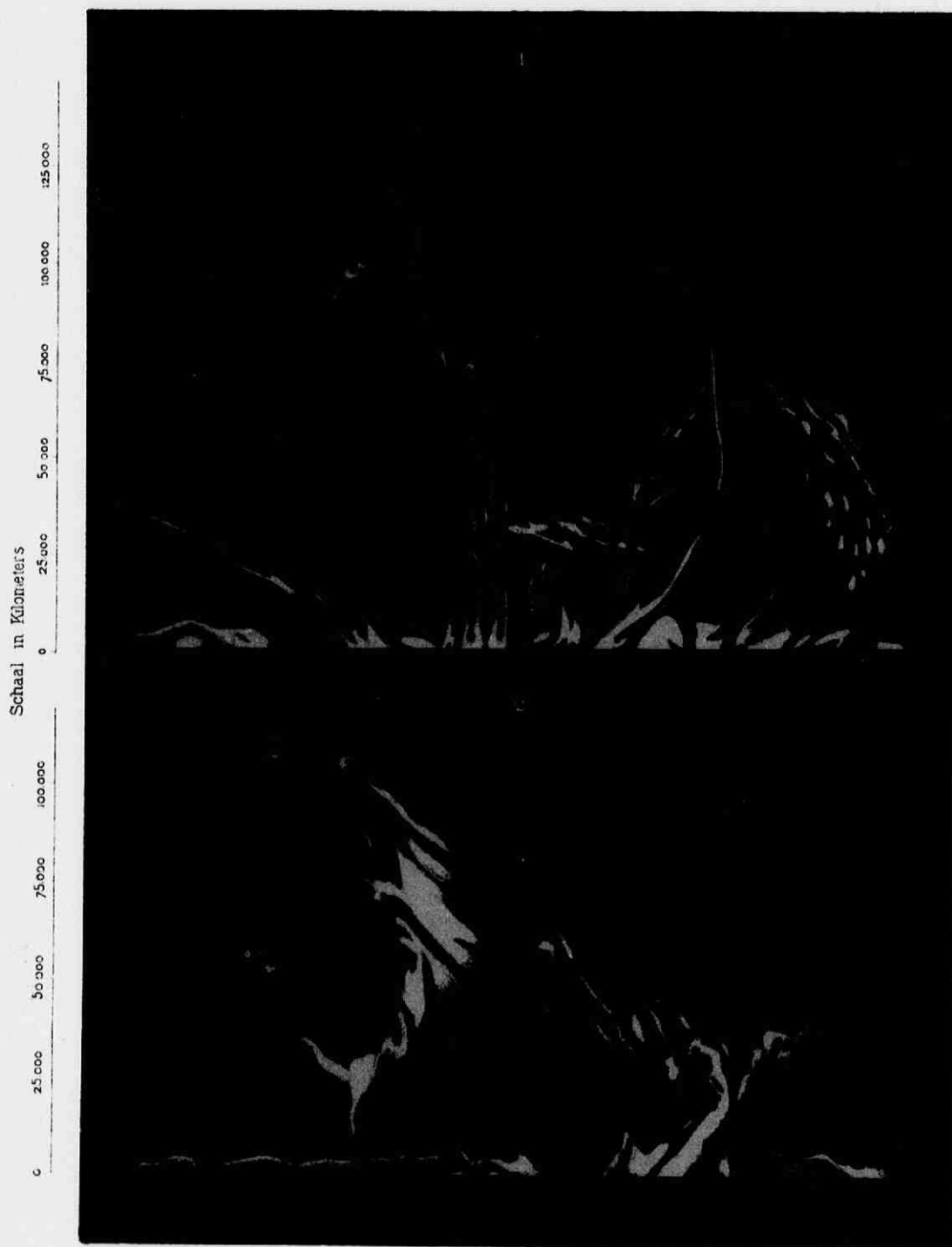






DE ZON, BESCHOUWD DOOR DEN TELESKOOP EN DEN SPECTROSKOOP





UITBARSTINGEN OP DE ZON.

Dyn 56/380

DE WONDEREN DES HEMELS.

FLAMMARIONS Astronomie Populaire

VOOR NEDERLAND BEWERKT

DOOR

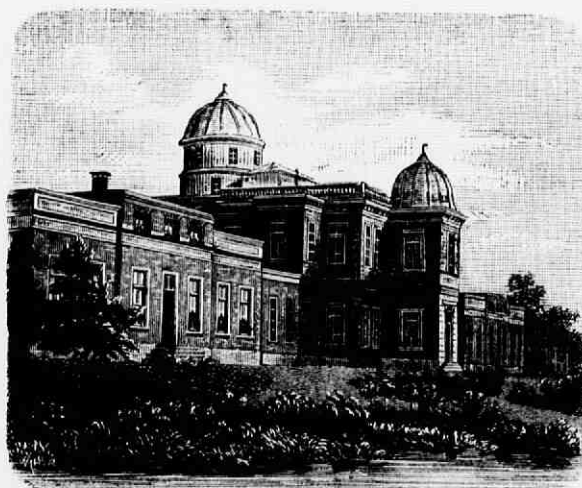
Dr. B. C. GOUDSMIT,

Directeur der H. B. S. te Zutphen.

6/380

Tweede, geheel bijgewerkte druk.

Met meer dan 300 Gravures, gekleurde Platen en Kaarten.



Sterrenwacht te Leiden.



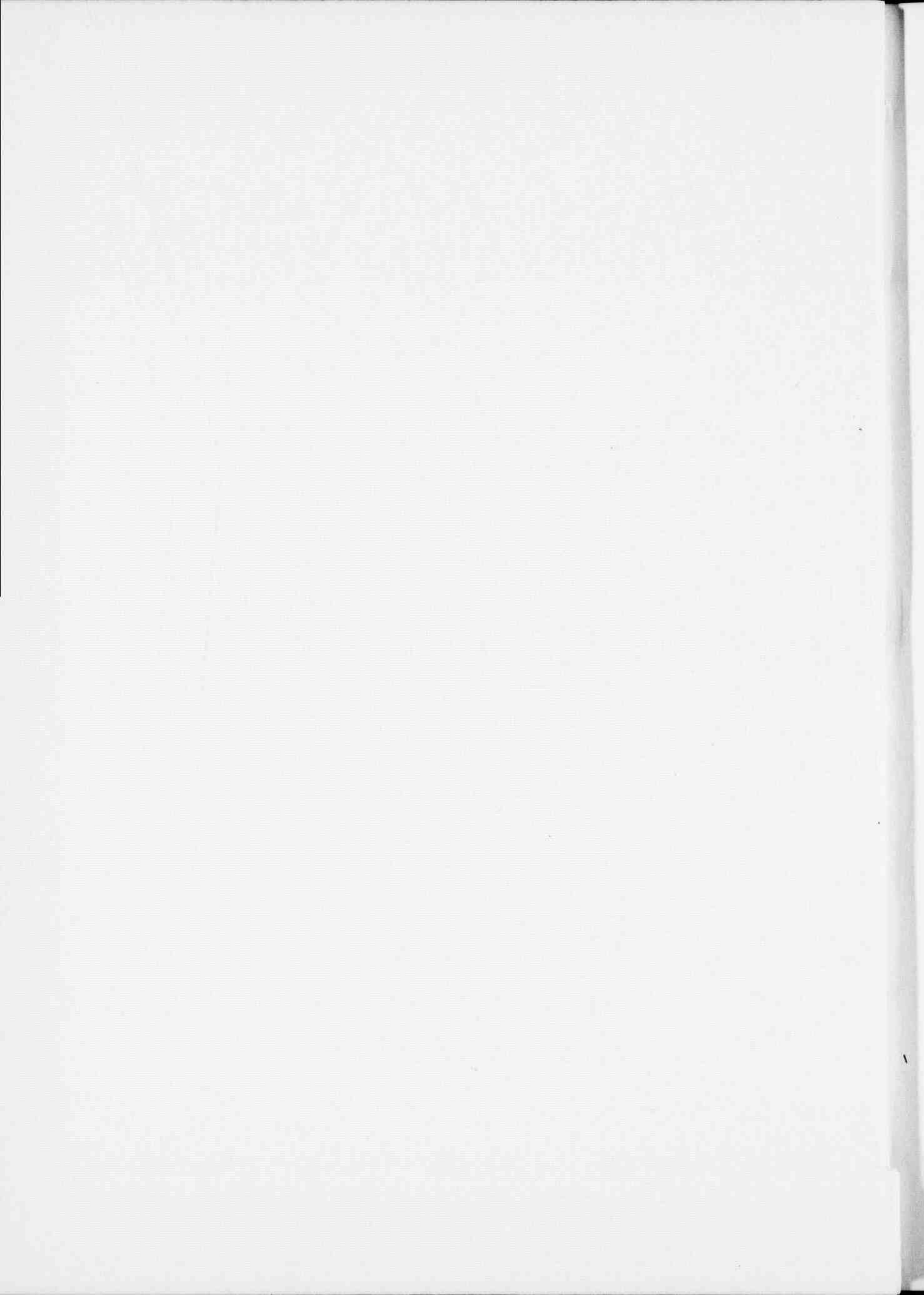
BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT
COLL. THOMASSE

ZUTPHEN. — W. J. THIEME & Cie.

RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT



1942 9947



EERSTE BOEK.

D E A A R D E



DE WONDEREN DES HEMELS.

EERSTE BOEK.

DE AARDE.

EERSTE HOOFDSTUK.

De aarde als hemellichaam.

Dit boek is geschreven voor allen, die belangstellen in de hen omringende natuur, en die zich gaarne, zonder te groote inspanning, een oppervlakkig, maar toch nauwkeurig denkbeeld willen vormen van den bouw van den sterrenhemel. Is het niet een genot, onzen

geest te ontwikkelen door de aanschouwing der heerlijke schepping? Is het niet van het grootste belang, te weten, op welk lichaam wij ons bewegen, welke plaats wij in de oneindige ruimte innemen, wat toch die zon is, wier weldadige stralen het leven op aarde onderhouden, wat toch het uitpansel is, dat ons omgeeft, wat toch die sterren zijn, die in den donkeren nacht haar zacht licht tot ons zenden? Die oppervlakkige kennis van het heelal, die ons belang doet stellen in de oorzaken der verschijnselen, wier gevolgen wij op ieder oogenblik ondervinden, en die wij niet kunnen ontberen, zonder een plantenleven te leiden, kunnen wij ons zonder groote moeite eigen maken, ja zelfs zij schenkt ons een steeds klimmend genot. De sterrenkunde is toch geene op zichzelf staande en voor leeken ontoegankelijke studie, zij is juist die wetenschap, welke ons het meeste belang inboezemt, die het meest bijdraagt tot onze algemeene ontwikkeling, en waarvan de beoefening ons een bron van onvermengd genot en reine vreugde oplevert. Zij *kan* en *mag* ons niet onverschillig zijn; want van haar leeren wij, *wat* wij zijn en *waar* wij zijn; ook is zij niet eene verzameling van dorre cijfers, zooals sommige astronomen zouden willen beweren; de algebraïsche formules zijn niets anders dan de steigers, die noodig waren tot het optrekken van het grootsche gebouw; is het gebouw voltooid en zijn de steigers verwijderd, dan schittert Urania's paleis in nooit volprezen glans, al zijne schoonheid en pracht tentoonspreidend voor de oogen zijner opgetogen bewonderaars.

Meent daarom niet, dat een werk over beschrijvende sterrenkunde begrepen kan worden zonder groote aandacht en ernstig nadenken; een zoodanig werk, boeiender en belangwekkender dan een roman, vereischt wel degelijk eenige inspanning van den geest, zal het gelezene eene blijvende en duurzame herinnering achterlaten. Maar terwijl wij na het lezen van de laatste bladzijden van eenen roman op denzelfden trap van ontwikkeling staan als bij het begin van de eerste, zal het bestudeeren van een wetenschappelijk werk onzen horizon hebben verruimd en ons oordeel hebben gescherpt. In onzen tijd, waarin men juist op het gebied der algemeene ontwikkeling zulke hooge eischen stelt, is de kennis van de onvergankelijke waarheden, ons door de grootsche veroveringen der moderne astronomie geopenbaard, een eerste plicht.

Hoe groot zijn niet de vorderingen, welke die heerlijke wetenschap in de laatste jaren gemaakt heeft! Meer dan vijftig jaren zijn ver-

vlogen, sedert de onvergetelijke Kaiser zijn onovertroffen meesterwerk »De Sterrenhemel» in het licht gaf en daardoor de grondvester werd der populaire sterrenkunde in Nederland. Wat beweegt zich de aarde snel, wat vlieden de jaren snel daarhenen! In dat vijftigtal jaren is de sterrenkunde geheel van karakter veranderd en meer vooruitgegaan dan in de geheele vorige eeuw. Wij hebben de scheikundige samenstelling der sterren leeren kennen door de stoute en onvermoeide onderzoekingen met den spectroscop; de nauwkeurige en fijne waarnemingen omtrent de dubbelsterren en de onderlinge vergelijking der verkregen resultaten hebben ons de ware natuur der werelden en hare beteekenis in het heelal leeren kennen; de photographie van den sterrenhemel leert ons nieuwe werelden kennen, die zelfs door de reuzenkijkers van onzen tijd niet kunnen worden waargenomen, de zonnen, die op onmetelijke afstanden van ons schitteren, blijken zich in alle mogelijke richtingen met duizelingwekkende vaart door de wereldruimte te bewegen; de nevelvlekken ontbinden zich in het veld der reusachtige kijkers van den tegenwoordigen tijd in onmetelijke en ontelbare ophooping van zonnen; de door het geheele heelal rondzwervende kometen hebben zich het geheim harer scheikundige samenstelling laten ontlokken, en ons hare verwantschap met de vallende sterren geopenbaard; de planeten zijn als het ware van den hemel neergedaald tot in onze onmiddellijke nabijheid, en binnen ons bereik gekomen hebben zij ons in staat gesteld, den toestand van haren dampkring en de bijzonderheden van haar klimaat te leeren kennen, en zelfs hare landen en zeeën in kaart te brengen; de zon heeft ons hare natuurkundige eigenschappen ontsluit en vertoont aan de oogen der verbaasde aanschouwers hare stormen en fantastische uitbarstingen, die ontzagwekkende klopelingen van het hart des planetenstelsels; de maan eindelijk, schijnbaar tot op enkele mijlen van ons genaderd, leent zich tot het nemen van photographische afdrukken van hare landschappen. Is het te verwonderen, dat zich de sterrenkunde aan ons van eene geheel nieuwe zijde doet kennen, en dat zij, verrijkt en herboren, minder dor en zelfzuchtig, meer bespiegeland maar ook meer populair is geworden?

Hoe schitterende resultaten! welke wonderen te aanschouwen! welk heerlijk veld te doorwandelen! welk een rijk aantal beelden te bewonderen, beelden der schitterende en toch vreedzame veroveringen van den menschelijken geest, die noch bloed noch tranen gekost hebben en ons doen baden in eene zee van licht en schoonheid!

Die schitterende vorderingen geven den schrijver, die zich gedu-

rende twintig jaren voor zijne taak heeft voorbereid, het recht tot het uitgeven eener nieuwe »populaire sterrenkunde.» Duizenden van lezers spoorden hem tot deze uitgave aan, nadat hunne belangstelling was opgewekt door eene reeks van sterrenkundige verhandelingen over de meest uiteenlopende onderdeelen der wetenschap. Bovendien is de methode van behandeling en de geheele opvatting van het boek geheel oorspronkelijk; het doel van den schrijver is voornamelijk, volkomen populair te zijn, zonder daaraan de nauwkeurigheid op te offeren, opdat zijn werk de nooit volprezen wetenschap waardig zij, waaraan het gewijd is.

Wij zeiden reeds zooeven, dat de sterrenkunde ons een beeld levert van eene dier omwentelingen, die een keerpunt vormen in de geschiedenis der wetenschappen.

Zij heeft zich van haar keurslijf van algebraïsche formules ontdaan, en heeft leven en bezieling gekregen. Het heelal vertoont zich onder eenen geheel nieuwen vorm aan onzen geest. Het zijn geen levenlooze massa's meer, voortwentelend in den eeuwigen nacht, die lichten, welke Urania's hand ons aan het hemelgewelf aanwijst; neen, het is het onbegrensde, onbepaalde, eeuwige leven, zich in stroomen van de schoonste harmonie uitstortende in de peillooze diepte van het oneindige.

De sterrenkunde vertrouwt niet langer hare geheimen aan enkele ingewijden toe, zij is binnen het bereik van een ieder gekomen; zij openbaart de geheimen der natuur, zij maakt ons duidelijk, welke plaats de mensch in de schepping inneemt; in één woord, hare beoefening is onmisbaar voor hem, die naar ontwikkeling streeft, want zij wekt in ons de behoefte op, om ons rekenschap te geven van *hetgeen is*.

Onder alle waarheden, welke de sterrenkunde ons openbaart, zijn zeker de gewichtigste die, welke betrekking hebben op de planeet, waarop wij leven. Niets is dus voor ons belangrijker, dan ons rekenschap te geven van hare grootte, haar gewicht, hare plaats in de wereldruimte en hare verschillende bewegingen. Wij moeten dus bij het bestudeeren van den hemel van de aarde uitgaan. Reeds de ouden grondvestten de sterrenkunde op de kennis van de plaats der aarde in het heelal en van hare beweging, en ook de moderne astronomie leidt ons tot eene meer nauwkeurige kennis onzer planeet. Wij zullen zien, dat de aarde, wel verre van vast te staan in het midden des hemels, met eene duizelingwekkende snelheid wordt voortgedreven naar een verwijderd doel, de geslachten der menschenkin-



De aarde wordt met eene duizelingwekkende snelheid voortgedreven naar een verwijderd doel.

deren, op hare oppervlakte geboren, in hare vaart door het oneindige met zich medevoerend.

De geheele menschheid heeft zich gedurende duizend jaren eene verkeerde voorstelling gemaakt van het wezen der aarde, van hare juiste plaats in de wereldruimte, en van den bouw van het heelal. Zonder de hulp der sterrenkunde zoude de menschheid nog steeds op een dwaalspoor zijn, en zelfs nu nog kan men beweren, dat negentig van de honderd menschen een onjuist beeld hebben van onze planeet en hare bewegingen, eenvoudig omdat zij zelfs met de eerste beginselen der sterrenkunde onbekend zijn.

De aarde komt ons voor als eene onmetelijke vlakte onder duizenden verschillende gedaanten, met groenende heuvels, met bloeiende valleien, met meer of minder hooge bergen, met waterstroomen zich door de vlakte kronkelend, met meren met lachende oevers, en tot in het oneindige afwisselende landschappen. De aarde komt ons onbewegelijk voor, voor eeuwig gegrondvest op eeuwenoude fundamenteen, waarboven een uitspansel is uitgespreid, dat nu eens helder, dan weder bewolkt is, en dat als het ware het onwrikbare voetstuk van het heelal uitmaakt. De zon, de maan, de sterren schijnen boven haar rond te wentelen. Het is dus niet te verwonderen, dat de mensch zichzelf als het middelpunt en het doel der schepping beschouwde, en dat hij, waar niemand hem tegensprak, langen tijd aan die ijdele zelfverheffing bleef vasthouden.

Gedurende de vele eeuwen, waarin de mensch alleen voor zinnelijke genietingen scheen te leven en zijn gemoed nog niet geopend was voor geestelijke ontwikkeling, hield hij zich uitsluitend bezig met de middelen, die konden dienen tot instandhouding van zijn leven, tot vermeerdering van zijn lichamelijk welzijn en tot de bestrijding zijner vijanden. Maar toen verzezen er groote geesten, die begrepen, dat de mensch nog tot iets hoogers geschapen is dan tot materiële genietingen, en die den grondslag legden van eene maatschappij, die de ontwikkeling der zedelijke wereldorde als haar hoogste ideaal beschouwde. Langzaam schreed de geestesontwikkeling voort, en eindelijk brak de dag aan, waarop enkele uitverkoren mannen, in de onmetelijke vlakten van het Oosten, die toen vruchtbaar waren, doch nu reeds verdord, toen bewoond, nu geheel verlaten, den loop der sterren waarnamen, en aldus de schijnbare beweging van den sterrenhemel leerden kennen. In het eerst werden de waarnemingen verricht door de herders van het Himalayagebergte, vóór het opkomen en na het

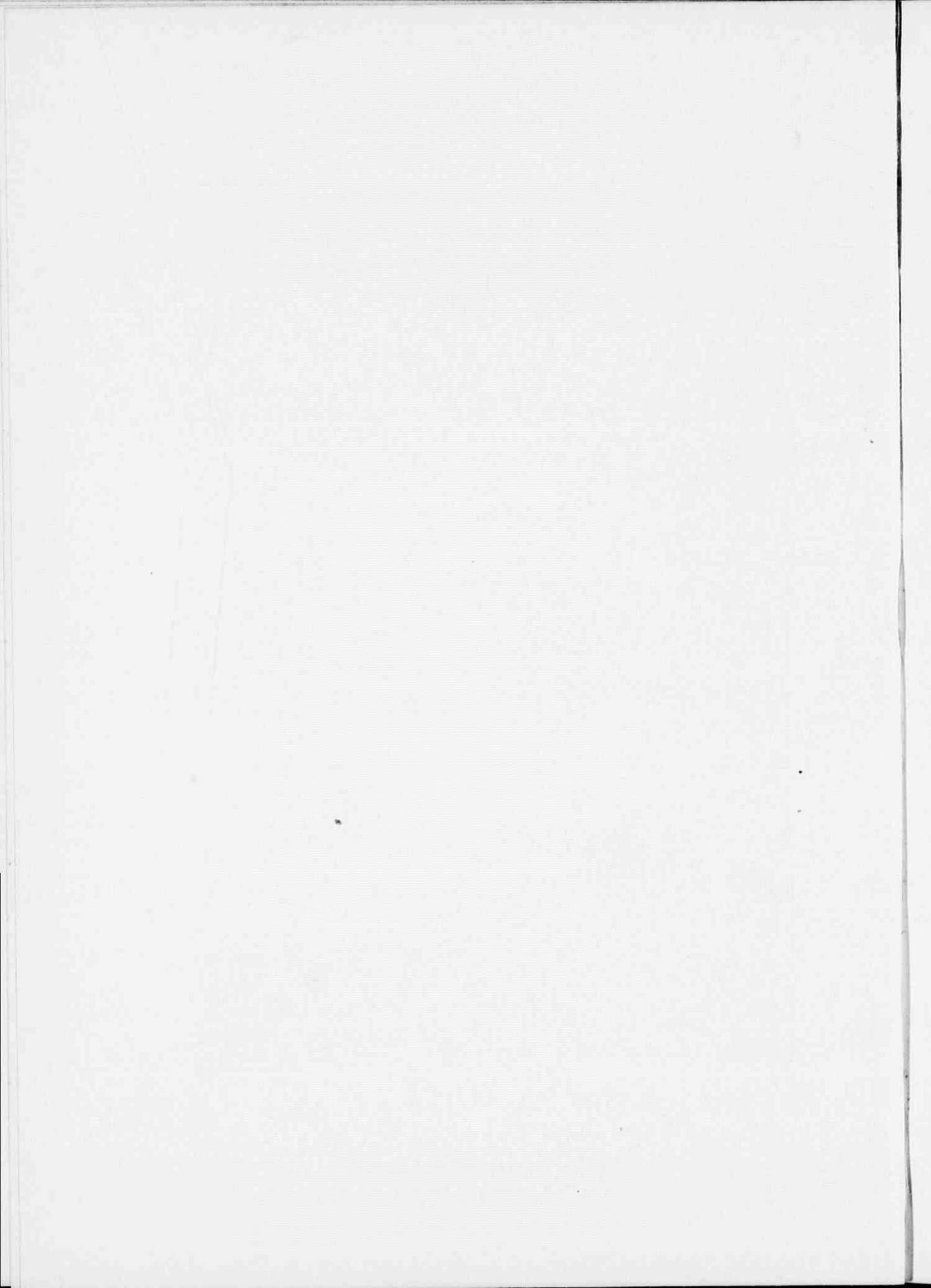
ondergaan der zon. De schijn gestalten der maan en haar achterblijven bij de zon en de sterren; de dagelijksche beweging van den sterrenhemel, die regelmatig boven ons hoofd voortloopt, de verplaatsing der prachtige planeten tusschen de sterren, de vallende sterren, die zich van het hemelgewelf schijnen los te rukken, de zons- en maansverduisteringen, de wonderlijke kometen, die met loshangende haren aan het firmament verschijnen, ziedaar het gebied der sterrenkunde voor overoude tijden. Zij is de oudste onder de wetenschappen. Zelfs vóórdat de mensch de schrijfkunst had uitgevonden, ja zelfs vóórdat het menschedom eene geschiedenis had, werd de sterrenhemel waargenomen, om daarop eenen kalender te grondvesten. Wel zijn in den worstelstrijd der volkeren de eerste waarnemingen verloren gegaan, maar toch bezitten wij nog gegevens van eerbiedwaardigen ouderdom, zooals die omtrent de poolster, in China waargenomen 2850 jaren vóór Christus, waarnemingen omtrent eene zoneclips, in Egypte gedaan in het jaar 2720, die omtrent eene ster in het sterrenbeeld de Hydra van het jaar 2306 vóór onze tijdrekening. Het is reeds vijf duizend jaren geleden, dat onze week van zeven dagen is vastgesteld, en reeds sedert eenige duizenden van jaren dragen de dagen der week de namen van de bij de ouden bekende bewegelijke sterren, de Zon, de Maan, Mars, Mercurius, Jupiter, Venus en Saturnus.

Ten tijde van Homerus (omstreeks negen honderd jaren vóór Christus) meende men, dat de aarde, door den *Okeanos* omgeven, de benedenste helft van de wereld vulde, terwijl de bovenste helft zich daarboven uitstreckte, en dat *Helios* (de zon) iederen avond zijne vuren uitdoofde, en ze des ochtends weder aanstak, na zich eerst in de diepe wateren van den Oceaan te hebben gebaden.

Naar de oudste voorstellingen, alleen gegrond op zinsbedrog, (want daarin komt de onontwikkelde geest met het jeugdig kind overeen), bestond er niet het minste verband tusschen het hemelgewelf, waaraan de sterren schitteren, en dat waarover het daglicht is uitgespreid. Zeker is het, dat de onbekende waarnemer, die het eerst de stelling durfde verdedigen, dat des daags de hemel evenzeer met sterren bezaaid is als des nachts, en dat wij ze alleen daarom niet kunnen zien, omdat zij door het zonnelicht verduisterd worden, een geniale en stoutmoedige geest moet geweest zijn.

Zelfs verscheidene Grieksche sterrenkundigen waren nog voor twee duizend jaren van meening, dat de sterren slechts vuren waren, die hunne brandstof ontleenden aan de uitwasemingen der aarde. Men





moest echter allengs wel opmerken, dat de zon, de maan, de planeten en de vaste sterren opkomen en ondergaan, en dat die hemellichamen dus gedurende den tijd, die er tusschen haar opkomen en ondergaan verloopt, noodzakelijk onder de aarde moeten doorgaan. Onder de aarde! Wat eene omwenteling vertegenwoordigen die drie woorden! Tot nog toe had men nog kunnen meenen, dat de aarde zich tot in het oneindige onder onze voeten uitstreckte, en onwrikbaar vaststond, en had men, al kon men zich van die onbegrensde uitgebreidheid der stof geen denkbeeld vormen, in rustige onwetendheid kunnen voortleven bij het geloof aan de onbewegelijkheid der aarde. Maar nu het bleek, dat de banen, door de sterren boven ons hoofd doorloopen, zich ook onder den horizon uitstrekken, om in het oosten weder te voorschijn te treden, moest men aannemen, dat de aarde op eene zuilenrij rustte, groot genoeg om de sterren door te laten. Sommigen stelden zich de aarde voor onder de gedaante van eene ronde tafel, op twaalf zuilen rustende, anderen meenden, dat zij den vorm had van eenen koepel, gedragen door twaalf metalen olifanten; maar het denkbeeld, om zich de aarde voor te stellen, gedragen hetzij door bergen, hetzij op eene andere wijze, verplaatste slechts de moeilijkheid, want die bergen, zuilen of olifanten moesten dan toch op hunne beurt weer op iets anders rusten. Maar daar de sterrenhemel in zijn geheel om ons heen schijnt te wentelen, konden alle mogelijke drogredenen niet beletten, dat men het denkbeeld dier onwrikbaarheid moest laten vallen voor den drang der feiten, en dat men eindelijk erkennen moest, *dat de aarde in de wereldruimte vrij op zich zelf staat.*

Hesiodus, tijdgenoot van Homerus, meende, dat de aarde als eene schijf in evenwicht was tusschen het hemelgewelf en de onderwereld, en dat zij op gelijken afstand van beide verwijderd was; hij beweerde, dat Vulcanus dien afstand uitgemeten had met zijn aambeeld, en dat hij negen dagen en negen nachten achtereen besteed had, om van den hemel de aarde te bereiken, en evenveel tijd om van de aarde naar den Tartarus te komen. Deze buitensporige opvattingen hebben eeuwen lang de meeningen omtrent den bouw van het heelal beheerscht.

Maar toen eenmaal de fakkel van den vooruitgang ontstoken was, brandde zij voort. Naarmate de kennis der aardrijkskunde toenam, werd het duidelijker, dat de aarde eene bolvormige gedaante moest hebben. Men stelde zich toen de aarde voor als eenen grooten kogel, in het midden van het heelal geplaatst, en liet de zon, de maan, de

planeten en de vaste sterren om ons heen draaien in cirkels, die op bepaalde afstanden van elkander gelegen waren.

Gedurende meer dan twee duizend jaren namen de sterrenkundigen met nauwgezetheid de schijnbare beweging der hemellichamen waar, en zoo leerden zij langzamerhand eene groote menigte onregelmatigheden en onverklaarbare afwijkingen kennen. Eindelijk bleek het, dat men omtrent den stand der aarde evenzeer mistastte, als men had misgetast omtrent hare onwrikbaarheid. De onsterfelijke Copernicus onderwierp het vraagstuk omtrent de beweging der aarde aan een streng wetenschappelijk onderzoek, nadat reeds meer dan duizend jaren te voren de onbewegelijkheid der aarde door verschillende astronomen was in twijfel getrokken doch hunne beschouwingen geen ingang hadden kunnen vinden, omdat de mensch geen afstand wilde doen van de eereplaats, die hij in de schepping meende in te nemen. Toen de geleerde Copernicus in het jaar 1543 overleed, liet hij der wetenschap zijn beroemd werk na, waarin hij de eeuwenoude dwaling van het menschedom met de grootst mogelijke helderheid in het licht stelde.

De aarde draait om eene as in vier en twintig uren, en door die beweging schijnt het ons toe, alsof de geheele sterrenhemel om ons heen wentelt: ziedaar de grondstelling van Copernicus, en tevens het eerste onderwerp onzer beschouwingen. Wij moeten dus in de eerste plaats beginnen met te onderzoeken, welke plaats de aarde in het heelal inneemt, en aan welke bewegingen zij onderworpen is.

Die beweging om eene as is toch slechts eene der vele bewegingen, waaraan de aarde onderworpen is. Onder den invloed van de aantrekkingskracht der stof beweegt zij zich op eenen afstand van 148 millioen kilometers om de zon, in eene baan, welke zij in een jaar tijds doorloopt.

Om dien verbazenden weg in ruim 365 dagen af te leggen, moet de aarde zich bewegen met eene snelheid van 106000 kilometers in het uur, of van 29 kilometers in de secunde. Aan de juistheid dier getallen kan niet getwijfeld worden. Langs zes verschillende en van elkander volkomen onafhankelijke wegen is men tot het resultaat gekomen, dat de afstand van de aarde tot de zon 148 millioen kilometers bedraagt; terwijl nu de aarde zich in den tijd van één jaar op dien afstand om de zon beweegt, is eene eenvoudige deeling voldoende, om aan te toonen, dat zij werkelijk in iedere secunde eenen weg van 29 kilometers aflegt.

Wij worden dus in de wereldruimte voortgesleept met eene snel-

heid, vijftien honderd malen grooter, dan die van eenen sneltrein. Nu beweegt zich een sneltrein vijftien honderd malen sneller dan een schildpad: indien men dus eene locomotief de aarde in de wereldruimte kon achterna zenden, zoude deze de aarde evenmin kunnen inhalen, als de schildpad den sneltrein. De snelheid der aarde om de zon is 75 maal grooter, dan die van eenen kanonskogel.

Iemand in het heelal geplaatst in de nabijheid van de baan, door de aarde in haren snellen loop doorvlogen, zou van schrik ineenskrimpen, als hij haar zag aankomen als eene telkens grooter wordende ster, die bij hare nadering het geheele hemelgewelf bedekte, om zonder een oogenblik op te houden, zijn gezichtsveld voorbij te vliegen, wentelend om eene as, en als een bliksemstraal voortschietend naar de gapende diepten der wereldruimte.

Op dien bewegelijken bol zijn wij geplaatst, in denzelfden toestand als stofdeeltjes, die aan eenen reusachtigen kanonskogel vastkleven, welke zich met verbazende snelheid voortbeweegt. Daar wij in alle bewegingen der aarde deelen met alles wat ons omringt, kunnen wij van die bewegingen niets bemerken en wordt ons haar bestaan slechts geopenbaard door de waarneming der sterren, die daaraan niet deelnemen. Die kracht, welke onze planeet voortbeweegt, oefent hare werking uit zonder wrijving, zonder schokken, en onder de diepste stilte. Zachter dan het scheepje op het heldere water, zachter dan de gondel, die zich voortbeweegt over de spiegelende wateren der Venetiaansche lagunen, glijdt onze aarde statig voort over hare baan, zonder een spoor achter te laten van de ontzagwekkende kracht, waaraan zij gehoorzaamt.

Inderdaad is dus *de aarde eene ster des hemels*, evenzeer als de maan of als de overige planeten, die evenmin lichtgevend zijn als de aarde, en slechts aan den hemel schitteren, omdat zij haar licht van de zon ontvangen. Indien wij de aarde op eenen afstand konden beschouwen, zoude zij ons als de maan voorkomen; op eenen grooteren afstand gezien, als eene ster. Van Venus of Mercurius beschouwd, is zij de helderste ster des hemels.

Op de beweging der aarde om de zon berust de afwisseling der jaargetijden en de opvolging der jaren; hare beweging om eene as veroorzaakt de afwisseling van dag en nacht. Onze tijdsverdeeling is op beide bewegingen gegrond. Draaide de aarde niet en was het Heelal onbewegelijk, dan zouden er geene uren, dagen, weken, maanden, jaargetijden, jaren, of eeuwen zijn! . . .

Al zijn de beide genoemde bewegingen voor ons de voornaamste, het zijn niet de eenige, waaraan de aarde onderworpen is. In het geheel kennen wij er tien.

Vooreerst beweegt zich de aarde niet als een bal over den grond, die bij hare beweging altijd blijft wentelen om eene horizontale as, evenmin gaat zij voort als een tol, die, terwijl hij over den grond voortglijdt, steeds draait om eene verticale as; hare as helt ten opzichte van het vlak, waarover zij zich beweegt. Die helling verandert in den loop van het jaar niet, zoodat de aarde zich om de zon zoodanig beweegt, dat hare as steeds denzelfden hoek blijft maken met het vlak van hare loopbaan. Die as blijft bij de jaarlijksche beweging der aarde evenwijdig aan zichzelf, en haar eene uiteinde blijft in dien tijd steeds gericht naar een vast punt van den hemel, in de nabijheid der poolster gelegen. Doch in den loop der eeuwen beschrijft die as zelf eenen kegel, zoodanig, dat haar uiteinde als het ware als een vinger, naar eene bepaalde ster gericht, zeer langzaam eenen cirkel aan den hemel beschrijft. De pool verplaatst zich tusschen de sterren en beschrijft eenen cirkel in 258 eeuwen. De ster, die thans poolster is, zal zich van de pool verwijderen; over twaalf duizend jaren zal de schitterende ster *Wega*, in het sterrenbeeld de Lier, poolster worden, zooals zij het reeds voor veertien duizend jaren geweest is. Deze zich over eeuwen uitstrekkende beweging noemt men de: *praecessie der nachteveningspunten*. Wij hebben thans kennis gemaakt met eene derde beweging, die veel langzamer is dan de beide voorgaande (1).

Eene vierde beweging, *nutation* genoemd, wordt veroorzaakt door den invloed der maan. Door haar beschrijft het uiteinde van de as der aarde in den tijd van achttien jaren eene kleine ellips aan den hemel.

Eene vijfde beweging verandert den hoek, dien de as der aarde met het vlak van hare loopbaan maakt. Die hoek is thans ongeveer 67 graden, of drie vierden van eenen rechten hoek. Tegenwoordig neemt die helling toe, om over eenige eeuwen weder te verminderen; men noemt deze schommeling: *verandering van den schuinschen stand der ecliptica*.

In de zesde plaats verandert de kromme lijn, waarover zich onze planeet om de zon beweegt, van gedaante. Deze kromme lijn is geen cirkel, maar eene ellips; in den loop der eeuwen nadert de ellips

(1) Mocht de lezer de gebruikte technische uitdrukkingen niet volkomen goed begrijpen, dan zij hier opgemerkt, dat dit geen bezwaar zal opleveren; waar het ons hier slechts te doen is om een algemeen overzicht te geven, zal later de verklaring gegeven worden van alles, wat nu nog duister voorkomt.

meer of minder tot eenen cirkel. Men noemt deze beweging: *verandering van de excentriciteit der baan*.

De zon is niet in het midden dier ellips geplaatst, maar bevindt zich in een van hare brandpunten (1). Dat gedeelte der ellips, dat het dichtst bij de zon geplaatst is, heet *het perihelium*. De aarde komt tegenwoordig juist op den 1^{sten} Januari in dit punt. Doch ook dit punt is weder aan eene beweging onderworpen. In het jaar 4000 vóór Christus kwam de zon op den 21^{sten} September in het perihelium, in het jaar 1250 na Christus op den 21^{sten} December. In het jaar 6590 zal dit op den 21^{sten} Maart, in het jaar 11910 op den 21^{sten} Juni het geval zijn. In het jaar 17000 eindelijk zal het perihelium weder denzelfden stand innemen als in het jaar 4000 vóór Christus. Deze *verandering van den stand van het perihelium* is dus gebonden aan eene periode van 210 eeuwen.

Maar ook hiermede zijn de bewegingen der aarde niet uitgeput.

De telkens veranderende aantrekking der overige planeten is oorzaak, dat al de tot nu toe genoemde bewegingen *storingen* van verschillend bedrag ondervinden.

Ook verplaatst zich de zon eenigzins uit het brandpunt der ellips door de aarde beschreven, en oefent zij daardoor wederkeerig weder invloed uit op de beweging der aarde.

Ten slotte beweegt zich de zon in de oneindige ruimte voort en neemt zij daarbij de aarde en alle overige planeten met zich mede. Deze beweging is van meer gewicht dan eenige der overige. Zij is de oorzaak, dat de aarde, sedert haar ontstaan, *nog nooit tweemaal op dezelfde plaats van het heelal gestaan heeft, en dat zij nooit zal terugkeeren naar de plaats, waar zij zich thans bevindt*; wij bewegen ons dus niet in eene gesloten kromme lijn voort, maar beschrijven eene spiraallijn van afwisselenden vorm.

Al deze bewegingen zullen wij in het volgende hoofdstuk in bijzonderheden verklaren. Ons doel was alleen, ze slechts ter loops mede te deelen, opdat wij voor goed genezen zouden worden van den waan, alsof onze planeet eenen hooger rang in de schepping inneemt dan de overige planeten, en opdat wij wel doordrongen zouden worden van het bewustzijn, dat de aarde niets anders is dan een bewegelijke bol, in de wereldruimte voortgesleept als een speelbal der kosmische

(1) Over de eigenschappen der ellips en de beteekenis der brandpunten spreken wij later.

krachten, die op haar werken, zich in de onbegrensde ruimte naar een haar onbekend doel voortbewegend, terwijl zij in haren onregelmatigen loop de meest afwisselende schommelingen ondervindt, zich in het heelal in evenwicht houdt, als een stofdeeltje in eenen zonnestraal, met eene duizelingwekkende snelheid in den onpeilbaren afgrond nederstort, en ons stervelingen reeds gedurende duizenden jaren heeft medegevoerd en nog duizenden jaren zal medevoeren naar eene geheimzinnige bestemming, die zelfs den grootsten reuzengeest nooit zal worden geopenbaard.

Indien wij het bovenstaande met aandacht overwegen, dan verbaast het ons des te meer, dat het grootste gedeelte der menschheid zich omtrent de rol der aarde in de schepping aan zulke vreemde begoochelingen overgeeft. Let slechts op dien kleinen bol, die zich in de oneindige ruimte voortbeweegt: op zijne oppervlakte krioelen 1400 miljoen praatsmakende aardwormen dooreen, zonder te weten waar zij van daan komen, of waar zij henen gaan; die geboren worden, om weer spoedig te sterven. Die bekrompen menigte schijnt zich ten doel gesteld te hebben, niet om onder het licht der zon een gelukkig leven te leiden, maar om geestelijk en lichamelijk te lijden en lijden te veroorzaken. Zij blijft in hare oorspronkelijke bekrompenheid volharden, weet zich niet op te heffen tot de hoogere genietingen van kunsten en wetenschappen, en kwelt zich voortdurend met ijdele hersenschimmen. Vreemde maatschappij! Zij heeft zich gesplitst in kleine troepen onder de leiding van enkelen, en van tijd tot tijd ziet men die troepen, met krankzinnigheid geslagen, op elkander losstormen. Dan ziet men het gedrochtelijke monster van den Oorlog zijne slachtoffers wegmaaïen; dan ziet men de lijken als rijpe aren nedervallen op de met bloed doorweekte akkers: en in ééne eeuw telt men 40 miljoen dooden, gevallen in eenen strijd, die geen ander doel had, dan om de verdeling van den kleinen bol in een aantal mierenhoopen te handhaven.

Als de menschheid zal weten, hoe weinig de aarde beteekent, en zal inzien, hoe nietig hare rol in de ruimte is; als zij de grootheid en schoonheid der natuur meer zal op prijs stellen, dan zal zij niet meer zoo dwaas zijn en aan het stof gehecht, en evenmin zoo lichtgeloovig, maar er zal vrede zijn op aarde, men zal de Waarheid liefhebben, het Schoone bewonderen, het Goede volbrengen, de Rede ontwikkelen en de hoogere gaven van hoofd en hart doen samenwerken in de schoonste harmonie.

TWEEDE HOOFDSTUK.

Beweging der aarde om hare as en om de zon.

Dag en nacht.

De uren. De meridianen. Het jaar en de kalender.

Wij zullen thans de verschillende bewegingen der aarde meer in bijzonderheden nagaan.

Daarbij zullen wij echter niet den weg volgen van de meeste leerboeken over sterrenkunde, waarin eerst over de schijnbare beweging van den sterrenhemel gehandeld wordt, om daarna de onjuistheid dier voorstelling aan te toonen. Wij achten het logischer, dadelijk met de werkelijkheid te beginnen.

Opmerkelijk is de invloed, door die bewegingen op ons leven en op onze levenswijze uitgeoefend. Zij toch geven ons het middel aan, om den tijd te meten, en op die tijdsverdeeling berust het leven in onze maatschappij. De duur van ons bestaan, de perioden, waarin dat bestaan verdeeld is, onze kalender zoowel als de verschillende tijdvakken der geschiedenis, al deze zaken zijn ten nauwste saamgeweven met de bewegingen der aarde. Het bestudeeren dier bewegingen is dus niets anders dan het zoeken naar de grondslagen van het menschelijke leven.

Wat al verscheidenheid op de verschillende lichamen van ons zonnestelsel! Op de maan telt het jaar slechts twaalf dagen en twaalf nachten, terwijl het op aarde 365 dagen telt. Toch is het jaar op de maan even lang als bij ons. Op Jupiter is het jaar bijna twaalf malen langer dan bij ons, de dag daarentegen meer dan twee malen korter, zoodat daar het jaar 10455 dagen bevat! Op Saturnus is het verschil nog grooter, want het jaar, dat daar dertig malen langer is dan op aarde, telt er 25217 dagen! En dan Neptunus! Daar duurt ieder jaar meer dan anderhalve eeuw: 165 van onze korte jaren! Als het leven daar op dezelfde wijze verdeeld is als bij ons, dan is op Neptunus een jong meisje van zeventien jaren inderdaad 2800 van onze jaren oud: zij had reeds den leeftijd van duizend jaren bereikt, toen Christus te Bethlehem geboren werd; zij was reeds tijdgenoot

van Romulus, van Julius Caesar, van de Batavieren, van de Hollandsche Graven, van Willem den Zwijger, van onze stadhouders, van Napoleon en is toch nog slechts zeventien jaren oud!! Is zij verloofd, dan zal zij haren minnaar van 4000 jaren nog eenige honderden jaren doen smachten naar den dag van het huwelijk, maar dan kunnen zij ook eene reeks van eeuwen met elkander verbonden zijn, en misschien nog het feest vieren hunner tienduizendjarige echtvereeniging!

Het ligt in den aard der zaak, dat het eerst de afwisseling van dag en nacht gebruikt is tot het meten van den tijd. Die afwisseling van dag en nacht is toch het natuurverschijnsel, dat het meest de aandacht moet getrokken hebben. Eerst later heeft men de opvolging der jaargetijden opgemerkt, hunnen duur bepaald en de lengte van het jaar gemeten. Ook de schijngestalten der maan wisselen sneller en zijn treffender dan de jaargetijden, dus is de verdeeling van den tijd in dagen en maanden ouder dan die in jaren. De oude gedichten uit Indië geven ons nog eenen laatsten weerklink van de vrees, die de eerste menschen bezielde bij het aanbreken van den nacht. »De Zon, die goede Zon is in het Westen verdwenen: is het »wel zeker, dat wij haar morgen ochtend weer in het Oosten zullen »terugzien? Als zij eens niet terugkeerde! Dan ware er geen licht, »geene warmte meer; dan zou een ijskoude stikdonkere nacht de Aarde »bedekken! Hoe zullen wij het vuur, dat verloren is gegaan, terug- »vinden? Hoe zullen wij de weldoende Zon en haar goddelijk licht »vervangen? Wel overdekken de sterren des hemels het aardrijk met »haar geheimzinnig licht, wel giet de Maan haren zilverkleurigen dauw »over onzen dampkring uit; maar het is niet het weldadige Zonlicht, »het is niet de heldere dag... Maar zie! daar verschijnt de rozen- »roode dageraad, daar komt de dag, het is licht! O Zonne! nooit »volprezen koninginne des hemels, wees gezegend! vergeet toch nooit, »tot ons terug te keeren!»

Wat is de dag? Wat is de nacht? Het zijn de tegenovergestelde uitwerkingen van de wenteling der aarde om hare as in verband met hare verlichting door de zon. Als onze aarde stilstond, en ook de zon op dezelfde plaats bleef, dan zoude de eene helft der aarde steeds dag, de andere helft steeds nacht hebben.

Onze aarde is in de wereldruimte geheel op zichzelf geplaatst, men kan dus niet spreken van *boven* of *beneden* in het heelal. Beschouwen wij de aarde op een willekeurig oogenblik, bij voorbeeld als het bij ons juist middag is. Wij zijn dan gelegen op de lijn, die midden over

het halfrond loopt, dat door de zon verlicht wordt. De aardbol werpt dan schaduw op de helft, die van de zon is afgekeerd (fig. 4). De landen dus, gelegen op de van ons afgekeerde zijde der aarde, zijn dan in de schaduw gelegen, en hebben dus nacht.

De nacht is dus niets anders dan de toestand, waarin het niet verlichte deel der aarde verkeert. De aarde draait. Twaalf uren later zullen wij zelf op onze beurt in de schaduw gekomen zijn. Men heeft slechts de figuur om te draaien, en zal dan de zon beneden ons en den nacht boven onze hoofden zien. Maar de schaduw door de aarde veroorzaakt, strekt zich niet over het geheele heelal uit, zooals wij oppervlakkig zouden meenen; zij is niet breeder dan de aarde zelf (12732 kilometers), en het geheele heelal, dat daarbuiten gelegen is, blijft verlicht; de maan en de planeten ontvangen altijd licht van de zon. Bovendien heeft die schaduw, omdat de zon veel grooter is dan de aarde, den vorm van eenen kegel, waarvan de top gelegen is op eenen afstand van één miljoen twee honderd duizend kilometers. Soms komt de maan, die slechts op 384000 kilometers van de aarde verwijderd is, in den schaduwkegel der aarde, en men kan dan, bij de verduistering der maan, duidelijk opmerken, dat onze schaduw cirkelvormig is; dit is zelfs een der eerste bewijzen geweest voor de bolvormige gedaante der aarde.

Wij kunnen als model der aarde eenen kleinen bal nemen, waar eene naald midden doorheen gestoken is en dan den bal tusschen twee vingers ronddraaien. De naald stelt dan de *as* der aarde voor; de twee punten, waar de naald den bal snijdt, zijn dan de beide *polen* (fig. 5). Wij hebben hiermede twee belangrijke begrippen vastgesteld, die binnen ieders bevatting liggen. Wij weten nu, wat men door de *as* der aarde verstaat: het is de denkbeeldige lijn, die daar midden doorheen loopt,

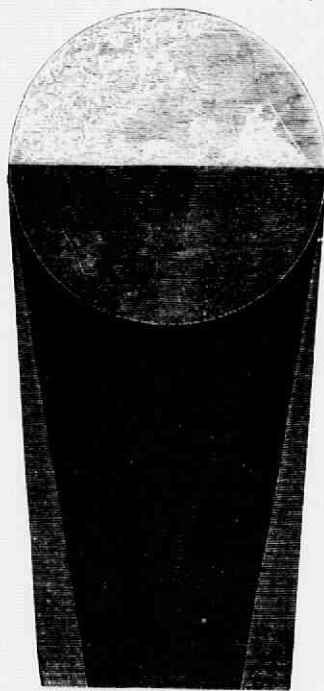


Fig. 4. — Dag en nacht.

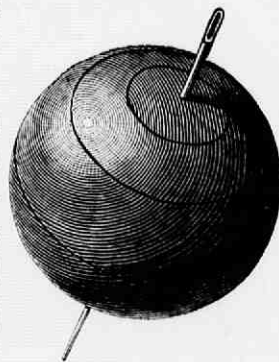


Fig. 5. — De aarde draai-
baar om hare as.

en waaromheen zij wentelt. Wij weten nu ook, wat de polen zijn. Welnu! indien wij den bal rondwentelen in tegengestelden zin van de wijzers van een uurwerk, dan draait hij juist als onze aarde.

Uit fig. 6 kan men gemakkelijk zien, hoe de verschillende landen

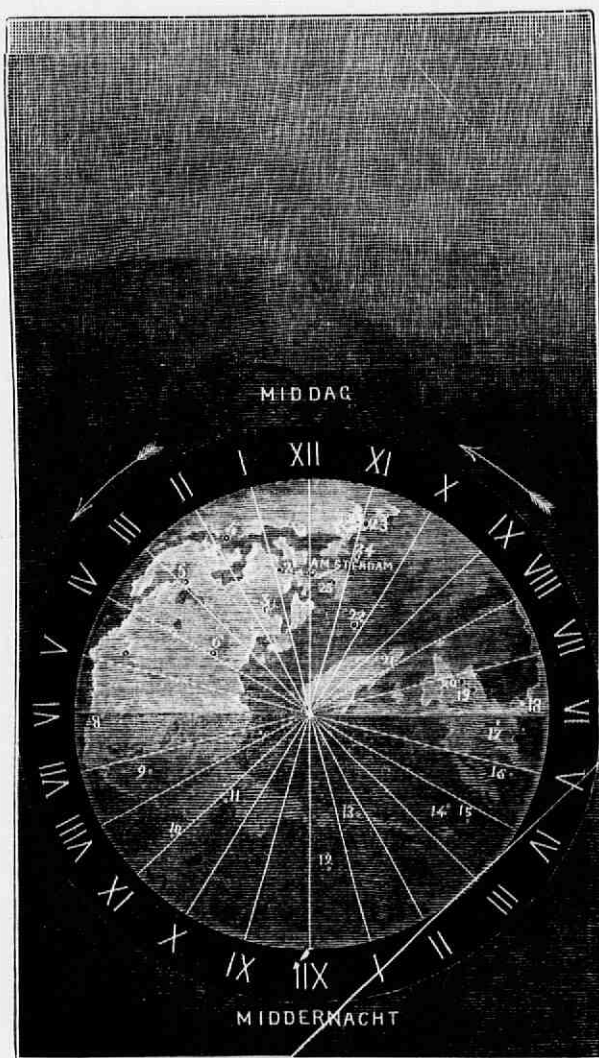


Fig. 6 — De uren van den dag en den nacht.

der aarde beurtelings dag en nacht hebben. Zooals onze figuur geteekend is, is Amsterdam juist onder de zon gelegen, zoodat het daar middag is. De landen links van Nederland zijn ten oosten daarvan gelegen en vóór ons uit de schaduw getreden en ook vóór ons onder de zon gekomen, zoodat, als het te Amsterdam middag is, het ongeveer 1 uur is te Weenen, 2 uur te Suez, 3 uur te Teheran, 4 uur te Boekhara, 5 uur te Delhi, 6 uur te Kotta Radja, 7 uur te Batavia, 8 uur te Menado. Alle plaatsen, die op eene zelfde uurlijn gelegen zijn, hebben op hetzelfde oogenblik denzelfden tijd. Die uurlijnen bepalen de geographische lengte: het zijn groote cirkels, (1) over de polen loopende. Trekt

men op den bol eenen grooten cirkel loodrecht op de as, dan heeft men den aequator (in onze figuur de grenscirkel). Om de afstanden

(1) Door groote cirkels op eenen bol verstaat men die cirkels, welke den bol in twee gelijke helften verdeelen.

tusschen pool en aequator te meten, trekt men om de pool cirkels, die den naam van parallellen dragen, omdat zij op den bol evenwijdig met den aequator loopen. Die cirkels dienen ter bepaling van de breedte eener plaats.

Als het te Amsterdam middag is, dan is het tevens middag op alle plaatsen gelegen op de lijn, die over Amsterdam getrokken, noord- en zuidpool vereenigt, b.v. Breda, Leuven, Lyon enz. Het verschil in tijd wordt bepaald door het verschil in lengte. Wij hebben in fig. 6 de uren aangewezen op verschillende plaatsen der aarde. Als het te Amsterdam middag is, dan is het te:

1. Amsterdam	middag.	14. San-Francisco	3 ^u 31 ^m v.m.
2. Weenen	12 ^u 46 ^m n.m.	15. San-Diego	3 ^u 52 ^m „
3. Petersburg	1 ^u 42 ^m „	16. Mexico	5 ^u 4 ^m „
4. Suez	1 ^u 50 ^m „	17. New-Orleans	5 ^u 40 ^m „
5. Teheran	3 ^u 6 ^m „	18. Cuba	6 ^u 11 ^m „
6. Boekhara	3 ^u 53 ^m „	19. New-York	6 ^u 45 ^m „
7. Delhi	4 ^u 50 ^m „	20. Quebec	6 ^u 56 ^m „
8. Kotta Radja	6 ^u 2 ^m „	21. Kaap Farewell	8 ^u 45 ^m „
9. Peking	7 ^u 27 ^m „	22. Reikiavik	10 ^u 13 ^m „
10. Jeddo	9 ^u 0 ^m „	23. Mogador	11 ^u 2 ^m „
11. Oehotsk	9 ^u 13 ^m „	24. Lissabon	11 ^u 4 ^m „
12. Kaap Hope	12 ^u 40 ^m v.m.	25. Londen	11 ^u 40 ^m „
13. Petropolowski	1 ^u 25 ^m „		

Op een der Vriendschapseilanden is het middernacht, als het te Amsterdam middag is.

Geheel Nederland wordt door de middagzon doorloopen in 16 minuten. (1) Karel V pochte steeds op de uitgestrektheid van zijn rijk, »waarin de zon nooit onderging.» Doch welken invloed heeft het rijk van Karel V op de beschaving uitgeoefend? Het zijn noch de lengte van den mensch, noch zijn gewicht, die zijne rol in de maatschappij bepalen. Als Nederland de baanbreekster geweest is voor de vrijheid van geweten, dan dankt zij dit aan den onafhankelijken geest harer zonen en aan haren innerlijken drang naar beschaving en ontwikkeling.

In het voorbijgaan willen wij op een opmerkelijk gevolg van dit tijdsverschil wijzen. New-York is bij Amsterdam 5^u 15^m achter, San Francisco 8^u 29^m. Als men dus uit Amsterdam een telegram naar die twee plaatsen verzendt, dan zal dit, daar het overseinen geen noemenswaardigen tijd vereischt, mits direct doorgezonden, te New-York 5^u 15^m, te San Francisco 8^u 29^m aankomen vóór het oogenblik, waarop

(1) Het verschil in tijd tusschen het paleis van Volksvlijt en het Rijksmuseum te Amsterdam bedraagt 3 seconden.

het verzonden is. Indien het bij voorbeeld uit Amsterdam verzonden was den 1^{sten} Januari 1898 te 4 uren v. m., dan zou het te New-York aankomen den 31^{sten} December 1897 te 10^u 45^m n. m. en te San-Francisco te 7^u 31^m, d. i. den vorigen dag en zelfs het vorige jaar! De stempel van aankomst zoude dus eenen vroegeren datum aanwijzen dan die van vertrek.

Hoe lang is de dag?

Men heeft reeds in de oudste tijden den dag verdeeld in vier en twintig deelen, geteld, of van den middag, of van zonsondergang, of van middernacht, of van zonsopgang. De tijd, die twee opvolgende middernachten van elkander scheidt, bedraagt 24 uren. Men noemt dien tijd *burgerlijken dag*.

Iedereen heeft opgemerkt, dat de zon des morgens in het Oosten opkomt, langzaam aan den hemel stijgt, des middags hare grootste hoogte bereikt, langzaam daalt, terwijl zij hare schuinsche baan vervolgt, en 's avonds in het Westen ondergaat. Als men het Oosten aan de linkerhand heeft en het Westen aan de rechterhand, heeft men het Zuiden vóór zich en het Noorden achter zich. Als wij dus het gelaat naar het Zuiden keeren, hebben wij de Noordpool achter ons. Men verstaat door den *meridiaan* der plaats van waarneming den grooten cirkel van den hemelbol, gaande over ons hoofd van het Noorden naar het Zuiden; deze vertikale cirkel ligt op gelijken afstand van het Oosten en het Westen, en wordt door de zon op den middag gepasseerd. Er verloop dus 24 uren tusschen twee doorgangen van de zon door den meridiaan.

Nauwkeurige waarneming heeft echter geleerd, dat dit niet juist den duur van de wenteling der aarde voorstelt. De zon komt niet dagelijks op hetzelfde oogenblik in den meridiaan; zij is nu eens vóór bij onze uurwerken, dan weder achter. Indien men daarentegen eene vaste ster waarneemt, dan ziet men, dat zij wel evenals de zon in het Oosten opkomt, den meridiaan passeert en in het Westen ondergaat, maar dat de tijd, die er verloopt tusschen twee doorgangen door den meridiaan, altijd juist 86164 secunden bedraagt, nooit ééne secunde meer of minder. Die 86164 secunden maken niet juist 24 uren uit, maar 23 uren 56 minuten 4 secunden. *Dit is dus de juiste en standvastige duur van de wenteling der aarde om hare as.*

Het verschil tusschen den duur dier aswenteling en den zonnedag kan gemakkelijk verklaard worden, indien men zich slechts reenschap geeft van de wijze, waarop de aarde zich om hare as en om

de zon beweegt. Beschouwen wij daartoe de aardglobe op een willekeurig oogenblik. Zij beweegt zich om de zon (fig. 7) van de linker- naar de rechterhand, over eene baan, die zij in een jaar doorloopt, en bovendien draait zij om hare as in den zin, door de pijltjes aangeduid. Des middags is het punt A (in de linksche figuur) juist vóór de zon. Als de aarde echter eene geheele omwenteling volbracht

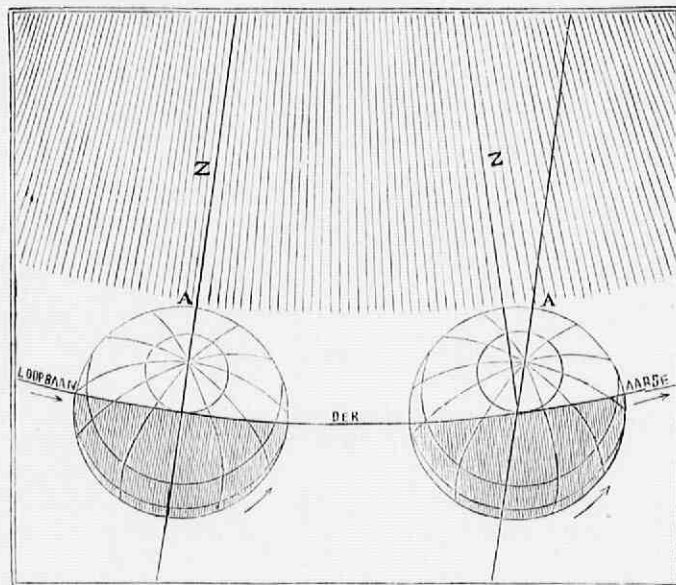


Fig. 7. — Verschil tusschen zonnedag en sterredag.

heeft, zal zij in den stand der rechtsche figuur gekomen zijn, en de meridiaan A zal weer denzelfden stand innemen als den vorigen dag. Doch door de verplaatsing der aarde van links naar rechts zal het ons voorkomen, alsof de zon zich naar links verplaatst heeft, en wel zooveel, dat de aarde nog 3 minuten en 56 seconden om hare as moet wentelen, opdat het weder middag zij. Daardoor is dus de zonnedag of burgerlijke dag langer dan de duur van de aswenteling der aarde, ook wel *sterredag* genoemd. Het jaar bevat $365\frac{1}{4}$ zonnedagen, doch de aarde wentelt in één jaar $366\frac{1}{4}$ malen om hare as.

Hierbij moet echter nog opgemerkt worden, dat de snelheid der aarde om de zon niet steeds dezelfde is; des winters gaat zij sneller, des zomers langzamer; het gevolg hiervan is, dat het bedrag, dat de aarde nog moet verder wentelen, om den zonnedag te voltooien, het eene jaargetijde bij het andere verschilt. Daar het echter moeilijk zoude zijn, aan de uurwerken die veranderingen mede te deelen, te

meer, waar het handhaven van den regelmatigigen gang van een uurwerk op zichzelf reeds zoovele bezwaren oplevert, heeft men den burgerlijken tijd geregeld naar eene denkbeeldige middelbare zon, die ondersteld wordt, dagelijks des middags den meridiaan te passeeren. *Een goed geregeld uurwerk moet dus niet met eenen zonnwijzer gelijk loopen*; slechts vier malen in het jaar komen zij overeen. Vele lezers zullen er misschien belang in stellen, het verschil in tijd tusschen een goed uurwerk en eenen zonnwijzer te kennen. Onderstaande tabel geeft aan:

Het verschil tusschen burgerlijken en zonnetijd. Stand van het uurwerk te 12 uren zonnetijd. (Tijdsvereffening).

1 Januari	12 ^u 4 ^m	15 Juli	12 ^u 5 ^m
15 „	10 ^m	26 „	„ 6 ^m
1 Februari	14 ^m	15 Augustus	„ 4 ^m
11 „	14 ^{1/2} ^m	31 „	12 ^u 0 ^m
1 Maart	12 ^m	15 September	11 ^u 55 ^m
15 „	9 ^m	1 October	„ 49 ^m
1 April	4 ^m	15 „	„ 46 ^m
15 „	12 ^u 0 ^m	3 November	„ 43 ^m
1 Mei	11 ^u 57 ^m	16 „	„ 44 ^m
15 „	„ 55 ^m	1 December	„ 49 ^m
1 Juni	„ 57 ^m	15 „	„ 50 ^m
15 „	12 ^u 0 ^m	25 „	12 ^u 0 ^m
1 Juli	„ 3 ^m		

Wij zien dus, dat op 15 April, 15 Juni, 31 Augustus en 25 December, de burgerlijke of *middelbare* tijd dezelfde is als de zonnetijd,

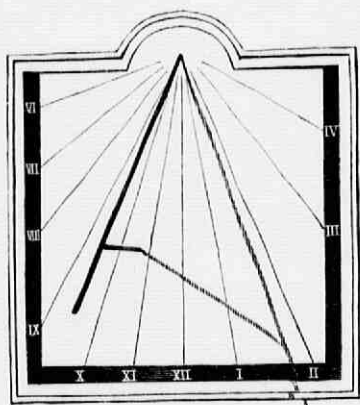


Fig. 8. — Zonnwijzer op eenen vertikalen muur.

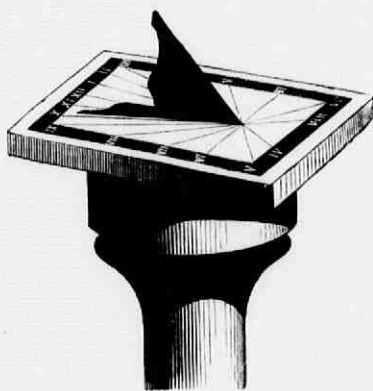


Fig. 9. — Zonnwijzer op een horizontaal vlak.

terwijl op 11 Februari de tweede bij den eersten $14\frac{1}{2}$ minuut achter is en op 3 November 16 minuten vóór.

Iedereen kent de zonnwijzers, waarop de schaduw van eenen even-

wijdig aan de as der aarde geplaatsten stok het uur naar zonnetijd aanwijst. Gewoonlijk laat men de schaduw van den stok op eenen vertikalen muur vallen, waarop men lijnen trekt, waarmede de schaduw van dien stok op ieder uur moet samenvallen. Men kan echter ook eenen zonnewijzer construeeren op een willekeurig plat vlak, ja zelfs op een gebogen oppervlak van iederen vorm, in iederen stand. De eenige voorwaarde, waaraan een oppervlak moet voldoen, om er eenen zonnewijzer op te kunnen construeeren, is, dat het gedurende een gedeelte van den dag door de zon verlicht wordt.

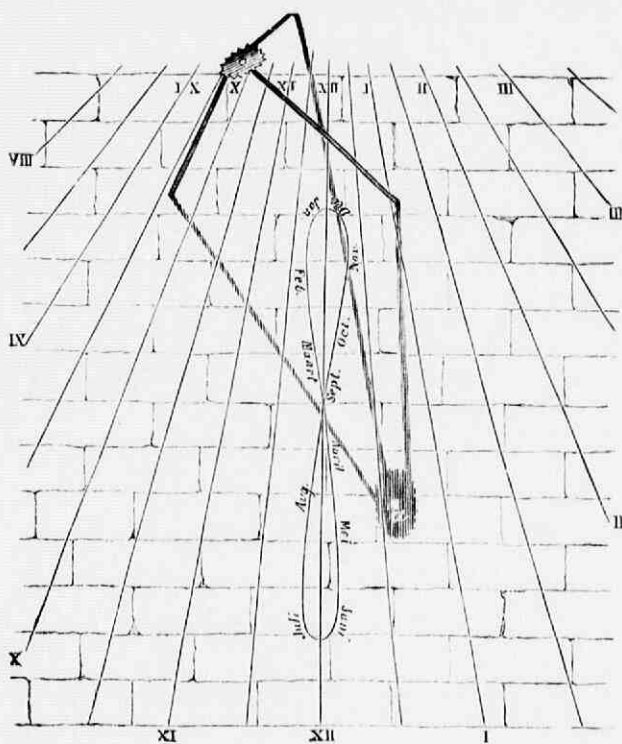


Fig. 10. — Zonnewijzer met middelbaren meridiaan.

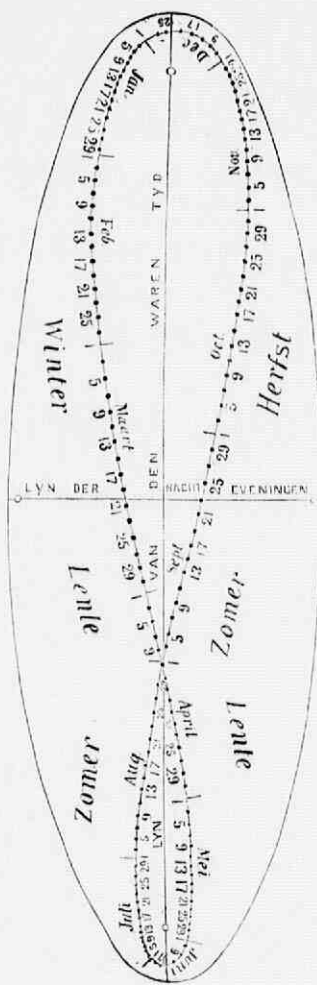


Fig. 11. — Bijzonderheden van den middelbaren meridiaan.

Het is duidelijk, dat de zonnewijzers het uur naar zonnetijd aangeven. Als men door middel van eenen zonnewijzer een uurwerk gelijk wil zetten, dat middelbaren tijd aanwijst, dan moet men gebruik maken van de tabel der tijdsvereffening (zie vorige bladzijde).

Men kan echter de zonnewijzers ook zoodanig inrichten, dat zij dadelijk middelbaren tijd aangeven. Gewoonlijk trekt men daartoe op

den zonnewijzer eene kromme lijn, die dient, om op iederen dag het oogenblik van den middelbaren middag aan te wijzen. Die kromme lijn, die men *meridiaan van den middelbaren tijd* noemt, heeft de gedaante van eene uitgerekte 8, zooals blijkt uit fig. 10 en nog beter uit fig. 11.

Dagelijks moet zich, op het oogenblik van den middelbaren middag, het verlichte deel *a* op de kromme lijn bevinden, zoodat men, door het oogenblik waar te nemen, waarop dat verlichte kringetje op die lijn valt, even gemakkelijk den middelbaren middag vindt, als men zonder die lijn den waren middag zou vinden.

Vroeger had men geene andere werktuigen om den tijd te meten, dan zonnewijzers en wateruurwerken. Het water, dat regelmatig uit een reservoir stroomde, kwam in eenen bak, waarin het van uur tot uur rees. Een drijver, op de vloeistof geplaatst, droeg een beeldje, dat opgetild werd naar mate de drijver rees, en dat diende om het uur van den dag aan te wijzen (fig. 12). De oude astronomen uit China, Indië, Chaldea en Griekenland bepaalden zoo het uur van den nacht, de doorgangen der sterren door den meridiaan en den duur van zons- en maansverduisteringen.

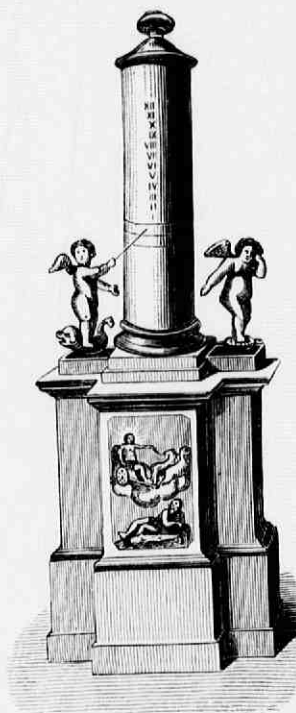


Fig. 12. — Wateruurwerk.

De dagelijksche beweging van de aarde om hare as is geheel onafhankelijk van hare jaarlijksche beweging om de zon en heeft daarmede geene gemeene maat. Het jaar bevat geen geheel aantal dagen. De jaarlijksche beweging der aarde om de zon heeft niet plaats in 365 dagen, evenmin in 366, maar in ongeveer $365\frac{1}{4}$ dag. Daaruit volgt, dat men om de vier jaren een jaar van 366 dagen moet maken, terwijl de drie overige jaren 365 dagen bevatten. Doch ook dan maakt men nog eene kleine fout, daar het jaar iets korter is dan $365\frac{1}{4}$ dag. Indien men dus eeuwen lang om de vier jaren eenen schrikkel-dag hield, dan zoude men te langzaam vooruitgaan en na verloop van eenige eeuwen merkbaar ten achteren zijn. Dit is ook inderdaad het geval geweest; daarom werd in het jaar 1582 de kalender door Paus Gregorius XIII

hervormd. Sedert den tijd toch, dat Julius Caesar in de laatste eeuw vóór Christus den Juliaanschen kalender had ingevoerd, waarbij het jaar werd vastgesteld op 365½ dag, in plaats van op 365 dagen, zooals vroeger het geval was geweest, was er eene fout van 10 dagen opgehoopt. De astronomen der zestiende eeuw verbeterden de fout hunner voorgangers, en in alle katholieke landen volgde op den 4^{den} October de 15^{de}, terwijl men tevens bepaalde, dat men, om in het vervolg eene dergelijke fout te vermijden, in de vier eeuwen drie schrikkeljaren minder zoude tellen. Vandaar, dat de jaren 1700, 1800 en 1900 volgens den Juliaanschen kalender schrikkeljaren zijn, volgens den Gregoriaanschen niet. Het jaar 2000 is volgens beide kalenders een schrikkeljaar. Er zijn nog enkele landen, zooals Rusland, waar men om godsdienstige en politieke redenen den ouden kalender volgt, en waar men liever in strijd is met de natuur, dan in overeenstemming met den Paus; daar bij de Russen de jaren 1700 en 1800 schrikkeljaren waren, zijn deze nu reeds twaalf dagen ten achteren. Als zij vóór het einde der eeuw den Gregoriaanschen kalender niet invoeren, zullen zij in het jaar 1900 dertien dagen ten achteren zijn. De werkelijke duur van het jaar is 365 dagen, 5 uren, 48 minuten en 47 seconden of 365,242 dagen.

Spraken wij tot nu toe over den duur van het jaar, dan bedoelden wij daarmede het *tropische jaar*, dat wil zeggen, den tijd waarin de verschillende jaargetijden elkander afwisselen: b.v. van het begin der lente tot aan het begin der volgende lente. Doch die tijd is niet volkomen de tijd, dien de aarde noodig heeft, om ééne omwenteling om de zon te volbrengen. Door de praecessie der nachteveningspunten, waarover wij reeds in het vorige hoofdstuk spraken en waarop wij later nog zullen terugkomen, zal de aarde, nadat zij in het lentepunt is teruggekeerd, nog twintig minuten moeten voortgaan, eer zij eene geheele omwenteling om de zon volbracht heeft. De werkelijke omloopstijd der aarde, of het *sterrejaar* bedraagt 365 dagen, 6 uren, 9 minuten en 11 seconden of 365,256 dagen.

Daar de aarde zich om de zon beweegt in eene gesloten kromme lijn en eene gesloten lijn geen begin en geen einde heeft, zoo heeft de natuur ons geene aanwijzing gegeven, wanneer het jaar beginnen of eindigen moet. Inderdaad vloeien dan ook de verschillende jaren in één en hebben zij uit een astronomisch oogpunt geen begin of einde.

Ten tijde van Karel den Grooten, begon men overal, waar deze zijnen scepter zwaaide, het nieuwe jaar met Kerstmis. Die dag was dus

een dubbele feestdag, als de geboortedag van Christus en als nieuwjaarsdag; sporen van deze oude gewoonte zijn nog in Duitschland en Engeland overgebleven, waar kerstdag met veel meer luister gevierd wordt dan nieuwjaarsdag. Logischer en tevens aangenamer zoude het geweest zijn, om het oude jaar te doen aftreden bij het eindigen van den winter, en het nieuwe jaar te beginnen op den dag, waarop de zon in het lentepunt komt en de natuur zich verjongt, dat is op 21 Maart, of zooals voor twee duizend jaren op 1 Maart. Nu heeft men juist het onaangenaamste jaargetijde uitgekozen, en te midden van regen, sneeuw of ijs, terwijl de natuur in haren diepen winterslaap gewikkeld is, viert men het feest, dat het symbool moest wezen van gestadige ontwikkeling en van vooruitgang! In Holland en Zeeland werd de Gregoriaansche kalender ingevoerd in het jaar 1583; in Groningen in 1584; in de overige provinciën in 1700. In Engeland geschiedde dit in 1752; het verwekte daar nog heel wat opschudding; ten eerste toch waren de dames ten hoogste verontwaardigd, dat zij plotseling 11 dagen ouder geworden waren, doch bovendien kostte het vrij wat moeite, de werklieden aan hun verstand te brengen, dat, hoewel het jaar 1751 eindigde op 31 December en niet op 25 Maart, zij toch niet in dat jaar één kwartaal van hun loon te kort kwamen. Lord Chesterfield werd in de straten van Londen met de kreten achtervolgd: «geef ons onze drie maanden terug!» De almanakken van dien tijd verklaarden echter, dat de natuur zich in den nieuwen toestand gemakkelijk schikte, en dat de katten, die anders op 24 Maart bij het slaan van twaalf uren op hunne neuzen vielen, dit nu op 31 December gedaan hadden. Reeds vroeger hadden de Napolitanen beweerd, dat de Heiligen zoozeer met de hervorming van den kalender ingenomen waren, dat het bloed van den heiligen Januarius, dat anders begon te vloeien op den 19^{den} September, in het jaar 1583 reeds 10 dagen eerder gevloeid had. Eene even vreemde opvatting hadden de oude Romeinen, die den schrikkeldag, door hen ingelascht tusschen 23 en 24 Februari, in plaats van «zevendén dag», «tweemaal zesden dag» noemden (1). Daardoor bleef Februari 28 dagen tellen, en werd heiligschennis vermeden. De ingeschoven dag was op die wijze tusschen twee dagen verstopt, de Goden merkten er niets van! Niet alleen is het beginnen van het jaar met 1 Januari onlogisch en onaangenaam, maar ook is de beteekenis van de namen der

(1) De 24^{ste} Februari heette bij hen de zesde dag vóór 1 Maart.

maanden daardoor veranderd. Het Romeinsche jaar begon den eersten Maart, en de twaalf maanden waren aldus gerangschikt:

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1. MARS, god Mars. | 7. SEPTEMBER, de zevende. |
| 2. APRILIS, godin Aphrodite (Venus). | 8. OCTOBER, de achtste. |
| 3. MAYA, „ Maia. | 9. NOVEMBER, de negende. |
| 4. JUNIUS, „ Juno. | 10. DECEMBER, de tiende. |
| 5. QUINTILIS, de vijfde. | 11. JANUARIUS, de god Janus. |
| 6. SEXTILIS, de zesde. | 12. FEBRUARIUS, de god der dooden. |

De eerste maand was gewijd aan den god des oorlogs, den schutspatroon der Romeinen, de laatste aan de herinnering der dooden. Quintilis en Sextilis zijn later in Julius en Augustus veranderd, om daardoor de nagedachtenis van Julius Caesar en Augustus te eeren. Tiberius, Nero en Commodus hebben getracht, de volgende maanden aan hen te doen wijden; maar gelukkig voor de eer van het menschdom is die poging mislukt.

Tegenwoordig is de maand, die wij nog altijd de zevende noemen, de negende van het jaar, de achtste is de tiende, de negende de elfde, de tiende de twaalfde geworden. En welk voordeel staat daar tegenover? Dat men het begin van het jaar, van Maart, den tijd van het herleven der natuur, heeft verplaatst naar Januari, den tijd waarin de natuur sluimert en een somber waas de aarde bedekt.

Men zegt, dat er dames zijn, die de jaren het liefst in het geheel niet zouden willen tellen. Zeker is het, dat ten tijde van Lodewijk XIV twee hofdames jaarlijks in het einde van December bij elkander kwamen, om af te spreken, hoe oud zij in het volgende jaar moesten zijn.

Men is nu eenmaal gewoon, met 1 Januari het jaar te beginnen, en elkander met een opgewekt gemoed met dien dag geluk te wenschen. Als echter een bewoner van eene der andere planeten op nieuwjaarsdag onze aarde bezocht, zou hij dan ooit gelooven, dat men hier het leven als een genot en den dood als een schrik beeld beschouwt? Al las hij ook bij eenen onzer dichters:

„Werwaarts zijt gij heengevaren,
Schielijk weggevloten jaren!
Werwaarts hebt ge nu loop gericht?
Nauwlijks waart gij nog verschenen,
Of ge waart ook reeds verdwenen
Flikrend als een bliksemschicht.”

toch zou hij, indien hij opmerkte, met welk eene opgewondenheid men elkaar gelukwenscht, omdat weder een der jaren, die men gedomd is te leven, is voorbij gesneld, de gevolgtrekking moeten maken, dat iedereen er naar verlangt, dat zijn taak op aarde volbracht moge zijn, en hij zich van zijnen last zal mogen ontdoen. Bij al de gebreken en ondeugden, door strenge zedenmeesters reeds aan de kaak gesteld, zou hij dan zeker ook de *inconsequentie* voegen. Doch vergeten wij niet, dat gewoonte een tweede natuur is. Zou anders eene jonge, bloeiende maagd zich niet vernederd achten, als zij ziet, dat zij zich tegenwoordig alleen door haar geld een echtgenoot kan verwerven? Welke gewaarwordingen zouden haar anders moeten bezielen, als zij de wederzijdsche familieleden hoort redeneeren over de erfenissen, die het jonge paar later nog te verwachten heeft, als deze of gene bloedverwant hen niet al te lang teleurstelt! Dergelijke gewoonten zullen dan toch op de planeet *Venus* wel niet bestaan!

DERDE HOOFDSTUK.

Vervolg van de beweging der aarde om de zon. Helling der as. Jaargetijden. Verschil in klimaat.

Wij hebben in het vorige hoofdstuk de dagelijksche beweging der aarde besproken, en reeds met een enkel woord over de beweging der aarde om de zon gehandeld. Wij zullen thans die beweging nader onderzoeken, omdat deze de basis onzer verdere besprekingen moet uitmaken.

De planeet, die het schouwtooneel is van onze daden, schrijdt in de wereldruimte voort op haren weg om de koesterende zon. De dag volgt op den nacht, de lente op den herfst; het kind aanschouwt het levenslicht, de grijsaard daalt neder in het koele graf; de bladeren vallen van de boomen, de bloemen ontluiken; menschengeslachten volgen op elkander; menschenrassen verdwijnen van de aarde, om plaats te maken voor andere; eeuwen gaan voorbij, maar de aarde blijft voortgaan op hare baan.

Van de beweging der aarde om de zon hangen klimaat en jaargetijden af. In de tropische gewesten schiet eene brandende zon hare stralen loodrecht op ons af, en nooit zich de aarde, zich koesterend in de zomerhitte, met eenen weelderigen plantengroei; in de poolstreken daarentegen verspreidt de zon met hare schuinsche stralen slechts weinig warmte en een flauw licht, en in die onherbergzame oorden is het daglicht dikwijls slechts eene langdurige schemering, nu en dan verhelderd door de stralen van het noorderlicht.

De baan, door de aarde op haren tocht om de zon doorloopen, is geen cirkel, maar, zooals wij vroeger reeds opmerkten, eene ellips. Iedereen weet, hoe men eene ellips trekt. Het eenvoudigste middel is het volgende, dat door de tuinlieden wordt toegepast. Men steekt in den grond twee stokken, waaraan de uiteinden van een touwtje bevestigd zijn, dat langer moet wezen dan de afstand der stokken. Vervolgens spant men het touwtje door middel van eene scherpe punt en trekt de ellips, door eenvoudig de kromme lijn te volgen, die door de beweging ontstaat. Hoe dichter de stokken bij

elkander geplaatst zijn, des te meer nadert de ellips tot eenen cirkel; hoe verder zij van elkander verwijderd zijn, des te meer is de ellips



Fig. 13. — Landschap der Tropen.

uitgerekt. Het blijkt nu, dat alle hemellichamen bij hunne beweging ellipsen, en geene cirkels beschrijven. De punten, door de beide

stokken aangewezen, heeten de brandpunten der ellips (FF' in fig. 15). Het middelpunt ligt in O ; de middellijn AA' heet de groote as, en



Fig. 14. — Landschap der Poolstreken.

de middellijn BB' de korte as. Indien wij de baan der aarde om de zon beschouwen, dan zien wij, dat de zon een der brandpunten van

de ellips inneemt, die de aarde bij haren loop beschrijft en dat het tweede brandpunt leeg blijft. Hieruit volgt, dat de afstand van de aarde tot de zon op ieder oogenblik van het jaar een andere is. Op den 1^{sten} Januari is de aarde zoo dicht mogelijk bij de zon, op den 1^{sten} Juli is zij het verst van de zon verwijderd. Het eerste punt heet het *perihelium*, het tweede punt het *aphelium*. De verschillende afstanden zijn :

Zonsafstand van het perihelium	145 700 000 Kilometers.
Gemiddelde zonsafstand	148 250 000 „
Zonsafstand van het aphelium	151 800 000 „

Men ziet dus, dat de aarde op den 1^{sten} Januari 6 100 000 kilometers dichter bij de zon staat dan op den 1^{sten} Juli. Het verschil in tem-

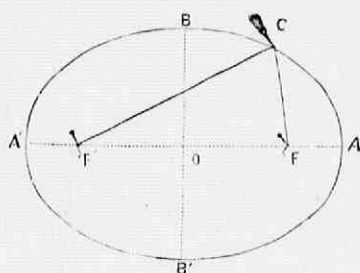


Fig. 15. — De ellips.

peratuur van den zomer en den winter wordt, zooals wij zoo aanstonds zullen zien, veroorzaakt door de helling van de as der aarde. Des winters vallen de zonnestrallen zeer schuin op onzen dampkring en verwarmen dien bijna niet, terwijl bovendien de dagen kort en de nachten lang zijn; des zomers daarentegen vallen de zonnestrallen meer lood-

recht op den dampkring, en zijn de dagen lang, de nachten kort. Maar terwijl het noordelijk halfrond zomer heeft, is het op het zuidelijk halfrond winter, en omgekeerd. Daar het verschil in afstand van de aarde tot de zon in Januari en in Juli tamelijk aanzienlijk is, zijn de zomers in het zuidelijk halfrond warmer, de winters kouder dan bij ons. In plaats van te spreken van het zomer- en wintersolstitium, en van het lente- en herfstnachteveningspunt, zoude het beter zijn te zeggen: December- en Junisolstitium, Maart- en Septembernachteveningspunt; die namen gelden toch voor de geheele aarde, zoowel voor Australië, Zuid-Amerika en Zuid-Afrika als voor Europa.

Onze lezers zullen zich, bij het bestudeeren van fig. 16, gemakkelijk rekenschap kunnen geven van de beweging der aarde om de zon. Men ziet reeds dadelijk, dat de as der aarde zich evenwijdig aan zich zelf verplaatst en dus steeds dezelfde richting behoudt, en dat, daar zij niet loodrecht op de aardbaan staat, maar daarmede eenen hoek van 67 graden maakt, iedere pool zes maanden door de zon verlicht wordt, en de zes overige maanden in de schaduw blijft. In de beide nachteveningspunten gaat de verlichte helft juist door de polen heen, zoodat dan op de geheele aarde dag en nacht even lang

zijn. Maar naarmate de zomer nadert, worden op het noordelijk halfrond de dagen al langer en langer, de nachten al korter en korter.

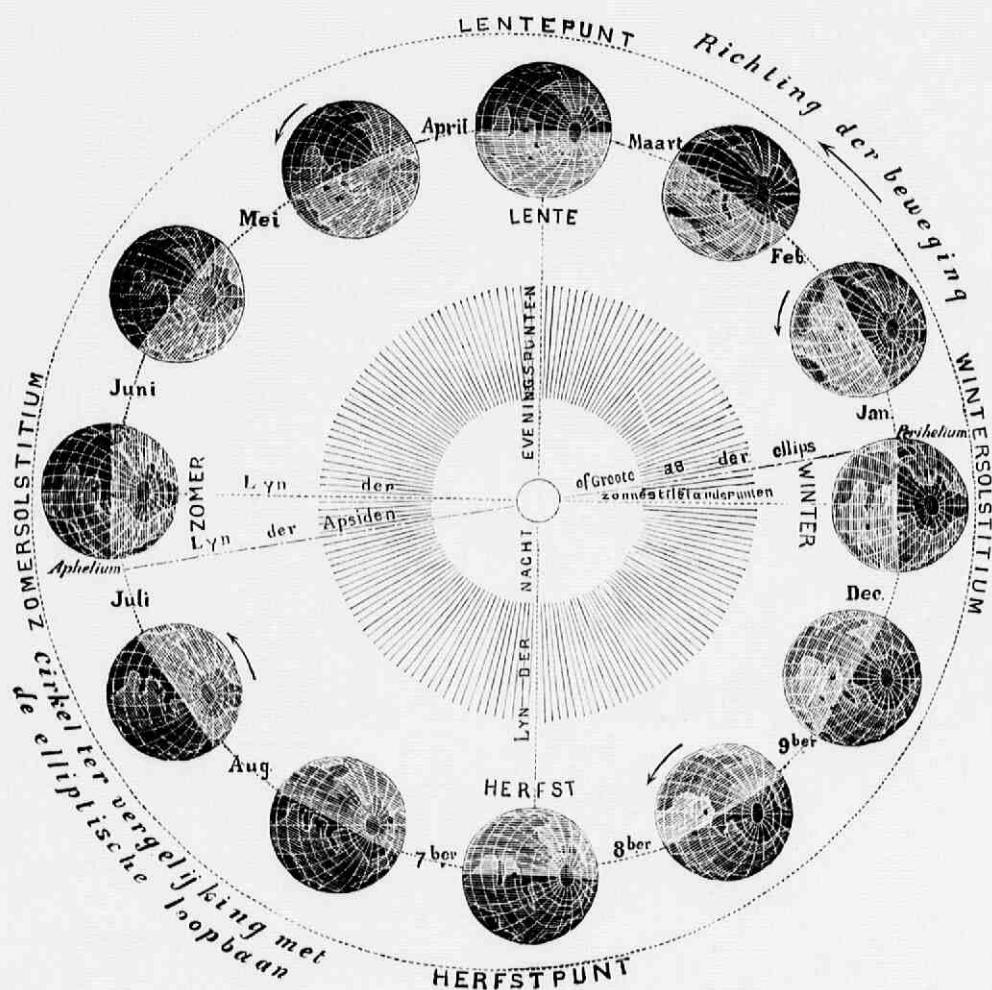


Fig. 16. — Jaarlijksche beweging der aarde om de zon, afwisseling der jaargetijden.

Beschouwt men daarentegen den stand der aarde gedurende den winter, dan blijkt het, dat juist het tegenovergestelde plaats vindt. Men ziet bij voorbeeld, dat te Amsterdam (op de derde parallel aangewezen) in December de nacht tweemaal zo lang is als de dag. Hoe meer men de polen nadert, des te grooter wordt het verschil tussen dag en nacht. Aan de polen zelf duren dag en nacht ieder zes maanden.

Daar de vorige figuur alleen ten doel had, de dagelijksche beweging

van de aarde om de zon duidelijk te maken, is de aarde in verhouding tot de zon veel te groot geteekend. Hadden wij de juiste verhoudingen in acht genomen, dan zoude, zoo wij de aarde de hier gegeven grootte hadden doen behouden, de zon eene middellijn moeten hebben van 1,84 meters en op 200 meters van de aarde moeten geplaatst zijn!

De helling van de as der aarde ten opzichte van het vlak harer loopbaan veroorzaakt dus een groot verschil in den duur van dag en nacht, welk verschil afhangt van de plaats, waar men zich bevindt. Op den evenaar duren dag en nacht het geheele jaar door 12 uren. Als men op de parallel van 66 graden 33 minuten is geplaatst (1), gaat de zon op 21 Juni niet onder, maar raakt zij 's nachts te 12 uren den horizon; daarentegen komt daar de zon op 21 December niet op. Van die parallel af tot aan de noordpool gaat de zon een gedeelte van het jaar niet onder, en komt zij een gedeelte van het jaar niet op. Die tijd wordt langer, naarmate men de pool zelf nadert, waar dag en nacht ieder zes maanden duren. Hieronder volgt eene opgave van de lengte der dagen op verschillende breedten, in twee tabellen. De eerste bevat plaatsen, gelegen tusschen evenaar en poolcirkel; de tweede, tusschen poolcirkel en pool.

I.

Breedte	Langste dag		Kortste dag		Breedte	Langste dag		Kortste dag	
	n.	m.	n.	m.		n.	m.	n.	m.
0 ^o	12	0	12	0	40 ^o	14	51	9	9
5 ^o	12	17	11	43	45 ^o	15	26	8	34
10 ^o	12	35	11	25	50 ^o	16	9	7	51
15 ^o	12	53	11	7	55 ^o	17	7	6	53
20 ^o	13	13	10	47	60 ^o	18	30	5	30
25 ^o	13	34	10	26	65 ^o	21	9	2	51
30 ^o	13	56	10	4	66 ^o 33'	24	0	0	0
35 ^o	14	22	9	38					

II.

Breedte	De zon gaat niet onder gedurende ongeveer	De zon komt niet op gedurende ongeveer
66 ^o 33'	1 dag	1 dag
70 ^o	65 dagen	60 dagen
75 ^o	103 "	97 "
80 ^o	134 "	127 "
85 ^o	161 "	153 "
90 ^o	186 "	179 "

(1) De helling van de aardas mer het vlak der aardbaan bedraagt 66^o 33'.

Nederland is gelegen tusschen de parallellen van $51^{\circ} 30'$ en $53^{\circ} 30'$ noorderbreedte; Amsterdam ligt op $52^{\circ} 22'$ noorderbreedte. De langste dag duurt daar $16^{\text{u}} 36^{\text{m}}$, de kortste dag $7^{\text{u}} 24^{\text{m}}$. Men moet hierbij echter nog de atmosferische straalbreking in rekening brengen, waarover wij later zullen spreken, doch waarvan wij nu reeds kunnen mededeelen, dat zij ons de sterren hooger doet zien, dan zij werkelijk staan. Door die straalbreking wordt de langste dag te Amsterdam $16^{\text{u}} 45^{\text{m}}$, de kortste dag $7^{\text{u}} 33^{\text{m}}$. De dag schijnt ons echter nog langer toe door de ochtend- en avondschemering. De dampkring ontvangt immers nog licht van de zon, zoolang deze nog geen 18 graden onder den horizon is gedaald. Het gevolg hiervan is, dat het op den 21^{sten} Juni te Amsterdam des nachts te twaalf uren niet volkomen duister is, daar de zon dan slechts $14^{\circ} 11'$ onder den horizon gedaald is.

Naarmate men de polen nadert, zal dit verschijnsel zich duidelijker openbaren. Te Petersburg kan men den 21^{sten} Juni zelfs des middernachts goed zonder kunstlicht lezen.

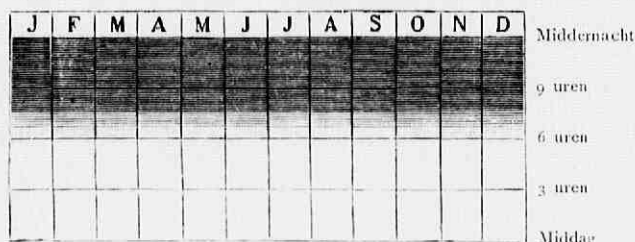
De straalbreking heeft ook nog dit gevolg, dat men niet naar den poolcirkel behoeft te gaan, om de zon des nachts te twaalf uren aan den horizon te zien. Reeds op 66° noorderbreedte, in Zweden en in Finland, kan men de *middernachtzon* zien.

De vier in fig. 17 gegeven teekeningen doen ons zien, hoe de dagen en nachten gedurende het geheele jaar op vier verschillende parallellen verdeeld zijn. Wij behoeven hier wel niet bij te voegen, dat de zwarte schaduw de nacht, de bijschaduw de schemering, het wit den dag voorstelt. De namen der maanden worden door hare initialen uitgedrukt. Men ziet reeds dadelijk, dat aan den evenaar de dagen en nachten steeds even lang zijn, en dat aan de polen zes maanden nacht op zes maanden dag volgen.

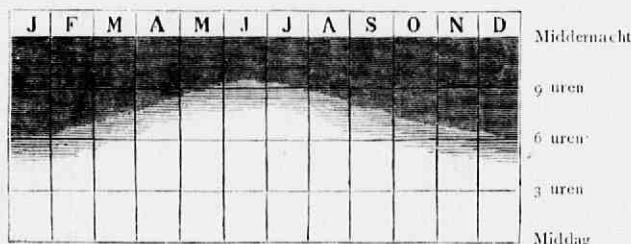
Naarmate men de polen nadert, wordt de duur der schemering grooter, zoodat de lange poolnacht minder lang is dan zij het zonder de atmosferische straalbreking wezen zoude.

Op hoogere breedten dan 67° komt de zon niet op, als zij bij het wintersolstitium gekomen is. Twee dagen, drie dagen, eene geheele week gaat voorbij, zonder dat zij des middags boven den horizon verschijnt; een flauwe schijn alleen toont aan, dat zij niet ver van den horizon is verwijderd. Nog dichter bij de pool, blijft zij één, twee maanden weg, en de wereld is gehuld in eenen duisteren en ijskouden nacht en wordt alleen verlicht door de maan of door de afwisselende stralen van het noorderlicht! Op den pooltocht, door

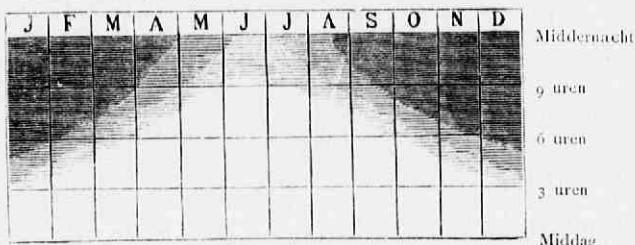
de Engelsche poolreizigers Nares en Stephenson ondernomen (29 Mei 1875—2 November 1877), waarbij zij verder zijn doorgedrongen dan



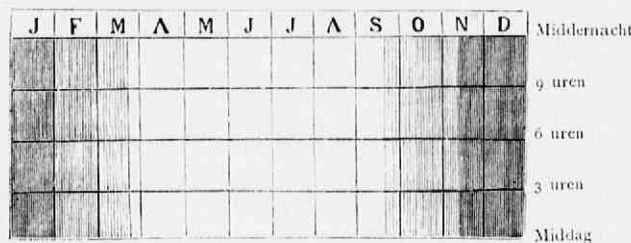
Aan den evenaar.



Te Madrid, Napels, Philadelphia, Breedte 40°.



Te Petersburg, Stokholm, Breedte 60°.



Aan de Noordpool.

Fig. 17 — Lengte van dag en nacht voor iedere maand.

reeds onder uw wit lijkkleed begraven! Hoevele slachtoffers hebt gij reeds zien vallen, slachtoffers, niet in den bloedigen krijg van

een hunner voorgangers (tot 82° 24' noorderbreedte) had men 142 dagen achtereen nacht! Van 6 November tot 5 Februari heerschte ervolslagen duisternis. Reeds den 8sten November was de duisternis zoo volkomen, dat men zelfs op den middag niet meer lezen kon. Maar weldra verscheen de maan met haar van de zon teruggekaatst licht en bleef gedurende 10 dagen boven den horizon. De thermometer daalde tot 58 graden (Celsius) onder nul! (1) Gelukkig, dat er gewoonlijk bij die lage temperaturen windstilte is, anders zoude geen sterfeling het kunnen uithouden (2). O, ijskoude poolstreken, hoevele helden liggen

(1) De leden der Nederlandsche poolexpeditie, die den winter van 1882—1883 in de Karazee hebben doorgebracht, hebben dezelfde ondervinding opgedaan. Temperaturen van vijftig graden onder nul zonder wind waren zeer dragelijk. Veel hogere temperaturen met wind daarentegen waren moeilijker te verduren.

(2) Nansen, die tot 86° doordrong, heeft eenen nog langeren winternacht medegemaakt.

menschen tegen elkander, doch in den strijd van den geest tegen de stof, in den strijd van het menschelijk vernuft tegen de natuur!

De helling van de as der aarde ten opzichte van het vlak der aardbaan leidt tot eene verdeling van den aardbol in vijf gordels: 1^o. de heete luchtstreken, of keerkringsgewesten, zich uitstrekkende aan weerszijden van den evenaar tot $23^{\circ} 27'$ breedte. Deze gordels bevatten alle plaatsen, waar de zon op enkele tijdstippen van het jaar in het zenith staat; 2^o. de gematigde luchtstreken, waar de zon nooit in het zenith komt, en dagelijks ondergaat; 3^o. de koude luchtstreken, of poolgewesten, zich uitstrekkende van de polen tot de parallel van $66^{\circ} 33'$, waar de zon in den tijd der solstitiën gedurende eenigen tijd boven of onder den horizon blijft. Zooals de naam reeds aanwijst, zijn de eerste warm, omdat zij de zonnestralen bijna loodrecht ontvangen; de tweede zijn gematigd, omdat de zonnestralen daar schuiner vallen; de laatste zijn koud, omdat daar de zonnestralen nauwelijks de oppervlakte bereiken.

De uitgestrektheid dier gordels is lang niet gelijk; de keerkringsgewesten nemen 40 honderdsten van den geheelen aardbol in, de beide gematigde luchtstreken 52 honderdsten, de beide koude luchtstreken 8 honderdsten. De beide gematigde luchtstreken, die het best bewoonbaar zijn en het meest geschikt voor de ontwikkeling der beschaving, strekken zich dus over meer dan de helft van de aarde uit; de koude luchtstreken, die zoo goed als onbewoonbaar zijn, maken slechts een klein gedeelte van hare oppervlakte uit.

Keeren wij thans terug tot de beweging van de aarde om de zon.

Daar de aantrekking van de zon met den afstand vermindert, en de beweging der aarde door die aantrekking beheerscht wordt, zoo zal de snelheid der aarde in het aphelium (in Juli) geringer zijn dan die in het perihelium (in Januari). De geheele lengte van den weg, door de aarde in een jaar doorloopen, bedraagt 930 millioen kilometers,



Fig. 18. — Verdeeling der aarde in vijf gordels.

afgelegd in 365½ dag, zoodat de gemiddelde snelheid bedraagt 106 000 kilometers in het uur, 1767 kilometers in de minuut of 29 450 meters in de secunde. Die snelheid is den 1^{sten} Juli 28 900 meters en den 1^{sten} Januari 30 000 meters. In den tijd van eenen dag, den tijd, waarin de aarde ééne omwenteling om hare as volbrengt, verplaatst zij zich aan den hemel over eenen afstand van 200 malen hare middellijn. Die snelheid is 75 maal grooter dan die van eenen kanonskogel, en is zoo verbazend groot, dat, indien de aarde plotseling in hare beweging gestuit werd, die beweging zich in den vorm van warmte aan alle moleculen der aarde zoude mededeelen, en deze plotseling zoo gloeiend zoude worden, dat zij totaal zoude verbranden. Doch de aarde *kan* evenmin als de zon in hare beweging gestuit worden; eene zoodanige gebeurtenis zoude niet alleen het grootste, maar ook het laatst historische feit zijn, daar er niemand overbleef, om het mede te deelen.

Men heeft in fig. 16 kunnen zien, dat de baan door de aarde doorloopen van de lente tot den herfst, iets langer is dan die welke van den herfst tot de lente wordt afgelegd. De lente en de zomer duren iets langer dan de herfst en de winter, ook daarom omdat de aarde zich des zomers langzamer voortbeweegt dan des winters. Wij laten hier den duur der jaargetijden volgen:

Lente	92,9 dagen.
Zomer	93,6 „
Herfst	89,7 „
Winter	89,0 „
Het geheele jaar	365,2 dagen.

De astronomische jaargetijden beginnen met de nachteveningen en de solstitiën, dus ongeveer op 21 Maart, 21 Juni, 22 September en 21 December. Uit een wiskunstig oogpunt moest op die datums liever het midden der jaargetijden vallen, immers na 21 Juni beginnen de dagen te korten en na 21 December beginnen zij weder te lengen. Het zou dus logischer zijn, *zomer* te noemen den tijd gelegen tusschen zes weken vóór en zes weken na den langsten dag. Uit een meteorologisch oogpunt zoude echter de zomer moeten beginnen met 1 Juni, de winter met 1 December, daar na 21 Juni de temperatuur nog blijft klimmen, omdat de aarde nog steeds meer warmte van de zon ontvangt dan zij uitstraalt, en na 21 December de temperatuur nog blijft dalen, omdat de aarde dan nog steeds meer warmte uitstraalt dan zij van de zon ontvangt. Daar de temperatuur half Juli het hoogst

is en half Januari het laagst, zoude uit een meteorologisch oogpunt de zomer zich moeten uitstrekken van zes weken vóór half Juli tot zes weken daarna.

De as der aarde, verlengd tot aan het hemelgewelf, wijst de pool

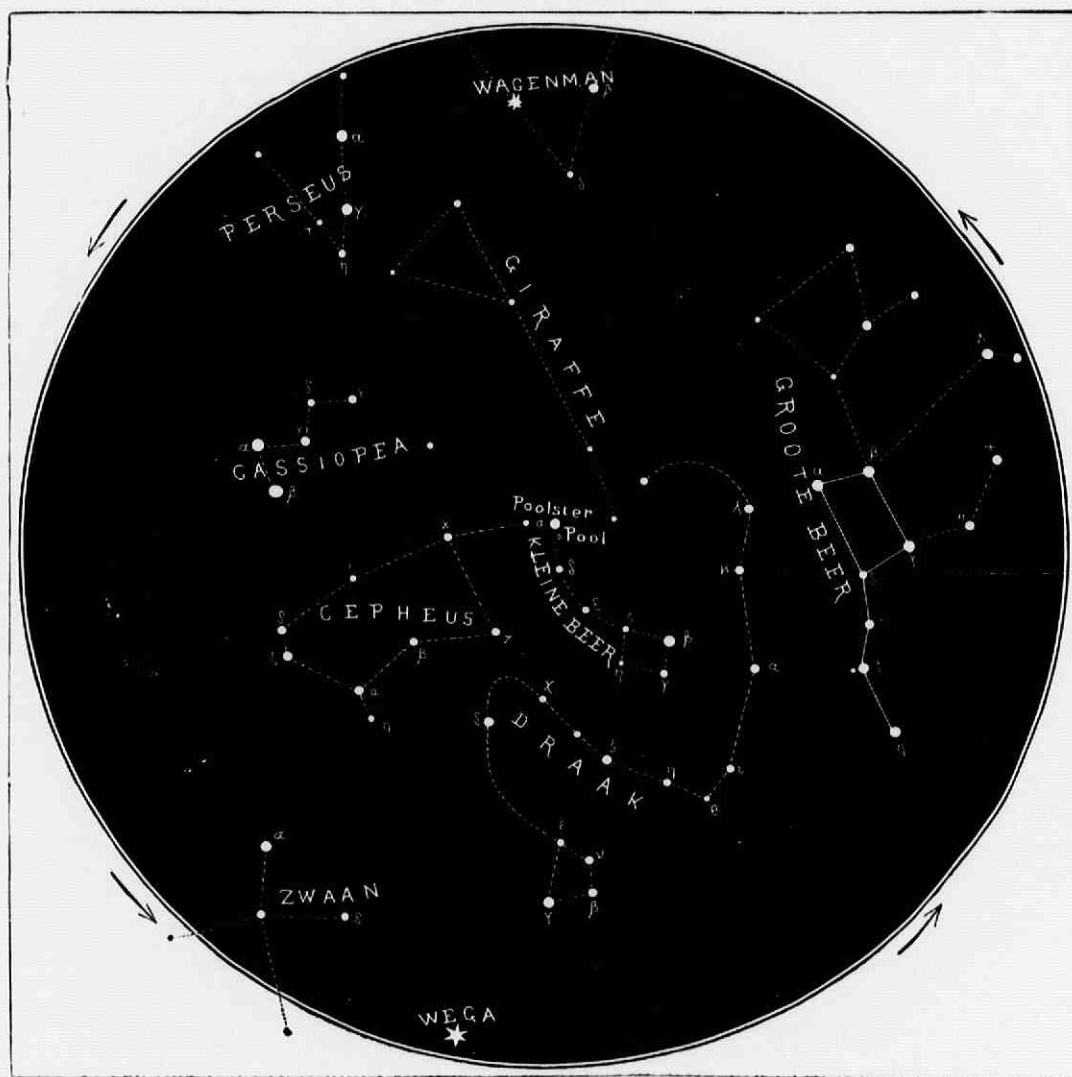


Fig. 19. — Sterren, in de nabijheid van de noordpool, die in Nederland niet ondergaan.

des hemels aan; die pool is het punt, waarom de sterrenhemel schijnt te draaien in tegengestelden zin van de wenteling der aarde. De ster die daar het dichtst bij ligt, (ongeveer $1\frac{1}{2}^0$) draagt den naam van *poolster*. Alle sterren schijnen om de pool te draaien, in tegen-

gestelden zin van de omwenteling der aarde: als men naar de noordpool ziet, heeft die beweging plaats in tegengestelden zin van de wijzers van een uurwerk. Die sterren, waarvan de poolsafstand minder bedraagt dan de hoogte van de pool boven den horizon, gaan nooit onder; zij zullen in het noorden hare kleinste hoogte boven den horizon verkrijgen en daarna aan onze rechterhand of oostwaarts weder rijzen. Wij hebben in fig. 19 de voornaamste van die sterren geteekend. Die kleine hemelkaart is voor ons van het grootste gewicht, vooreerst om ons de beweging van den sterrenhemel rondom de pool te doen zien, maar vooral ook omdat wij daardoor reeds dadelijk den vorm der sterrenbeelden, die op onze breedte steeds zichtbaar blijven, in het geheugen kunnen prenten. Wij hebben daarom, ten einde de figuur niet te veel te overladen, alleen de voornaamste sterren geteekend. Het is gemakkelijk, om zich die sterrenbeelden eigen te maken. Het zijn: *de Kleine Beer*, vlak bij de pool; *de Grootte Beer*, hoofdzakelijk bestaande uit zeven heldere sterren, die te zamen ook wel *de Wagen* genoemd worden; *de Draak*, bestaande uit eene golvende lijn van sterren, beginnende tusschen *de Grootte en de Kleine Beer*; *Cepheus*, *Cassiopea*, *Perseus*, *de Giraffe*. Ten slotte een deel van het sterrenbeeld *de Zwaan*, de heldere ster *Wega* uit het sterrenbeeld *de Lier* en *Capella* uit het sterrenbeeld *de Wagenman*. Later zullen wij die sterrenbeelden en alle overige nog nader beschouwen; voorloopig kunnen onze lezers nu reeds trachten die sterren aan den hemel te zoeken (1). De kaart is geteekend in den stand, waarin de hemel zich aan ons voordoet op 21 December des middernachts, op 21 Maart te 6 uren 's avonds, op 21 Juni des middags, of op 22 September te 6 uren 's morgens. Als wij de kaart omkeeren, verkrijgen wij den stand van 21 Juni des middernachts, van 22 September te 6 uren 's avonds, van 21 December des middags, of van 21 Maart te 6 uren 's ochtends. Brengen wij den linkerkant beneden, dan hebben wij den stand van 21 Maart des middernachts, van 21 Juni te 6 uren 's avonds, van 22 September des middags, of van 21 December te 6 uren 's ochtends. Hadden wij den rechterkant naar beneden gebracht, dan zouden wij juist het tegenovergestelde verkregen hebben.

De stand van den sterrenhemel verandert iederen dag van uur tot uur. De Grootte Beer zal b.v. één uur na het tijdstip, door ons getee-

(1) Men is gewoon, de sterren aan te duiden door de letters van het griekse alphabet. De helderste ster van ieder sterrenbeeld draagt de eerste letter (α) en heeft gewoonlijk eenen afzonderlijken naam, zooals Sirius, Wega, Arcturus, Capella enz.

kend, iets hooger, en zes uren later zoo hoog mogelijk staan; vervolgens daalt hij, en als de nacht slechts lang genoeg duurt, kunnen wij hem twaalf uren later zoo laag mogelijk zien staan. Hij is dus uitnemend geschikt, om het uur van den nacht aan te wijzen. Reeds de Grieken en Romeinen hadden opgemerkt, dat hij bij hen steeds boven den horizon bleef; Homerus en Ovidius zongen reeds zijnen lof.

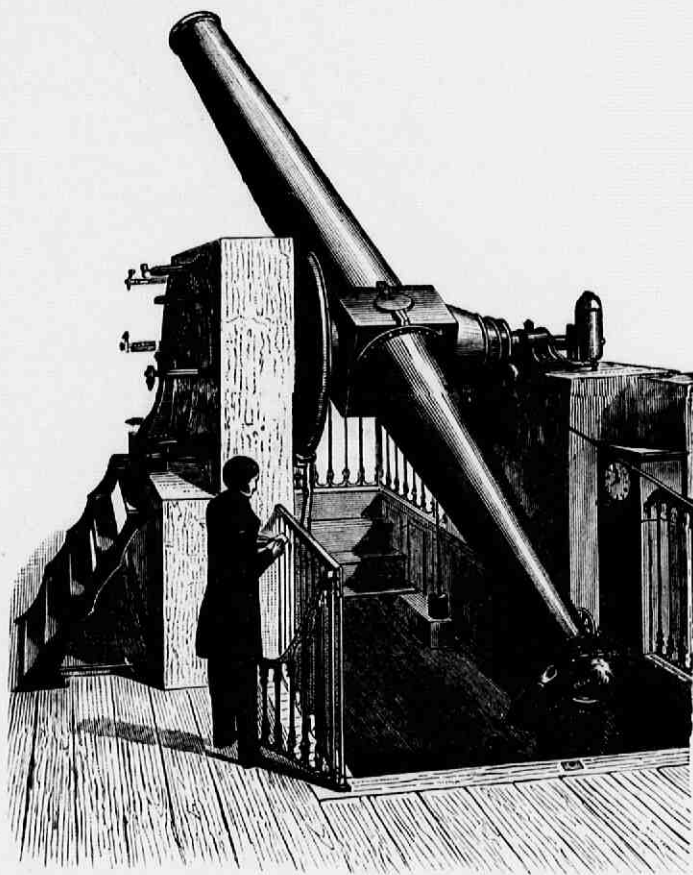


Fig. 20. — Meridiaankijker.

Daar alle sterren in $23^{\circ} 56^m$ om de pool wentelen, komen zij alle dagelijks ééns in den meridiaan, d.i. in het vertikale vlak, door het noorden en het zuiden gebracht, dat den hemel in twee gelijke deelen verdeelt. De sterren komen alle in het oosten op, rijzen aan den hemel, komen in het hoogste punt van hare baan, en dalen daarna weder in het westen, zooals wij dit dagelijks aan de zon kunnen waarnemen. Het hoofdwerktuig van iedere sterrenwacht is *de*

meridiaankijker, dus genoemd, omdat hij beweegbaar is in het vlak van den meridiaan en daar niet uitgebracht kan worden, zoodat men daarmede de sterren alleen kan waarnemen op het oogenblik van haren

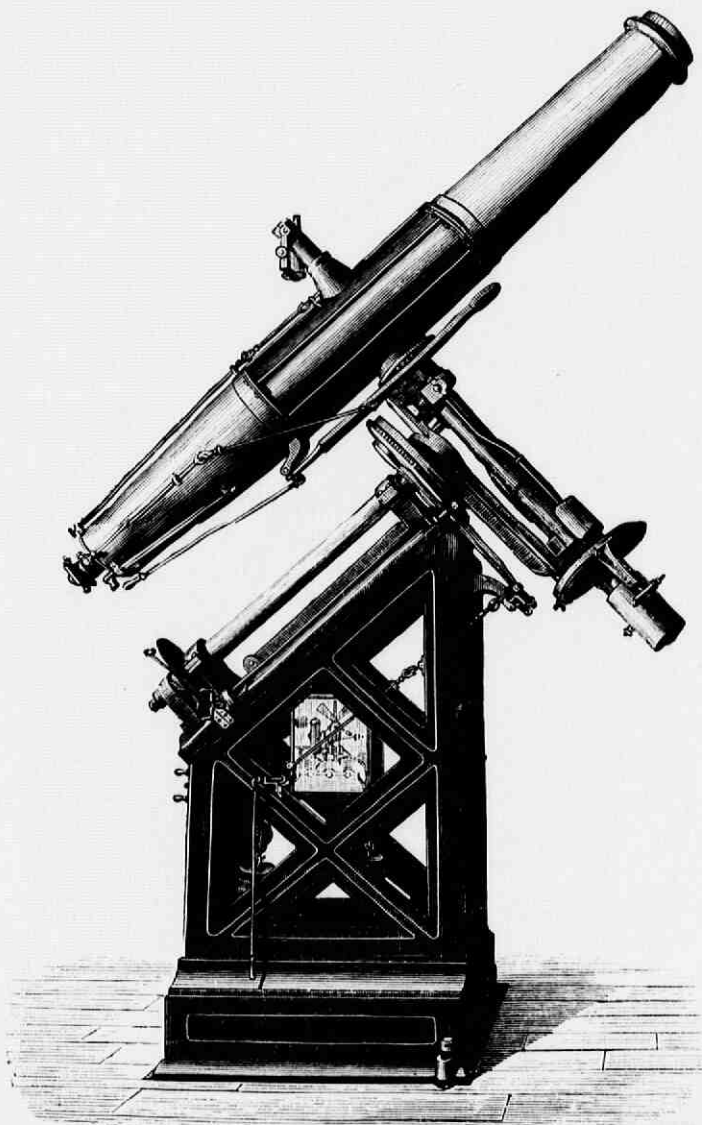


Fig. 21. — Aequatoriaal.

doorgang door den meridiaan. Het juiste oogenblik, waarop die doorgang plaats heeft, wordt bepaald door middel van vertikale kruisdraden, die in het veld van den kijker gespannen zijn en waarachter de ster verdwijnt (fig. 20).

Aan dien kijker is een vertikale cirkel bevestigd, die dient om de hoogte der sterren boven den horizon te meten, terwijl de kijker zelf dient, om het oogenblik te bepalen, waarop de sterren den meridiaan passeeren. De meridiaankijker leert ons als het ware de *vertikale* lijn kennen, waarop de ster gelegen is, de cirkel de *horizontale* lijn, zoodat het snijpunt dier beide lijnen de juiste plaats der ster aan den hemel aanduidt. Met bovengenoemd instrument kunnen wij alleen de sterren waarnemen op het oogenblik, dat zij den meridiaan passeeren; men kan het niet op andere punten van den hemel richten. Vandaar dat ter aanvulling der meridiaankijkers op iedere sterrenwacht nog een ander werktuig moet aanwezig zijn, zoo opgesteld, dat het naar alle hemelstreken kan gericht worden. Een zoodanig werktuig heet *aequatoriaal*, omdat het door een uurwerk zóó kan bewogen worden, dat het zich evenals de aarde evenwijdig met den aequator of evenaar beweegt; indien dus het werktuig gericht is op eene willekeurige ster, zal het deze bij hare dagelijksche beweging van het oosten naar het westen kunnen volgen. Het resultaat is dus hetzelfde, alsof de aarde ter wille van den astronoom, die de ster wenscht te observeren, ophield te draaien. Er bestaan enkele van die toestellen, die eene lengte van meer dan 20 meters en eene doorsnede van 102 centimeters bezitten.

VIERDE HOOFDSTUK.

De tien voornaamste bewegingen der aarde. Praecessie der nachteveningspunten.

Evenals de prachtig gekleurde zeepbel, die door den adem van het kind uit eenen enkelen waterdruppel is gevormd, en die verlicht door de stralen der heldere zon door de lucht zweeft, zoo zweeft ook de aarde door de wereldruimte als een speelbal der kosmische krachten, die haar wentelend door de oneindige ruimte henen voeren. Wij leerden reeds de snelheid harer jaarlijksche beweging om de zon en den aard harer dagelijksche wenteling kennen. Wij hebben reeds met een enkel woord de acht overige bewegingen aangestipt, die

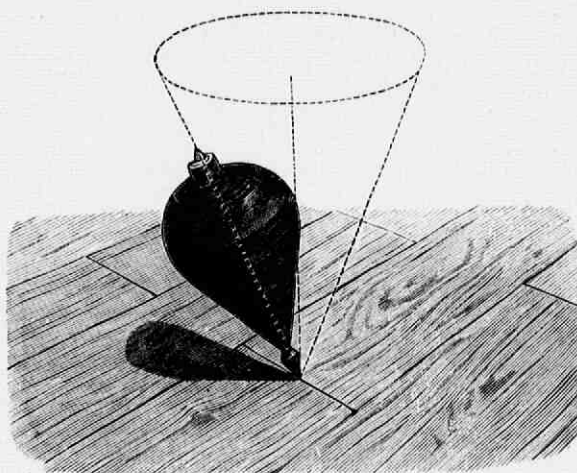


Fig. 22. — Voorstelling van de praecessie der nachteveningspunten.

haren invloed daarbij voegen. Wij moeten deze thans meer in bijzonderheden bespreken en trachten te verklaren.

Vooreerst dan moeten wij opmerken, dat de as der aarde, die gedurende het geheele jaar naar de pool des hemels gericht is, op den duur niet *volkomen* die richting blijft behouden. Zij verplaatst zich langzaam en beschrijft eenen kegel, welks tophoek 47 graden bedraagt. Deze beweging komt overeen met die van eenen tol (fig. 22),

die zich snel om eene as wentelt, terwijl de as zelf zich langzaam over het oppervlak van eenen kegel beweegt. Daar de pool des hemels het punt is, waar de verlengde aardas den hemel snijdt, zoo volgt daaruit eene langzame verplaatsing van de hemelpool tusschen de sterren. Men ziet dus, dat dezelfde ster niet altijd poolster is. Thans is de uiterste ster van den staart van *de Kleine Beer* het dichtst bij de pool en heet deze daarom poolster. Tot aan het jaar

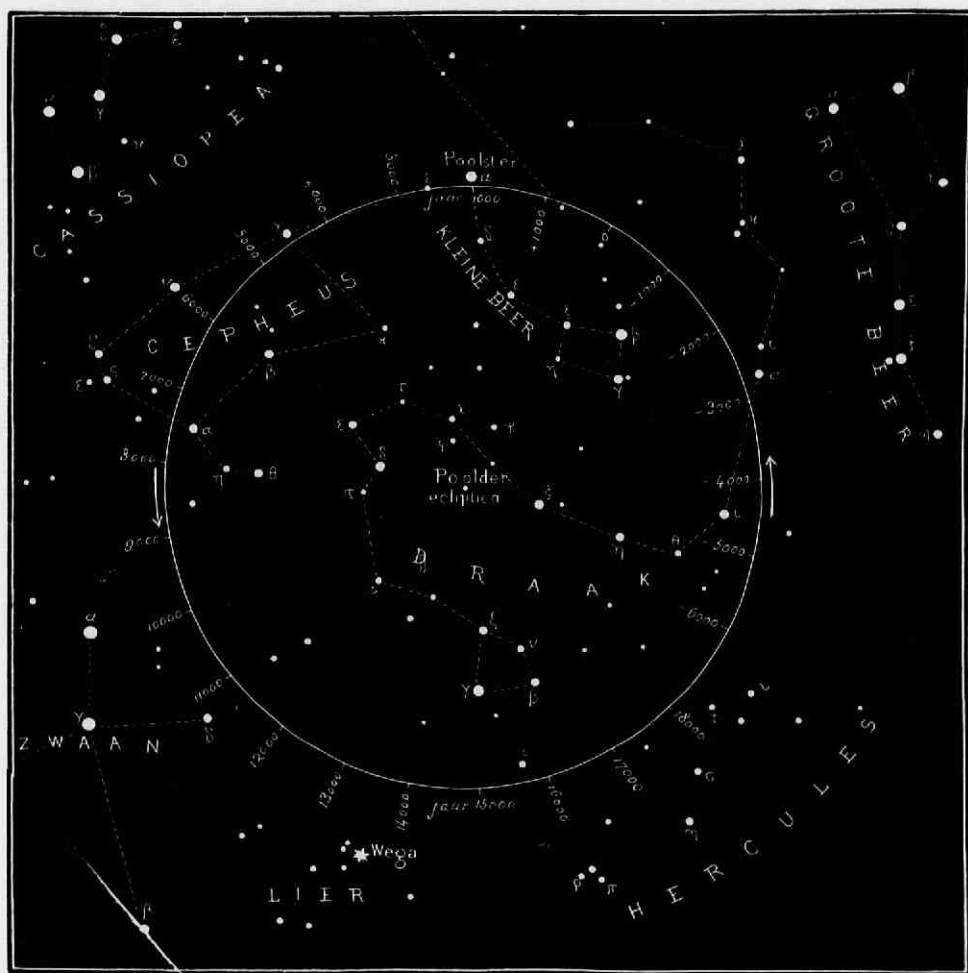


Fig. 23 — Langzame verplaatsing van de pool, van het jaar 6000 vóór Chr. tot aan het jaar 18000 na Chr. Periode van 25765 jaren.

2105 zal de pool nog tot die ster naderen, maar dan zal zij zich daarvan verwijderen, om over 25000 jaren haren eersten stand te hernemen. De juiste periode van deze beweging is 25765 jaren.

Men kan zich van deze beweging gemakkelijk rekenschap geven

door het hierbij gevoegde kaartje (fig. 23). Het bevat meer sterren dan het vorige, en moet weder met aandacht bestudeerd worden. Het heeft ten doel, de beweging der pool te leeren kennen gedurende de geheele periode der omwenteling. Wij hebben bij de verschillende standen de jaartallen opgegeven van 6000 vóór Chr. tot 18000 na Chr. Men ziet, dat de pool in het jaar 6000 vóór Chr. in de nabijheid stond van twee kleine sterren van de 5^{de} grootte (1); de helderste ster in de nabijheid was eene ster van de 4^{de} grootte (6) in het sterrenbeeld *de Draak*. In het jaar 4500 kwam zij in de nabijheid van eene tamelijk heldere ster van de 3^{de} grootte (de ster ϵ van hetzelfde sterrenbeeld.) In het jaar 2700 werd de ster α in het sterrenbeeld *de Draak* poolster; deze was reeds in China en in Egypte in dien tijd als zoodanig bekend. De oude Chineesche astronomen hebben dit reeds te boek gesteld in hunne annalen uit den tijd van keizer Hoang-Ti, die in het jaar 2700 vóór Chr. regeerde. De Egyptenaren, die *voor veertig eeuwen* hunne grootsche pyramiden hebben opgericht, hebben de gaanderijen, die naar het binnengedeelte toegang verleen, gemaakt aan de zijde van de noordpool onder eene helling van 27°; dit is juist de hoogte, welke in dien tijd de poolster α van *de Draak* bij haren ondersten doorgang door den meridiaan hebben moest op de breedte van Gizeh. Vervolgens kwam de pool in de nabijheid van de ster van de 5^{de} grootte ϵ van *de Draak*, daarna tusschen β van *de Kleine Beer* en α van *de Draak*; dit geschiedde in den tijd, waarop Chiron de eerste hemelsfeer vervaardigde, ongeveer ten tijde van den Trojaanschen oorlog, 1300 vóór Chr. Daarna naderde de pool telkens meer tot den staart van *de Kleine Beer*.

In het begin onzer jaartelling was er geene enkele heldere ster in de nabijheid der pool. In het jaar 800 was eene kleine ster in *de Giraffe* (eene dubbelster) poolster. De tegenwoordige poolster, van de 2^{de} grootte, is eene van de helderste van alle sterren, die zich op den weg van de pool bevinden; zij draagt den titel van poolster reeds duizend jaren lang; zij zal dien nog kunnen behouden tot aan

(1) Men heeft reeds in de vroegste oudheid de sterren, die met het bloote oog zichtbaar zijn, in zes grootten verdeeld. Die grootte drukt slechts de helderheid uit, en niet de ware afmetingen. De helderste sterren zijn die van de 1^{ste} grootte, de kleinste sterren, met het bloote oog zichtbaar, zijn die van de 6^{de} grootte. Aan den geheelen hemel vindt men:

18 sterren van de 1 ^e grootte	550 sterren van de 4 ^{de} grootte.
59 " " " 2 ^{de} "	1620 " " " 5 ^{de} "
182 " " " 3 ^{de} "	4900 " " " 6 ^{de} "

het jaar 3500, wanneer γ van *Cepheus*, (eene ster van de 3^{de} grootte) hare plaats inneemt. In het jaar 6000 zal de pool tusschen de twee sterren van de 3^{de} grootte β en ϵ van hetzelfde sterrenbeeld doorgaan; in het jaar 10000 zal de prachtige ster α van het sterrenbeeld *de Zwaan*, (op de grens van de 1^{ste} en 2^{de} grootte) poolster zijn; en in het jaar 13000 zal de helderste ster van onzen noordelijken sterrenhemel, *Wega* uit het sterrenbeeld *de Lier*, drie duizend jaren lang de poolster zijn voor onze nakomelingen, zooals zij het voor tien en twaalf duizend jaren voor onze voorouders geweest is.

In die periode van 26000 jaren zal zich de gedaante van den sterrenhemel met de beweging der pool wijzigen. Duizenden jaren geleden was bijvoorbeeld *het Zuiderkruis* in Europa zichtbaar; over eenige duizenden jaren zal daarentegen de schitterende ster *Sirius* van onzen Europeeschen sterrenhemel verdwenen zijn. De sterrenbeelden van den zuidelijken hemel worden gedurende eenige eeuwen voor ons zichtbaar, om daarna weder te verdwijnen, terwijl sterren, thans alleen in het noordelijk halfond te zien, voor de bewoners van de zuidelijke helft der aarde zichtbaar worden.

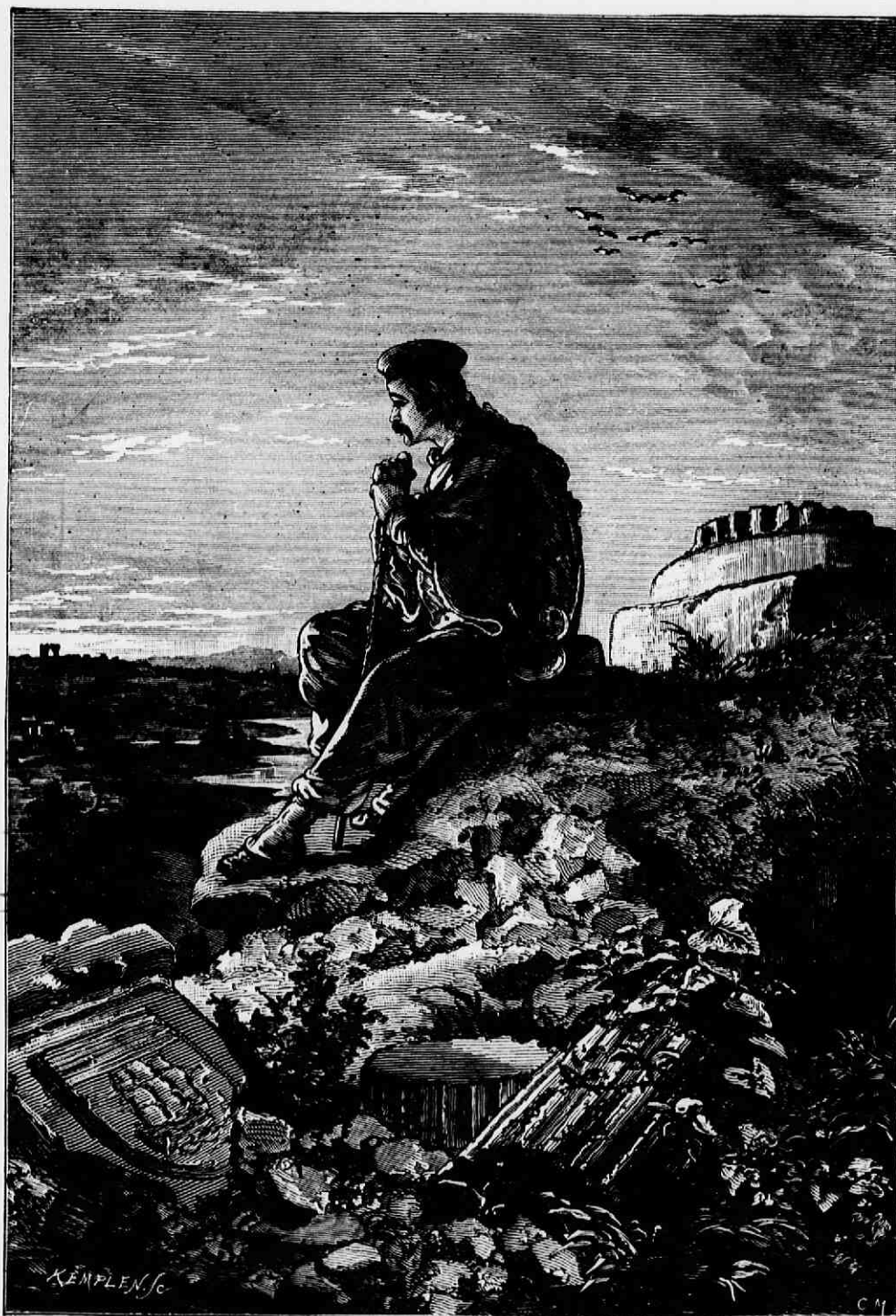
In 257 eeuwen keert de vorige stand terug.

Welk eene langzame en toch verbazende omwenteling! wat verandert het wereldtooneel in dien langen tijd! Toen voor 25765 de pool aan den hemel denzelfden stand had als thans, bestond nog geene enkele der tegenwoordige natiën; geen enkel van de volkeren, die zich thans het oppergezag op aarde betwisten, had eene schrede op de baan der beschaving afgelegd; wel bestonden er toen menschen op aarde, maar deze hebben geen spoor achtergelaten, waaruit blijken kan, dat zij zich reeds tot eene maatschappij hadden verbonden; waarschijnlijk leefden die onbeschaafde en wilde wezens gedurende dat steenen tijdperk, waarvan men in den laatsten tijd zoovele overblijfselen gevonden heeft. En waar zullen wij zijn, als over 25765 jaren de pool weder denzelfden stand heeft ingenomen? Nederlanders, Franschen, Engelschen, Duitschers, Spanjaarden, zij allen zullen als volksstam verdwenen zijn. Geen enkel van de thans bestaande volkeren zal weerstand geboden hebben aan den tand des tijds. Andere volkeren, andere talen, andere godsdiensten zullen dan reeds lang in de plaats getreden zijn van de tegenwoordige. De tijd zal komen, waarop de reiziger, zwervende langs de boorden van het IJ, zal staren op de puinhoopen van Amsterdam, in twijfel, of

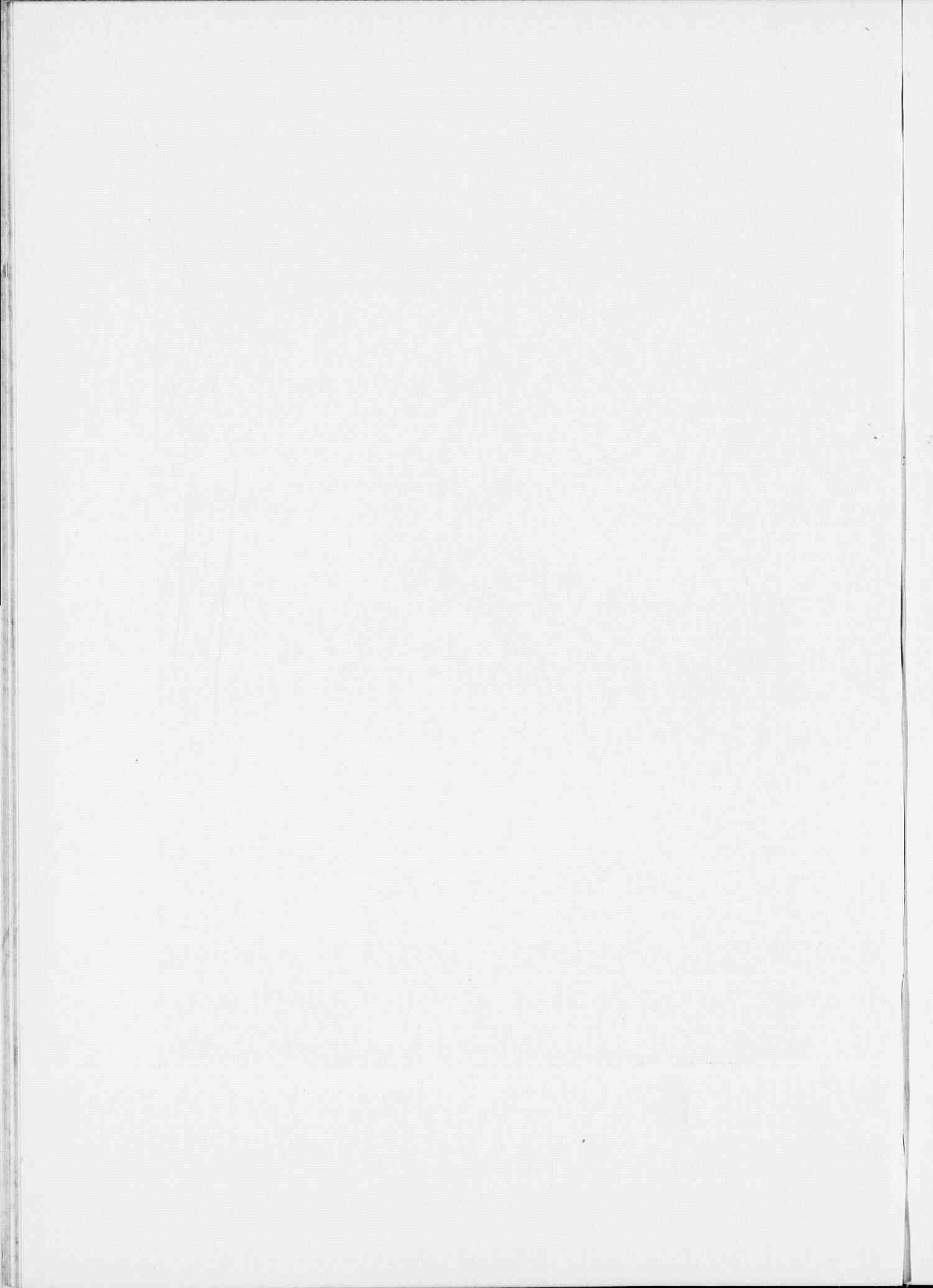
dit wel de plaats geweest is, die een aantal eeuwen, als de hartader van Nederland, zooveel heeft bijgedragen tot verspreiding van licht en welvaart over de aarde; misschien zal hij evenveel moeite hebben, om Amsterdam terug te vinden, als wij, bij het zoeken naar de plaats, waar eertijds Thebe en Babylon gestaan hebben. Over duizenden jaren zal van onze negentiende eeuw misschien minder bekend zijn, dan wij weten van de eeuwen der Pharao's of der oude Egyptische dynastieën. Verandert immers thans de maatschappij in ééne eeuw niet meer, dan voorheen in eene reeks van eeuwen? Een nieuw menschenras, in ontwikkeling ver boven het onze verheven, zal onze plaats hebben ingenomen, en misschien zullen wij, waarde lezer en lieve lezeres, elkander dan nog eens ontmoeten als verbleekte skeletten, keurig met een etiket voorzien, in eene der kasten van een museum, door eenen anthropoloog van de twee honderd zes en zeventigste eeuw bewaard als een belangrijk exemplaar van een oud ras, dat, hoewel nog weinig beschaafd, toch reeds de kiemen bevatte van wetenschappelijken aanleg. Ijdelheid der ijdelheden! O, dwaze slachtoffers van de eierzucht, die uw leven doorbrengt met u toe te takelen met veelkleurige ordelinten, en belachelijke titels na te jagen, wat moet een ernstig man wel denken van uwe dwaze ijdelheid, als hij uwe laffe kinderachtigheden vergelijkt met den arbeid der natuur, die de grooten en de geringen der aarde, de rijken en de armen, tot eenzelfde lot bestemd heeft!

Het is nu duidelijk, dat de geheele sterrenhemel zich langzaam om eene as beweegt, die in de pool der ecliptica eindigt. De ecliptica is de weg, dien de zon aan den hemel schijnt af te leggen bij hare jaarlijksche beweging om de aarde. Wij zagen echter, dat het in werkelijkheid de aarde is, die zich om de zon beweegt. Men ziet gemakkelijk, dat het ons moet voorkomen, alsof de zon zich in tegengestelden zin in een jaar tijds om de aarde beweegt. Die schijnbare baan van de zon aan den hemel noemt men de *ecliptica*, omdat alleen dan zon- en maaneclipsen plaats vinden, indien de maan zich met de zon in het vlak van dien grooten cirkel van den hemelbol bevindt. De pool der ecliptica is dat punt op de oppervlakte van den hemelbol, dat even ver van alle punten der ecliptica verwijderd is.

Die langzame beweging van den sterrenhemel is ook oorzaak, dat de sterren geen twee jaren achtereen aan hetzelfde punt van den hemel staan, en dat zij gezamenlijk zich verplaatsen, om in de periode van 257 eeuwen eene geheele omwenteling te volbrengen. Daarom



De tijd zal komen, waarop de reiziger, zwervende langs de boorden van het IJ
zal staren op de puinhoopen van Amsterdam.



moet men gedurig de sterrenkaarten overteekenen. De kaarten, in het jaar 1870 geteekend, deugden niet meer in 1890, en die welke wij nu teekenen, zijn niet meer juist in 1920. Er zijn echter zeer nauwkeurige wiskunstige formules, die ons in staat stellen, den invloed der beweging te berekenen, en daaruit den juisten stand der sterren te bepalen voor eenen willekeurigen verleden of toekomstenden tijd.

Het behoeft geen betoog, dat de geschetste beweging niet aan den hemel toebehoort, evenmin als de dagelijksche of jaarlijksche beweging. Alleen de aarde is daaraan onderworpen. Het is hare as, die in den tijd van 257 eeuwen een kegeloppervlak beschrijft om de as der ecliptica. De beweging wordt veroorzaakt door de gezamenlijke aantrekking van zon en maan op de aan de polen afgeplatte aarde. Was de aarde volkomen bolvormig, dan zou die beweging niet bestaan. Doch de aequator, de grootste cirkel op aarde, heeft de neiging, zich in het vlak der ecliptica te stellen, een gevolg van de aantrekking van zon en maan. Aan die neiging zoude de aarde gehoor geven, indien zij niet om eene as wentelde. Doch door die aswenteling moet de as der aarde hare helling ten opzichte van de ecliptica behouden, maar tevens een kegeloppervlak om de as der ecliptica beschrijven.

Men noemt deze beweging *praecessie der nachtleveningspunten*, omdat door haar het lentepunt de zon bij hare jaarlijksche schijnbare beweging aan den hemel te gemoet gaat. De stand der sterren op den hemelbol wordt aangewezen door hare ligging ten opzichte van een vlak, gaande door de polen en het lentepunt. Dit punt verplaatst zich jaarlijks van het oosten naar het westen; het lentepunt neemt na elkander alle standen in den aequator in, en verplaatst zich gemiddeld 50 boogsecunden 's jaars. (Wij zullen later verklaren, wat men onder graden, minuten en secunden verstaat).

De sterren, gelegen in het gedeelte des hemels, dat door de zon doorloopen wordt, werden reeds in de vroegste oudheid in twaalf groepen verdeeld, die men *de teekenen van den dierenriem* noemt. Het teeken, waar de zon voor twee duizend jaren bij het begin der lente stond, kreeg den naam van *Ram*, het teeken, oostwaarts van Ram, werd *Stier* genoemd, de overige kregen den naam van: *Tweelingen*, *Kreeft*, *Leeuw*, *Maagd*, *Weegschaal*, *Schorpioen*, *Schutter*, *Steenbok*, *Waterman*, *Visschen*.

De praecessie is eene teruggaande beweging, omdat zij van het oosten naar het westen plaats heeft, of in tegengestelden zin van de

de Ram; 2150 jaren te voren viel het samen met het begin van *de Stier*, in welk sterrenbeeld het reeds sedert het jaar 4300 vóór Chr. gelegen was. Waarschijnlijk zijn in dat tijdvak de sterrenbeelden van den dierenriem vastgesteld, want in alle oude godsdienstige mythen komt *de Stier* voor in verband met den levenwekkenden invloed der zon op de jaargetijden en de voortbrengselen der aarde, terwijl men nergens een dergelijk verband vindt met betrekking tot de *Tweelingen*. Reeds voor achttien eeuwen begroette Virgilius den *blanken Stier*, die met zijne gouden hoornen den jaarcyclus opent:

Candidus auratis aperit quum cornibus annum
Taurus

De sterren van *de Stier*, voornamelijk de Plejaden, waren voor de Egyptenaren, voor de Chineezers en zelfs nog voor de eerste Grieken de sterren van het lentepunt. De annalen der sterrenkunde bevatten de uitkomsten eener waarneming van *de Plejaden* van 2357 vóór Christus, waarbij het lentepunt in *de Plejaden* viel.

Die langzame verplaatsing van het lentepunt is niet volkomen regelmatig, waaruit volgt, dat het tropische jaar niet geheel standvastig is. Het is nu 11 seconden korter dan ten tijde van Hipparchus, en 30 seconden korter dan in den tijd, toen het Egyptische Thebe de hoofdstad der wereld was. In het begin van deze eeuw was de duur van het jaar 365 dagen, 5 uren, 48 minuten, 51 seconden. Die duur neemt thans af. Het jaar was het langst in 3040 vóór Chr., het zal in 7600 na Chr. 76 seconden korter zijn dan in 3040 vóór Chr. en daarna weer aangroeien. Iemand, die thans eene eeuw oud is, heeft inderdaad 20 minuten minder geleefd dan een grijsaard van denzelfden leeftijd ten tijde van Augustus en een uur minder dan ten tijde van Abraham.

De ouden meenden, dat ook de staatkundige toestand der aarde periodiek was, en dat evenals na ieder *groot jaar* de sterren aan den hemel weer denzelfden stand innamen, zoo ook in dien tijd op de aarde zich alle mogelijke gebeurtenissen moesten herhalen. Men neemt gewoonlijk voor dat groote jaar 300 eeuwen. Het is echter niet zeker, of die periode wel afgeleid is uit de praecessie. Men hechte toch steeds veel meer gewicht aan den stand der planeten aan den hemel, dan aan dien der vaste sterren. Opdat echter de maan, Saturnus, Jupiter, Mars, Venus en Mercurius weer denzelfden stand in den dierenriem innemen, moet er een tijd van twee

*honderd vijftig duizend eeuwen verloop*en; wat zouden die perioden zijn, als men daarbij nog de planeten Uranus en Neptunus in rekening bracht en de ruim 400 kleine planeten! De sterrenwichelaars meenden, dat bij de schepping der wereld alle planeten in ééne rechte lijn stonden. Er zijn zelfs geleerden, die daaruit den dag en het uur van de schepping van den mensch hebben afgeleid. Volgens die geleerden zoude dit voor ons zoo belangrijke feit hebben plaats gegrepen den 21^{sten} September van het jaar . . . nul, te negen uren precies!

Eigenlijk kunnen wij ons van die perioden van duizenden eeuwen geene voorstelling maken. Mogen ons echter sterrenkundige verschijnselen, die zich eerst na zulke tusschenpoozen herhalen, als iets zeer bijzonders voorkomen, in vergelijking met de eeuwigheid zijn zij niets. Millioenen eeuwen zijn toch slechts secunden op het uurwerk van den oneindigen tijd.

In Hebels »Schatzkästlein eines rheinischen Hausfreundes» komt over die periode van 300 eeuwen, waarin alles weer in den vroegeren toestand moet terugkeeren, een aardig verhaal voor:

Duitsche studenten organiseeren op het einde van een studiejaar een afscheidsdinertje. Men praat over het groote jaar en over het aangename denkbeeld, dat men over dertig duizend jaren weder even genoegelijk bij elkander zoude zitten. De waard, die toezicht houdt op de bediening en zich verbeeldt, een heele filosoof te zijn, neemt ijverig deel aan het gesprek. Ook hij is diep overtuigd van de juistheid van het behandelde, en op het oogenblik, waarop men van tafel opstaat, drukt hij zijn genoegen uit, dat hij zijne gasten over dertig duizend jaren weer terug mag zien. »Tot weerziens dus, heeren." Hij, die met de betaling belast is, wendt zich daarop tot den waard, met het verzoek, hem tot aan de volgende bijeenkomst crediet te schenken. Deze staat dit, getrouw aan zijne zooeven uitgesproken overtuiging, doch niet zonder weerzin, toe. Reeds wilden de gasten vertrekken, toen de waard hen plotseling toeriep: »Daar wij over dertig duizend jaren hier weer te zamen zullen zijn, waren wij voor dertig duizend jaren ook hier bijeen, niet waar?" »Ja zeker," antwoordde men van alle kanten. »Welnu, heeren, dan hebt gij mij toen ook al crediet gevraagd. Weest dus zoo goed, thans uwe oude schuld te voldoen." Tableau!

VIJFDE HOOFDSTUK.

Vervolg en slot van de tien voornaamste bewegingen der aarde.

Wij komen thans tot de vierde beweging der aarde.

Wij zagen reeds vroeger, dat de as der aarde eenen hoek van 66 graden 33 minuten maakt met het vlak van hare loopbaan om de zon, of wat hetzelfde is, dat de pool des hemels 23 graden 27 minuten van de pool der ecliptica verwijderd is. Die hoek verandert echter in

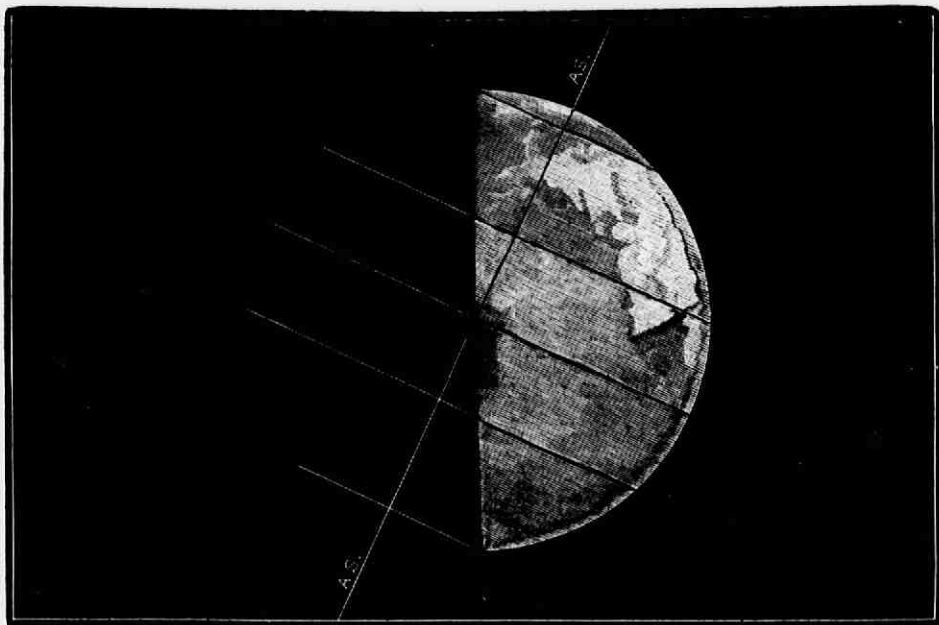


Fig. 26. — Helling van de as der aarde.

den loop der eeuwen. Elf honderd jaren vóór Chr. is hij door de Chineesche astronomen gemeten, en bleek hij 23 graden 54 minuten te zijn. In het jaar 350 vóór Chr. is hij te Marseille door Pytheas gemeten, en was hij toen 23 graden 49 minuten. Alle latere metingen hebben die vermindering bevestigd, welke nu reeds sedert 3000 jaren 27 minuten bedraagt. Zij bedraagt thans 1 minuut in de 125 jaren. Als die ver-

minderling standvastig bleef, zoude zij 1 graad in 7500 jaren bedragen en zoude zich over 177000 jaren het verschijnsel voordoen, dat de as der aarde loodrecht op de ecliptica stond, dat dus het verschil in jaargetijden, na steeds geringer te zijn geworden, ophield, en dat wij eene eeuwige lente zouden genieten. Doch dit zijn hersenschimmen.

De oude overleveringen gewagen van *den gouden tijd*, waarin de menschheid in den eersten tijd na de schepping zoude geleefd hebben. Toen bracht de vruchtbare aarde hare schatten voort zonder dat zij bebouwd werd, toen waren de dieren de gehoorzame dienaars van den mensch, toen waren de boomen beladen met sappige vruchten, de bloemen steeds in bloei, de lucht was doortrokken met welriekende geuren, de zon scheen altijd helder, en nooit verstoorde storm of sneeuw de heerlijke harmonie der schepping. Men leest in den tienden zang van Miltons onvolprezen *Paradise lost* het verhaal van de gevolgen van Adams Zondenva, hoe een heirleger krachtige engelen, van God gezonden, aankwam, om de as der aarde in eenen hellenden stand te brengen, waardoor wij, ongelukkige afstammelingen van het eerste menschenpaar, blootgesteld zijn aan de onaangename afwisseling van jaargetijden en aan de hevigste storingen in den dampkring.

Doch de wetenschap leert, dat dit slechts phantasieën zijn. De aequator schommelt slechts op de ecliptica heen en weer en de helling der ecliptica kan nooit meer dan 1 graad 21 minuten veranderen. Nog eenigen tijd zal die helling afnemen, om daarna weer grooter te worden. Die vierde beweging van de aarde heet verandering van de *schuinsheid der ecliptica*.

Die vermindering bedraagt thans nog geene halve seconde in het jaar. In 1800 was de helling $23^{\circ} 27' 55''$; in 1900 zal zij zijn: $23^{\circ} 27' 8''$. Zij is thans (1898) $23^{\circ} 27' 9''$.

Terwijl de pool des hemels door de praecessie der nachteveningspunten in 25765 jaren hare wenteling aan den hemel volbrengt, beschrijft diezelfde pool nog in $18\frac{1}{2}$ jaar eene kleine elips aan den hemel, wier groote as 18 secunden en wier korte as 14 secunden bedraagt. Het gevolg van die beweging is, dat de pool des hemels zich niet volkomen over den omtrek van eenen cirkel beweegt, zooals wij dit in fig. 23 teekenden, maar dat die lijn eene eenigszins golvende gedaante heeft. Deze vijfde beweging draagt den naam van *nutatie*; zij wordt evenals de praecessie teweeggebracht door de aantrekking der maan op de afgeplatte aarde.

Daar de kringetjes, bij de nutatie beschreven, geen meetbaar

aantal malen in den omtrek van den praecessiekring begrepen zijn, zoo zal de pool nooit weer volkomen in haar uitgangspunt terugkeeren. Bovendien zullen ook door de verandering van de schuinscheheid der ecliptica de pool des hemels en de pool der ecliptica tot elkander naderen, zoodat men geene gesloten kromme lijn aan den hemel verkrijgt, maar eene spiraal, die zich thans inkort, maar later weder zal uitzetten; men kan deze beweging het best vergelijken met die van eene spiraalveer in een horloge.

Hoe wuft schijnt toch de aarde! Het lichaam, dat ons op het eerste gezicht zoo zwaar voorkomt, houdt zich in de wereldruimte in evenwicht, terwijl het aan de zwakste invloeden van buiten gehoorzaamt; haar gang, die, oppervlakkig beschouwd, statig en afgemeten schijnt, wordt gestoord door al die schommelingen, welke ons, zooals wij reeds vroeger opmerkten, doen denken aan eene in de lucht zwevende zeepbel. Men kent misschien het gezegde uit den tijd van Lodewijk XV: Wat is wufter dan stof? De wind... Dan de wind? De vrouw... Dan de vrouw? Niets!... Wij zouden geantwoord hebben: De aarde; want waarlijk, de aarde is veel grilliger in haren gang dan de meest wufter dochter Eva's. Als wij niet wisten, aan welke invloeden zij blootgesteld is, zouden wij haar houden voor iemand, die in plaats van te gehoorzamen aan hare wettige meesteres, de zon, zich op alle mogelijke wijzen aan hare macht tracht te onttrekken en haren loop te wijzigen, zonder zich echter zoover te verwijderen, dat zij afstand doet van de voordeelen, aan haren stand verbonden.

Maar wij zijn nog niet gereed met al de te behandelen onregelmatigheden.

Wij zagen reeds vroeger, (fig. 16) dat de aarde zich in eene ellips, en niet in eenen cirkel om de zon beweegt. Doch ook die ellips verandert ieder oogenblik van vorm; zij is nu eens meer, dan weder minder gerekt. Tegenwoordig is hare excentriciteit (1) 168 tien duizendsten; honderd duizend jaren geleden was zij drie malen aanzienlijker, en wel 473 tien duizendsten; over 24000 jaren zal zij weder een minimum geworden zijn (33 tien duizendsten) zoodat de aardbaan dan zeer weinig van eenen cirkel verschilt; van dien tijd af zal zij weer toenemen. Deze verandering van de *excentriciteit* der baan is de zesde beweging der aarde. Over 24000 jaren zal er als het ware geen perihelium en aphelium meer zijn, daar onze planeet dan in beide punten bijna even ver van de zon zal verwijderd zijn.

(1) De verhouding tusschen den afstand der brandpunten en de groote as.

Eene zevende beweging, veroorzaakt door de aantrekking der planeten, doet het perihelium (het punt van de loopbaan der aarde, dat het dichtst bij de zon gelegen is) in het vlak der loopbaan ronddraaien; de groote as verandert dus steeds van richting. Vier duizend jaren vóór Chr. kwam de aarde den 21^{sten} September, tegen het begin van den herfst, in het perihelium. In het jaar 1250 na Chr. kwam zij daar den 21^{sten} December, met het begin van den winter; toen waren onze winters het minst koud, omdat dan de aarde het dichtst bij de zon stond, en onze zomers het minst warm, omdat dan de aarde juist zoo ver mogelijk van de zon verwijderd was. Daar het verschil in afstand tusschen het perihelium en het aphelium meer dan 4 millioen kilometers, en het verschil in warmte $\frac{1}{15}$ bedraagt, zoo moet deze verandering inderdaad merkbaar zijn in de afwisseling der jaargetijden. Tegenwoordig is de aarde op den 1^{sten} Januari in het perihelium. Thans worden onze winters kouder en onze zomers warmer. In het jaar 11900 zullen onze zomers het warmst en onze winters het koudst zijn. In het 17000 eindelijk zal het perihelium teruggekeerd zijn tot het punt, waar het 4000 jaren vóór Chr. stond: te weten in het herfstpunt. De periode is dus 21000 jaren. Er zijn geologen, die meenen, dat met deze periode eene wijziging in de verdeeling van het vasteland over de aarde overeenkomt; doch dit is niets dan eene bloote onderstelling.

Bij al deze verwickelingen moet men nog voegen den storenden invloed, dien ieder der planeten afzonderlijk naar gelang van haren stand met betrekking tot de aarde uitoefent. Alle lichamen trekken elkander aan met eene kracht, evenredig met het product hunner massa's en omgekeerd evenredig met de vierkanten hunner afstanden. (Wordt dus de afstand 3 maal grooter, dan wordt de aantrekkende kracht 9 maal kleiner). Als de maan de aarde in haren loop vóór is, trekt zij deze als het ware mede, en versnelt zij hare beweging; als zij bij de aarde ten achteren is, houdt zij haar tegen. De planeten Venus en Jupiter oefenen op de aarde eene zeer merkbare werking uit, de eerste omdat zij betrekkelijk dicht bij ons is, de tweede, hoewel ver van ons verwijderd, omdat zij eene zoo groote massa heeft. Deze achtste onregelmatigheid in de beweging der aarde noemt men: *de storingen*.

Indien alle planeten gezamenlijk aan dezelfde zijde van de zon staan, trekken zij deze naar zich toe, en halen zij haar uit het brandpunt; haar zwaartepunt valt dan niet meer met haar middelpunt samen. Daar nu de aarde zich bij hare jaarlijksche beweging om het

zwaartepunt beweegt en niet om het middelpunt, zoo ontstaat hierdoor eene negende beweging van de aarde, den elliptischen vorm harer baan wijzigend.

Mochten onze lezers deze beschouwingen minder boeiend vinden, dan zij opgemerkt, dat wij het noodig achtten, den stand der aarde en hare beweging in de ruimte nauwkeurig na te gaan, omdat zonder die kennis het heelal voor ons een gesloten boek blijft. Zijn er nog enkele uitdrukkingen overgebleven, die niet volkomen duidelijk zijn geworden, dan behoeft men zich daarover niet te verontrusten, daar deze in de volgende hoofdstukken zullen worden verklaard, zoodat er niets duisters voor den lezer zal overblijven.

Maar wij hebben nog niet alle bewegingen der aarde behandeld en wij moeten nog eene tiende beweging bespreken, die van meer gewicht is dan alle overige te zamen: immers deze stelt de ware beweging der zon voor, die de aarde en alle overige planeten met zich in de wereldruimte medevoert.

De zon zelf is niet onbewegelijk. Ook zij verplaatst zich en neemt de aarde en het geheele planetenstelsel met zich mede. Men heeft hare beweging leeren kennen door de schijnbare beweging der sterren. Indien wij in eenen spoortrein gezeten zijn, en het stoompaard sleept ons voort door weilanden en bosschen, langs heuvels en dalen, dan zien wij alles vooruitvliegen in eene richting tegengesteld aan die, waarin wij ons bewegen. Welnu! indien wij de sterren aandachtig waarnemen, dan ontdekken wij aan den hemel een dergelijk verschijnsel. De sterren schijnen zich alle te bewegen; die, welke ter zijde van ons liggen, schijnen voor ons uit te wijken en de sterrenbeelden, die vlak vóór ons liggen, schijnen zich te vergrooten, alsof zij voor ons eenen doortocht wilden vrijmaken. De berekening heeft geleerd, dat die schijnbare beweging het gevolg is van eene verplaatsing van de zon, de aarde en de overige planeten naar die streek van den hemel, waar het sterrenbeeld *Hercules* gelegen is. Wij vliegen daarheen met eene snelheid, die zeker niet geringer is, dan die van de aarde in hare baan; behalve de 940 millioen kilometers, die wij jaarlijks door onze beweging om de zon afleggen, gaan wij nog minstens evenveel in de wereldruimte vooruit. Wij komen uit de sterrenrijke streek, waar *Sirius* schittert en gaan naar dat deel des hemels, waar de sterren van *de Lier* en *Hercules* glinsteren. Zoolang de aarde bestaat, is zij nog nooit twee malen in het zelfde punt der ruimte geweest.

Indien men in eenen helderen zomernacht den hemel beschouwt, dan trekt de schitterende ster *Wega* uit *de Lier*, eene ster van de eerste grootte, aan den rand van den melkweg gelegen, bijzonder onze aandacht. Niet ver van daar breidt zich *de Zwaan* als een groot kruis over den melkweg uit; aan de andere zijde van *Wega* vindt men *de Kroon*, die gemakkelijk te herkennen is, daar zij uit zes voorname sterren bestaat, tot eene kroon vereenigd.



Fig. 27. — Gedeelte van den hemel, waarheen de aarde bij hare tiende beweging nadert.

Tusschen *Wega* en *de Kroon* (fig. 27) zal men een aantal sterren van de 3^{de} en 4^{de} grootte opmerken. Zij behooren tot het sterrenbeeld *Hercules*: naar dat gedeelte des hemels worden wij heen-gevoerd. Indien die beweging in eene rechte lijn voortduurt, dan komen wij over eenige millioenen eeuwen in de streken, door die verwijderde zonnen verlicht.

Het punt van den hemel, waar het zonnestelsel zich heenbeweegt, is 38 graden van de pool der ecliptica verwijderd; de aarde beschrijft

dus geene gesloten kromme lijn in het heelal, maar vliegt voorwaarts als de gier, die in het luchtruim zijne breede spiralen beschrijft. (fig. 28).

Zoo is dan de beweging der aarde, in het kort samengevat, de volgende: Dagelijksche beweging om hare as — jaarlijksche beweging om de zon — praecessie der nachteveningspunten — schommeling der ecliptica — verandering der excentriciteit — verplaatsing van het perihelium — storingen door de planeten — verplaatsing van het zwaartepunt der zon — verplaatsing van het geheele zonnestelsel — onbekende invloeden van vaste sterren. Aan al die

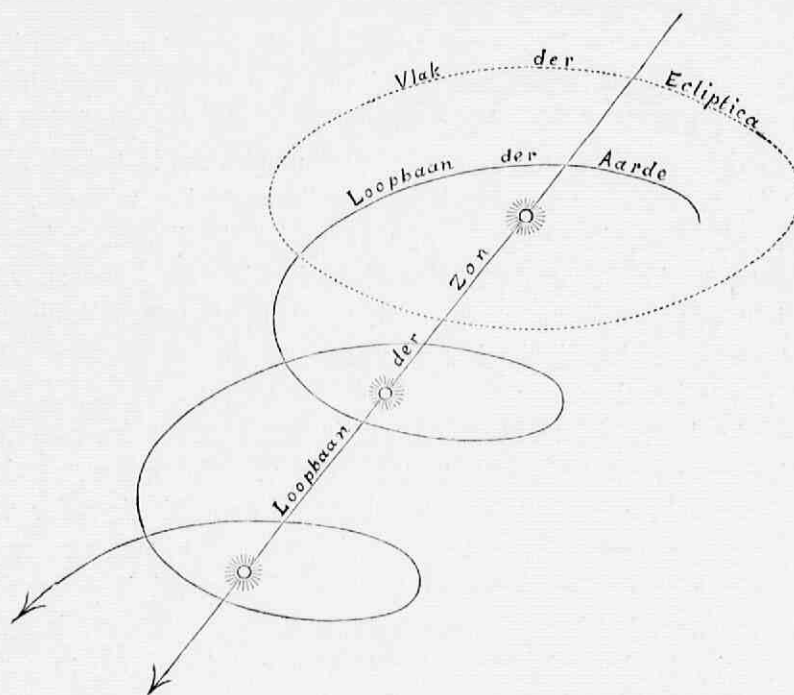


Fig. 28. — Spiraalvormige beweging der aarde.

bewegingen onderworpen, vliegt de aarde met bliksemsnelheid voort, zich verliezende onder de millioenen werelden, zonne- en wereldstelsels, waarmede de oneindige ruimte bevolkt is. Door het bestudeeren der aarde leeren wij den hemel kennen, en in de mikroskopische wereld, die wij bewonen, gevoelen wij de hartkloppingen van het oneindige. De kennis, die wij ons nu reeds eigen gemaakt hebben, is de basis der tegenwoordige astronomie, en wij hebben den eersten en moeilijksten stap gedaan op den weg, die ons leiden moet tot eene nauwkeurige kennis van het heelal.

ZESDE HOOFDSTUK.

Bewijzen voor de dagelijksche en de jaarlijksche beweging der aarde. Het leven op de aarde.

Een oud spreekwoord zegt: »een wijs man beweert niets wat hij niet bewijzen kan." De astronomie is de meest nauwkeurige der wetenschappen. Zij kan alles bewijzen, wat zij ons mededeelt, en niemand, die zich de moeite gegeven heeft, in die prachtige studie door te dringen, kan eene enkele harer uitspraken in twijfel trekken. Wel zijn er enkele mathematische bewijzen, te ingewikkeld, om ze binnen ieders bereik te brengen, maar gelukkig zijn de bewijzen voor de plaats, welke de aarde in de schepping inneemt, zoo eenvoudig, dat zij in eenen ook voor den leek verstaanbaren vorm kunnen worden medegedeeld. Dit is het voornaamste doel van dit hoofdstuk.

Er zijn zelfs thans nog ontwikkelde menschen, die de beweging der aarde in twijfel trekken en die in ernst gelooven, dat de leer van Copernicus evenmin vaststaat als die van Ptolemäus, en dat het mogelijk zoude zijn, dat bij eene verdere ontwikkeling der wetenschap onze tegenwoordige beschouwingen omvergeworpen worden, zooals dit met de vroegere opvattingen het geval is geweest. Zij, die dit meenen, hebben zich nooit de moeite gegeven, om het vraagstuk ernstig te bestudeeren. Het is dus van het hoogste gewicht, om in één hoofdstuk bij elkander te voegen alle *onomstootelijke gronden voor de beweging der aarde*.

Ik behoef niet uit te weiden over de bewijzen voor de ronde gedaante der aarde. Een ieder weet, dat men in de laatste drie eeuwen de aarde in alle mogelijke richtingen heeft omgereisd; ook kent iedereen de wijze, waarop men hare grootte gemeten en haren vorm bepaald heeft; dit gedeelte der sterrenkunde wordt zelfs op de lagere scholen bij het onderwijs in de aardrijkskunde behandeld: aan de ronde gedaante der aarde wordt dus door niemand getwijfeld.

De eerste moeilijkheid, om te begrijpen, dat de aarde als een luchtballon in de wereldruimte zweeft en in evenwicht gehouden wordt zonder ondersteund te zijn, is gelegen in de valsche voorstelling,

die velen van de zwaartekracht hebben. De geschiedenis der sterrenkunde leert ons, hoe de eerste waarnemers, die begonnen te gevoelen, dat de aarde op zich zelf stond, aarzelden, de waarheid dier voorstelling aan te nemen, omdat zij niet konden begrijpen, waarom die zware bol dan niet naar beneden viel. De eerste Chaldeërs stelden zich voor, dat de aarde hol was en in de lucht zweefde als een schip op de baren. De oude Grieken dachten haar op pilaren rustende, de Egyptenaren daarentegen, als gedragen door vier olifanten, die zelf op eene reusachtige schildpad steunden, welke in de zee zwom. Anderen meenden, dat de aarde aan eene ijzeren as bevestigd was, in de polen ondersteund. Nog anderen beweerden, dat zij zich tot in het oneindige onder ons uitstrekte. Al deze meeningen berustten op eene valsche voorstelling van de zwaartekracht. Om zich van dit dwaalbegrip los te maken, moet men weten, dat de zwaartekracht niets anders is dan de uitwerking van de aantrekkingskracht, door het middelpunt der aarde uitgeoefend. Alle voorwerpen, op de oppervlakte der aarde gelegen, hebben de neiging, zich naar het middelpunt te bewegen, en alle vertikalen op aarde zijn naar dat middelpunt gericht. De aarde trekt, evenals een magneet, alles naar zich toe. De vrees, dat de aarde valt, is dus eene ongerijmdheid: Waar zou zij heenvallen? Dan moest een ander lichaam haar aantrekken. Wij zeiden reeds, dat alle vertikalen naar het middelpunt gericht zijn. Als wij ons eene reeks mensen denken, rechtop geplaatst om de aarde heen met een schietlood in de hand, dan zouden al die schietlooden, welke de richting der zwaartekracht aanduiden, naar het middelpunt wijzen, zoodat de hoofden *boven* beteekenen, het middelpunt *beneden* (fig. 29). Als wij ons dus van de zwaartekracht eene juiste voorstelling maken, dan is er geen grond meer voor de vrees, dat de aarde naar beneden zal tuimelen. In het heelal is er geen *boven* en *beneden*. Als de aarde geheel alleen was in het heelal, dan zou zij altijd blijven op de plaats waar zij staat en zich in geene enkele richting kunnen verplaatsen.

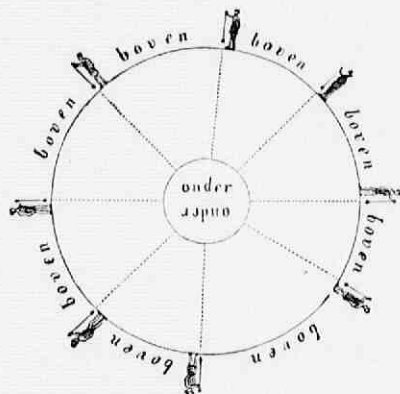


Fig. 29. — De zwaartekracht is naar het middelpunt der aarde gericht.

Laat ons thans het vraagstuk van de beweging der aarde nader

beschouwen. Wij zien den geheelen sterrenhemel in vier en twintig uren rondwentelen. Dit kan op twee verschillende wijzen verklaard worden: òf de sterren bewegen zich inderdaad van het oosten naar het westen, òf wel de aarde zelf draait om eene as van het westen naar het oosten. In beide gevallen is voor ons het verschijnsel volkomen hetzelfde, daar eene beweging der aarde zich voor ons alleen openbaart in eene schijnbare verplaatsing der sterren, die niet aan die beweging deelnemen. Indien bij voorbeeld iemand geboren was op een schip, dat zich langs eene rivier voortbeweegt, en hij het schip nooit had verlaten, dan zoude hij, indien men hem altijd had voorgehouden, dat de oevers, de boomen, de weilanden, in één woord de geheele omgeving buiten het schip zich langzaam voortbewoog, later moeilijk van zijne dwaling kunnen worden overtuigd, en zouden alle redeneeringen niet in staat zijn, hem dadelijk te doen inzien, dat dit alles slechts het gevolg was van de beweging van het schip. Het zou hem inderdaad veel inspanning kosten, om in te zien, dat de weiden niet voortwandelen.

Hoe kunnen dan wij, bewoners van het groote schip: de aarde, ons overtuigen, of werkelijk de hemel om de aarde wentelt, dan wel de aarde om hare as?

Wij zullen nagaan, tot welke gevolgtrekkingen de eerste onderstelling ons leiden moet. Het hemellichaam, dat het dichtst bij ons ligt, is de maan. Deze is 384000 kilometers van ons verwijderd. Zij zoude dus in 24 uren eenen cirkel van 768000 kilometers middellijn of van 2 412 000 kilometers omtrek moeten doorloopen. Daarvoor zoude zij eene snelheid moeten hebben van 105000 kilometers in het uur, dus van 1600 kilometers in de minuut, of van 28 kilometers in de secunde... De juistheid van de bepaling van den afstand van de maan is aan geen twijfel onderhevig: die afstand is nauwkeuriger bekend dan die van Amsterdam tot Parijs... Maar laat ons verder zien.

De zon, die op 148 millioen kilometers van ons verwijderd is, zoude in dienzelfden tijd van 24 uren eenen weg om de aarde moeten afleggen van 928 millioen kilometers. Dan zoude zij moeten voortvliegen met eene snelheid van 38 670 000 kilometers in het uur, van 666750 kilometers in de minuut of van 11000 kilometers in de secunde. Zij zoude dus in éenen dag den weg moeten doorloopen, welke door de aarde in een geheel jaar wordt afgelegd. En de zon is 1 300 000 malen grooter dan de aarde! De groote onwaarschijnlijkheid eener dergelijke onderstelling zal wel dadelijk in het oog springen, indien men het

oog slaat op fig. 30, waar de verhouding tusschen de grootte van zon en aarde nauwkeurig is uitgedrukt. Het meest gewone gezonde verstand moet reeds overtuigd zijn van de groote onwaarschijnlijkheid dezer onderstelling. Men zoude even goed kunnen beweren, dat een

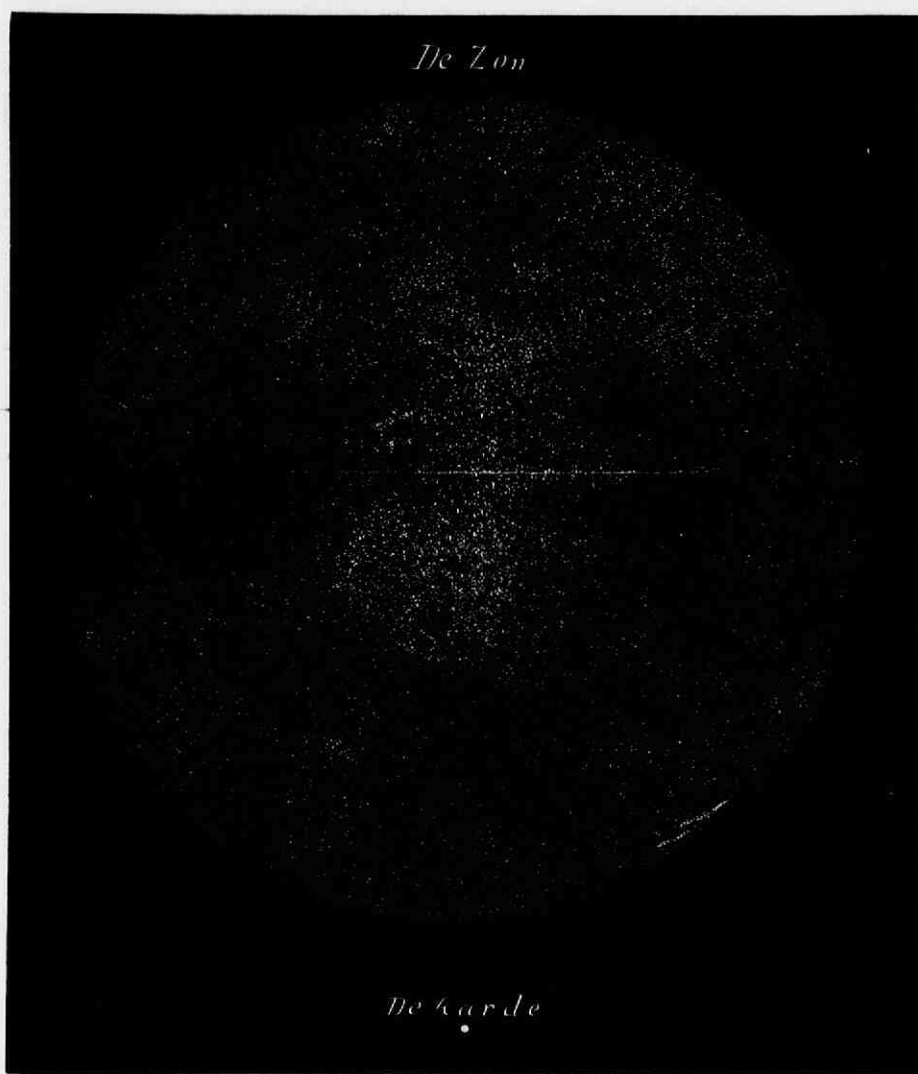


Fig. 30. — Verhouding der grootte van zon en aarde.

hoen, dat wij aan het braadspit zagen braden, stil hing, en dat schoorsteen, keuken, huis en stad, om het hoen heendraaiden.

De planeten, wier afstand tot de aarde eveneens met groote nauwkeurigheid bepaald is, nemen aan de dagelijksche beweging deel. Ook deze zouden met eene duizelingwekkende snelheid moeten

worden medegevoerd. *Saturnus*, die van alle aan de ouden bekende planeten het verst van de zon verwijderd is, en wel negen en een half maal zoover als de aarde, zou in vier en twintig uren eenen cirkel moeten beschrijven van acht milliard kilometers omtrek, en dus eene snelheid moeten hebben van 80000 kilometers in de secunde.

Neptunus, de buitenste planeet van het zonnestelsel, zou in 24 uren 28 milliard kilometers moeten doorloopen, of 1168 millioen kilometers in het uur!

En de vaste sterren? . . . De vaste ster, die het dichtst bij ons is, is zeker nog meer dan 290000 malen verder van ons verwijderd dan de zon en is dus minstens 43 *billioen* kilometers van ons af. Die ster zoude dus in 24 uren eenen cirkel van bijna 290 *billioen* kilometers omtrek moeten beschrijven; zij zoude daarvoor eene snelheid moeten hebben van 43000 *millioen kilometers in de secunde!!!*

En dat is nog slechts de meest nabijzijnde vaste ster.

Sirius, die twee maal verder verwijderd is, zoude eene snelheid moeten hebben van bijna 90000 *millioen kilometers in de secunde!* *Capella*, op 146 *billioen* kilometers van ons verwijderd, zoude in iedere secunde 13 *milliard kilometers* moeten afleggen!!! Gelden deze ongeloofelijke snelheden reeds voor de meest nabijzijnde sterren, dan duizelt het ons bij de gedachte, dat er sterren zijn, die nog millioenen malen verder van ons verwijderd zijn.

Wat is nu waarschijnlijker: dat het geheele heelal dagelijks om ons heendraait, of wel, dat onze aarde om eene as wentelt, waarbij aan het heelal de door ons geschetste ongeloofelijke arbeid bespaard blijft?

Indien men denkt aan de uitgestrektheid van den hemel, die bevolkt wordt door millioenen en millioenen sterren, welke van ons op onmetelijke afstanden verwijderd zijn, als men daarbij let op de nietigheid onzer aarde, in vergelijking met die verbazende afstanden, dan wordt het ondenkbaar, dat die geheele sterrenhemel in 24 uren in zijn geheel regelmatig en eenparig om zulk een nietig lichaam als de aarde heenwentelt. Is het bovendien niet ongerijmd, aan te nemen, dat alle planeten, die op zoo verschillende afstanden van ons verwijderd zijn en wier eigen beweging onderling zoozeer uiteenloopt, dat alle kometen, die in geen enkel opzicht met de overige hemellichamen schijnen overeen te komen, aan die beweging deelnemen? Zouden dan al die lichamen, die volkomen van elkander onafhankelijk, en op zoo verschillende afstanden van ons geplaatst zijn, dagelijks

gezamenlijk rondwentelen, alsof zij aan elkander verbonden waren? Die gelijkheid van beweging van een zoo groot aantal in ieder opzicht van elkander verschillende lichamen is op zich zelf reeds voldoende, om ons te doen gevoelen, dat die beweging slechts schijnbaar is; men behoeft slechts een oogenblik na te denken, om overtuigd te zijn, dat er aan de wenteling der aarde niet kan getwijfeld worden.

Men vermijdt alle moeilijkheden, door aan te nemen, dat de aarde in 24 uren om eene as wentelt. Bij gebrek aan directe bewijzen zoude reeds het gezond verstand het vraagpunt beslissen. Als de aarde om eene as wentelt, dan doorloopt een punt van den aequator der aarde in 24 uren 40000 kilometers, en in ééne secunde 465 meters, terwijl Amsterdam zich in iedere secunde 286 meters verplaatst; naarmate men de polen nadert, wordt de te doorloopen cirkel kleiner.

Bovendien is de onderstelling van de wenteling der aarde bevestigd geworden door de waarneming der planeten. Het is toch gebleken, dat deze dezelfde natuur hebben als de aarde en evenzoo om eene as wentelen; *Venus* en *Mars* volbrengen hare wenteling in ongeveer 24 uren, *Jupiter* in 10 uren. Ook de zon wentelt in 25 dagen om eene as. Trouwens de beweging der planeten om eene as is in volkomen overeenstemming met de wetten der mechanica.

Men heeft tegen die beweging de volgende bedenking in het midden gebracht: »gesteld, dat het mogelijk ware, dat wij ons in de lucht konden verheffen en daar eenige secunden konden blijven zweven, dan moesten wij na dien tijd oostelijk van het punt, waaruit wij opgestegen zijn, neerkomen. Als men zich b. v. aan den evenaar gedurende eene halve minuut in den dampkring zoude kunnen in evenwicht houden, dan zoude men 12 kilometers oostwaarts nederkomen." Dit zoude een uitstekend middel zijn, om zich op de aarde te verplaatsen, en een spotvogel beweerde zelfs van die reisgelegenheid te hebben gebruik gemaakt, door in eenen luchtballon te Parijs op te stijgen en eenige uren later in Canada neer te dalen. Ik heb zelfs eene dame in ernst hooren beweren, dat de aarde onmogelijk draaien kan, daar anders de tortelduif zich niet van haar nest zoude durven verwijderen, uit angst van hare jongen uit het oog te verliezen. De scherpzinnige lezer heeft deze bedenking zelf reeds wederlegd door de opmerking, dat alles wat tot de aarde behoort, aan hare wentelende beweging deelneemt, en dat alles wat binnen de grenzen van haren dampkring gelegen is, in die beweging wordt medegesleept.

Als men op een schip, dat zich met groote snelheid voortbeweegt, eenen steen uit den mast laat vallen, dan valt deze even goed aan den voet van den mast neer, als wanneer het schip in rust is. De beweging van het schip wordt medegedeeld aan den mast, aan den steen en aan alles wat op die drijvende woning gevonden wordt: alleen de tegenstand der watervlakte overtuigt de passagiers, dat het schip in beweging is. Hetzelfde is het geval in eenen spoortrein of in eenen luchtballon; ook daar openbaart zich de beweging alleen door den tegenstand der lucht of door botsing tegen andere voorwerpen. De aarde ondervindt bij hare beweging geen tegenstand; vandaar dat men van hare beweging niets bemerkt. Al verheffen wij ons ook in den dampkring, toch blijven wij aan de beweging der aarde deelnemen, omdat ons eenmaal die beweging is medegedeeld. (1)

Zij, die wel eens eene reis met eenen luchtballon hebben medegemaakt, weten bij ondervinding, dat het verkeerd is, eenen brief aan eenen steen bevestigd, naar beneden te werpen, als zij juist boven de plaats gekomen zijn, waar zij den brief bezorgd willen hebben. Hoewel het hun voorkomt, dat de steen vertikaal neervalt, omdat deze steeds met den ballon in dezelfde vertikaal blijft, zoo zal dit inderdaad niet het geval zijn; iemand, die onder den ballon stil staat, ziet duidelijk, dat de steen eene kromme lijn doorloopt en onder het vallen nog steeds met den ballon medegaat.

Een kanonskogel, vertikaal omhoog geworpen, zal weder in het kanon terugvallen, niettegenstaande het kanon zich, in den tijd dat de kogel in de lucht was, met de aarde eenige kilometers oostwaarts verplaatst heeft. De reden is weer dezelfde; de kogel heeft, terwijl hij in de lucht opsteeg, niets verloren van de snelheid, die hem door de beweging der aarde was medegedeeld. Men begrijpt, dat de proef niet zeer gemakkelijk te nemen is, daar het kanon buitengewoon zuiver moet worden afgewerkt en volkomen vertikaal geplaatst moet zijn.

Er zijn nog eene reeks van verschillende verschijnselen, die de leer van de beweging der aarde om eene as op onwederlegbare wijze bevestigen.

Als de aarde rondwentelt, dan zal daarvan het gevolg zijn, dat lichamen, op de oppervlakte der aarde geplaatst, de neiging hebben, zich te verwijderen van het middelpunt van den cirkel, dien zij be-

(1) Dit is ook de reden, waarom de paardrijders in een paardenspel, na door eenen hoepel gesprongen te zijn, weer op het paard neerkomen. Zij blijven deelnemen aan de beweging, die zij op het paard verkregen hadden.

schrijven. Indien wij een zwaar voorwerp, aan eenen draad bevestigd, rondzwaaien, dan gevoelen wij in de spanning van den draad de uitwerking van die middelpuntvliedende kracht. Deze kracht zal aan de polen, die zich niet verplaatsen, nul zijn; zij zal haar maximum hebben aan den evenaar, omdat daar de in 24 uren doorloopen cirkel het grootst is. De gedaante der aarde is hiermede in volkomen overeenstemming, zij is afgeplat aan de polen en verbreed aan den evenaar. Het blijkt bovendien, dat alle voorwerpen aan den evenaar $\frac{1}{289}$ van hun gewicht verliezen tengevolge dier kracht, die werkt in tegenovergestelden zin van de zwaartekracht.

Dat inderdaad de lichamen aan den evenaar het lichtst wegen, blijkt uit proeven met den slinger genomen. Het is toch duidelijk, dat een slinger des te sneller zal slingeren, hoe grooter de kracht is, die hem naar beneden trekt. Een slinger nu van 1 meter lengte, die te Amsterdam in 24 uren 86147 slingeringen volbrengt, volbrengt in dienzelfden tijd aan de polen 86242 en aan den evenaar 86017 slingeringen.

De lengte van den secundeslinger is te Amsterdam 994, aan den evenaar 991 millimeters.

Een steen, die te Amsterdam van eenen toren valt, legt in de eerste secunde van zijnen val 4,91 meters af. Aan de polen is de weg, in ééne secunde afgelegd, 4,95 meters, aan den evenaar slechts 4,89 meters. Dit verschil wordt echter niet alleen veroorzaakt door de middelpuntvliedende kracht, maar ook door de afgeplatte gedaante der aarde.

Wij zeiden zooeven, dat de middelpuntvliedende kracht aan den evenaar $\frac{1}{289}$ van de zwaartekracht bedraagt. Daar nu de middelpuntvliedende kracht toeneemt in de reden van de vierkanten der snelheden, zoo zouden, daar 289 het vierkant van 17 is ($17 \times 17 = 289$), de lichamen aan den evenaar niets wegen, indien de aarde 17 maal sneller draaide.

Daar de snelheid grooter is, naarmate men verder van het middelpunt der aarde verwijderd is, (omdat men dan in denzelfden tijd eenen grooteren cirkel doorloopt), zoo zal een steen, op de oppervlakte der aarde geplaatst, eene grootere snelheid in oostelijke richting hebben, dan een steen onder in eenen put geplaatst. Hieruit volgt, dat een voorwerp, in eenen put geworpen, niet volkomen eene vertikale lijn volgt, maar daarvan eenigszins in oostelijke richting afwijkt. Die afwijking hangt af van de diepte van den put; zij is

aan den evenaar 33 millimeters op elke 100 meters diepte. In de mijnen van Freiberg (in Saksen) heeft men eene oostelijke afwijking van 28 millimeters op 158 meters waargenomen.

Ook de geologie heeft een aantal bewijzen geleverd voor de beweging der aarde; men kan zeggen, dat alle wetenschappen, die meer of minder met de sterrenkunde samenhangen, het hare hebben bijgedragen, om de beweging der aarde te staven. Ook de gedaante der aarde (omwentelingsspheröide (1)) pleit er voor, dat zij oorspronkelijk een vloeibaar lichaam geweest is, dat met eene bepaalde snelheid rontwentelde.

Nog andere verschijnselen, zooals de stroomingen in den dampkring en in de zee, de passaatwinden enz. vinden hunne verklaring in de wenteling der aarde.

Doch geen van al deze bewijzen stelt de beweging der aarde in een zoo helder licht als de slingerproef van Foucault. Men bevestigt daartoe een stalen draad met zijn eene uiteinde aan eene metalen plaat, die stevig aan de zoldering van een hoog gebouw is vastgemaakt. Die draad wordt gespannen door eenen tamelijk zwaren metalen kogel. Onder aan dien kogel is eene scherpe spits bevestigd, en op den grond wordt fijn zand gestrooid, om het spoor van die spits aan te wijzen, als de slinger in beweging is. Men ziet dan, dat de spits zich niet altijd over dezelfde rechte lijn beweegt; eene reeks van elkander in het midden snijdende lijnen toonen eene afwijking van het slingervlak aan van het oosten naar het westen. Het is duidelijk, dat het slingervlak zelf onveranderd blijft, doch dat de aarde er onder heen draait van het westen naar het oosten. Men wane niet, dat het slingervlak veranderen moet door de wringing, die de draad ondergaat. Dit kan door eene eenvoudige proef aangetoond worden. Daartoe neme men een kogeltje, opgehangen aan eenen draad van ongeveer twee meters lengte, en bevestig den draad aan eene schroef in de zoldering. Indien dan de schroef gedraaid wordt, terwijl de slinger schommelt, dan zal de draad gewrongen worden, maar het slingervlak verandert niet.

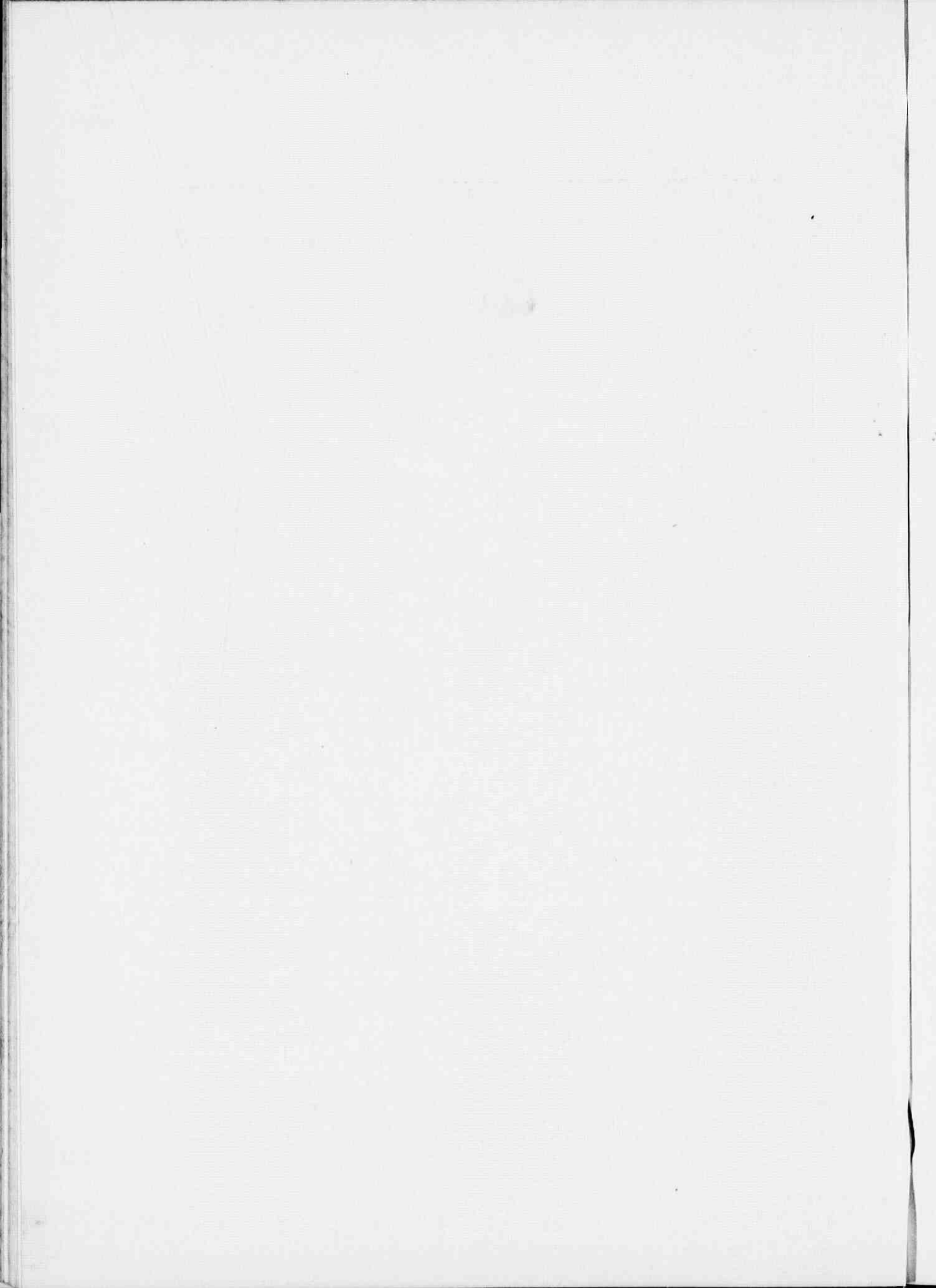
Dit is het beginsel van de bekende slingerproef van Foucault, het eerst genomen in het Pantheon te Parijs in het jaar 1851 (2) (fig. 31).

(1) Door eene omwentelingsspheröide verstaat men een lichaam, ontstaande door de wenteling eener halve ellips om hare korte as.

(2) Om te vermijden, dat de slinger op het eerste oogenblik eene zijdelingsche beweging ontving, was aan den kogel een draad bevestigd, die aan den muur was vastgemaakt. De slinger werd in beweging gebracht, door dien draad door te branden.



Slingerproef van Foucault.



Indien een slinger opgehangen was boven eene der polen der aarde, dan zou het slingervlak, daar het niettegenstaande de wringing van den draad onveranderd blijft, in vier en twintig uren schijnen rond te draaien in tegengestelden zin van de beweging der aarde.

Was de slinger ergens aan den evenaar opgehangen, dan zoude er in het geheel geene afwijking zijn. Maar voor alle plaatsen, gelegen tusschen den evenaar en de polen, zal het slingervlak schijnen rond te draaien in eenen tijd, die grooter is naarmate men meer den evenaar nadert.

Dit zijn de onomstootelijke bewijzen voor de wenteling der aarde om eene as. De bewijzen voor de beweging der aarde om de zon zijn niet minder overtuigend.

Vooreerst bewegen zich alle planeten om de zon, en de aarde is ook eene planeet. Om de schijnbare beweging der planeten Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus te verklaren in de onderstelling dat de aarde stilstond, waren de oude astronomen verplicht, eene zeer gecompliceerde beweging van het zonnestelsel aan te nemen en een getal van 72 kristallen cirkels te verzinnen, die in elkander pasten! Alle planeten bewegen zich echter evenals de aarde om de zon. Het is dus natuurlijk, dat, waar de aarde in den loop van een jaar zoo ver van elkander verwijderde punten van hare baan inneemt, de beweging der planeten om de zon ons zeer ingewikkeld moet toeschijnen; als wij vooruitgaan, schijnt de eene planeet achteruit te gaan; als wij naar links gaan, schijnt eene andere naar rechts te gaan; ja zelfs kan door de combinatie van de beweging der aarde en der planeet de laatste een tijdlang schijnen stil te staan. In de onderstelling, dat de aarde zich om de zon beweegt, kunnen die ingewikkelde bewegingen zeer gemakkelijk verklaard en vooruit berekend worden. Nemen wij daarentegen aan, dat de aarde stil staat, dan verkrijgen wij eene zoo samengestelde beweging, dat wij ons zeer goed kunnen begrijpen, dat Alphonsus X, koning van Castilië, reeds in de 13^{de} eeuw durfde zeggen, dat hij, als God zijnen raad had ingeroepen, toen Hij de wereld schiep, Hem zou geraten hebben, die eenvoudiger en minder ingewikkeld te maken. Deze onvoorzichtige uitval kostte den koning zijne kroon. Sedert de 13^{de} eeuw is de wetenschap veel vooruitgegaan. De berekening van de loopbanen der kometen, waarvan de juistheid bewezen is door het terugkeeren dier hemellichamen op de vooruit aangewezen plaatsen, zou onmogelijk zijn, in de onderstelling dat de aarde stilstond. De planeet Uranus, op het einde der vorige

eeuw ontdekt buiten de loopbaan van Saturnus, en de planeet Neptunus, in het midden dezer eeuw ontdekt, hebben de beweging der planeten om de zon bevestigd en de onmogelijkheid harer beweging om de aarde bewezen. Men mag met grond beweren, dat de ontdekking van Neptunus, die heeft plaats gevonden langs zuiver theoretischen weg, door wiskundige redeneering, aan de oude leer den genadeslag heeft toegebracht. Alleen toch uit de wetten der aantrekkingskracht is het bestaan afgeleid van eene planeet, op meer dan 4000 millioen kilometers van ons verwijderd, en die in 865 jaren haren loop om de zon volbrengt. Bovendien zijn sedert het begin dezer eeuw meer dan vier honderd kleine planeten ontdekt, tusschen Mars en Jupiter gelegen, welke zich alle zonder uitzondering om de zon bewegen. Zoo maakt dus het geheele zonnestelsel ééne familie uit, waarvan de reusachtige zon de heerscheres en leidsvrouw is.

Doch er is meer. Wij kunnen de jaarlijksche beweging der aarde zich aan den hemel zien afspiegelen. De vaste sterren zijn niet op oneindigen afstand van ons verwijderd. Sommige liggen betrekkelijk dicht bij ons, en zijn slechts enkele billioenen kilometers van ons verwijderd. Nu beschrijft de aarde in een jaar tijds om de zon eene elliptische baan van 928 millioen kilometer. Als men dus gedurende een geheel jaar eene der dichtstbijgelegen sterren beschouwt, terwijl men eene ver verwijderde ster als punt van vergelijking aanneemt, dan ziet men, dat de naastbijzijnde ster zich ten opzichte der verst verwijderde verplaatst en zich aan den hemel in eene ellips beweegt, in tegengestelden zin van de jaarlijksche beweging der aarde. Door het meten van die kleine ellipsen, door sommige vaste sterren aan den hemel beschreven, heeft men zelfs haren afstand kunnen bepalen. Ten tijde van Copernicus, Tycho-Brahé en Galilei was de schijnbare onveranderlijkheid der vaste sterren een der krachtigste argumenten tegen de jaarlijksche beweging der aarde. Door den krachtigen vooruitgang in de nauwkeurigheid der waarnemingen is dit argument den tegenstanders van de beweging der aarde uit de handen geslagen.

Nog op eene andere wijze kan men de beweging der aarde om de zon aantoonen, en wel door de „aberratie van het licht.” De lichtstralen komen van de sterren in eene rechte lijn met eene snelheid, die ongeveer 10000 malen grooter is dan de snelheid der aarde om de zon. Als de aarde stilstond, zouden wij die lichtstralen ontvangen in de richting, waarin zij worden uitgezonden. Maar wij loopen onder de lichtstralen door op dezelfde wijze als onder eene vertikale

regenbui: hoe harder wij loopen, des te schuiner moeten wij onze parapluie houden, om niet nat te regenen. Als wij in den trein zitten, dan ontstaan op de ruiten van den waggon schuine strepen door de samenwerking van de horizontale beweging van den trein met de vertikale beweging der regendroppels. Zoo kunnen wij onze kijkers, die op de sterren gericht zijn, met onze parapluies vergelijken, die de regendroppels moeten opvangen. De beweging der aarde veroorzaakt, dat wij onze kijkers moeten vooroverbuigen, om de lichtstralen van de sterren op te vangen. Iedere ster beschrijft in een jaar tijds door de aberratie van het licht aan den hemel eene ellips, veel grooter dan die welke het gevolg is van ons verschilzicht, en waarvan de grootte en gedaante niet afhangt van den afstand, waarop zij van ons verwijderd is, maar van haren stand ten opzichte van de jaarlijksche beweging der aarde. Dit verschijnsel is voor de sterrenkunde van het grootste gewicht. Daardoor heeft men ten eerste kunnen aantoonen, dat de snelheid van het licht inderdaad 300 000 kilometers in de secunde bedraagt, zooals men reeds vroeger langs eenen anderen weg gevonden had, en ten tweede heeft men er de beweging der aarde om de zon op onwederlegbare wijze uit afgeleid. Als de aarde in rust was, zoude de hier geschetste beweging volkomen onverklaarbaar zijn.

Maar niet alleen, dat de beweging onzer planeet en van hare zusters volkomen vaststaat, wij kennen ook even nauwkeurig de oorzaak van al die bewegingen. De moderne sterrenkunde heeft ons het bestaan van *de algemeene aantrekkingskracht der stof* geopenbaard. De kennis der wetten, waaraan die kracht gehoorzaamt, stelt ons in staat, de geringste storingen te voorspellen en den invloed na te gaan, dien de verschillende hemellichamen op elkander uitoefenen; ja zelfs heeft zij ons nooit aan den hemel waargenomen planeten doen ontdekken. Zoo zijn Neptunus en de wachter van Sirius ontdekt, vóórdát zij ooit door een menschelijk oog bespied waren. Er is geen enkel feit, dat niet in volkomen overeenstemming is met de astronomische theorieën, en ieder nieuw verschijnsel werkt mede, om die theorieën te bevestigen. Wij kunnen dus inderdaad zeggen, dat zij onwederlegbaar zijn.

Het is dikwijls lastig, onze opvattingen te doen deelen door diegenen, die eene meening zijn toegedaan, in strijd met de onze. Een oud spreekwoord zegt: »het is veel gemakkelijker eenen dwaas verstand te geven, dan hem te overtuigen, dat hij geen verstand bezit." Gelukkig zijn de feiten, die wij in dit hoofdstuk hebben willen in

het licht stellen, door geene spitsvondigheden omver te werpen. Wij meenen niet te veel te zeggen, als wij onze verwachting uitspreken, dat bij niemand onzer lezers thans nog eenige twijfel zal zijn overgebleven aan de beweging der aarde om eene as en om de zon.

Wij moeten nu nog een oogenblik de aarde op zich zelf beschouwen.

De aarde heeft eene middellijn van 12732 kilometers. Doch zij is niet volkomen rond, daar zij aan de polen afgeplat is, en wel ongeveer $\frac{1}{300}$; de middellijn, die de beide polen verbindt, is kleiner dan die welke twee tegenover elkander gelegen punten van den evenaar vereenigt; het verschil bedraagt 42 kilometers. Op eene aardglobe van 1 meter middellijn zou dat verschil slechts $3\frac{1}{3}$ millimeters bedragen. Op eene zoodanige globe zoude de hoogste berg der aarde, de Gaurisankar, van het Himalayagebergte, waarvan de hoogte 8840 meters bedraagt, slechts $\frac{7}{10}$ millimeter bedragen.

Naarmate men zich boven de oppervlakte der aarde verheft, breidt zich onze horizon uit. Op duizend meters hoogte is onze horizon een kegel, waarvan het grondvlak eenen straal heeft van 112 kilometers, zoodat wij dan eenen cirkel van 224 kilometers middellijn kunnen overzien.

De aarde is omgeven van eene atmosfeer, waarin wij ademen en leven, bestaande uit zuurstof, stikstof, en eene kleine hoeveelheid koolzuur. Ook bevat zij waterdamp, die opstijgt uit de zee en uit den bodem, die door den regen gedrenkt is. Die atmosfeer, welke niet volkomen doorschijnend is, kaatst het daglicht terug, waardoor zij de hemelsblauwe kleur verkrijgt, die het oog zoozeer verrukt. Ten gevolge van die verlichting van de lucht door het zonnelicht kunnen wij de sterren over dag niet zien. De helderste hemellichten, zooals Venus, Jupiter, Sirius, doorboren eene enkele maal dien azuren sluier; dan kan men ze met behulp van eenen kijker aan den hemel vinden, indien men weet, waar ze te zoeken. De hoogte van de atmosfeer is zeer gering; op 48 kilometers van de oppervlakte der zee is zij bijna onmerkbaar. Men is in eenen ballon nooit hooger gestegen dan negen kilometers. Het is niet onmogelijk, dat er boven den dampkring nog eene lichtere, waterrijke atmosfeer bestaat; ten minste de verschijnselen bij de schemering, het noorderlicht en de vallende sterren schijnen daarop te wijzen.

De dampkring speelt eene belangrijke rol bij alle astronomische waarnemingen, omdat daarin de lichtstralen, van de sterren afkomstig,

gebroken worden, zoodat wij ze hooger zien, dan zij werkelijk staan. Men noemt dit verschijnsel atmosferische straalbreking (fig. 32). De straalbreking is nul in het punt, dat recht boven ons gelegen is, het zenith genaamd, omdat het licht dan loodrecht in de luchtlagen valt; zij wordt grooter, naarmate men zich van het zenith verwijderd en tot den horizon nadert. Aan den horizon verplaatst de straalbreking de sterren juist zooveel als de schijnbare middellijn van zon of maan bedraagt. Het gevolg hiervan is, dat, als wij de sterren zien opkomen, zij werkelijk nog onder den horizon zijn (fig. 32). Daardoor schijnt ons ook de zon ovaal toe, als wij haar zien ondergaan. De correctie, die bij alle astronomische waarnemingen voor de straalbreking moet worden aangebracht, is nauwkeurig bekend.

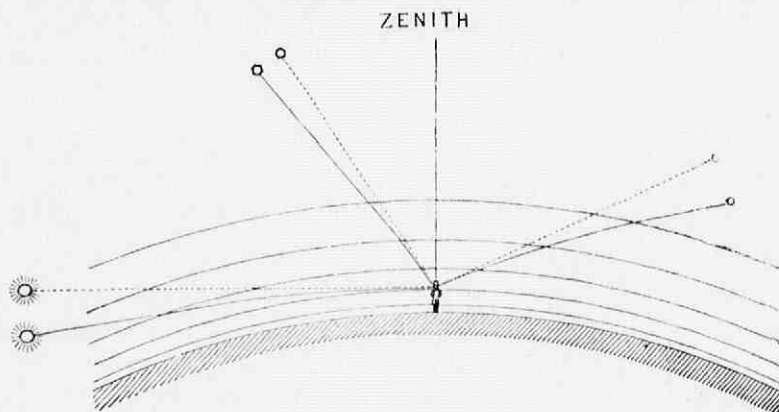


Fig. 32. — Straalbreking in den dampkring.

De aarde heeft eenen inhoud van één billioen kubieke kilometers. Men heeft haar gewicht tamelijk nauwkeurig bepaald, door de aantrekking, die zij op de voorwerpen, op hare oppervlakte geplaatst, uitoefent, te vergelijken met de aantrekking, door eenen grooten looden kogel uitgeoefend (toestel van Cavendish). Zij weegt $5\frac{1}{2}$ maal meer dan een gelijk volume water, en wel omstreeks 6 quadrillioen kilogram. De dampkring weegt millioen maal minder, namelijk ruim 6 trillioen kilogram.

De oppervlakte der aarde is 510 millioen vierkante kilometers, waarvan 383 260 000 door de zee bedekt zijn, zoodat slechts 126 740 000 vierkante kilometers of een vierde der aardoppervlakte bewoonbaar is.

De aarde ligt onder den invloed van magnetische werkingen, waarvan de oorzaak voor ons nog in het duister ligt. Magnetische stroomingen richten op geheimzinnige wijze de magneetnaald naar het noorden. De sterkte en de richting dier stroomen veranderen van dag tot dag,

van jaar tot jaar, van eeuw tot eeuw. Voor twee eeuwen, in 1666, wees te Parijs de magneetnaald juist naar het noorden. Daarna week zij naar het westen af, (d. i. links, als men met het gelaat naar het noorden gekeerd is; hare declinatie (afwijking) was in 1700 ongeveer 8 graden,

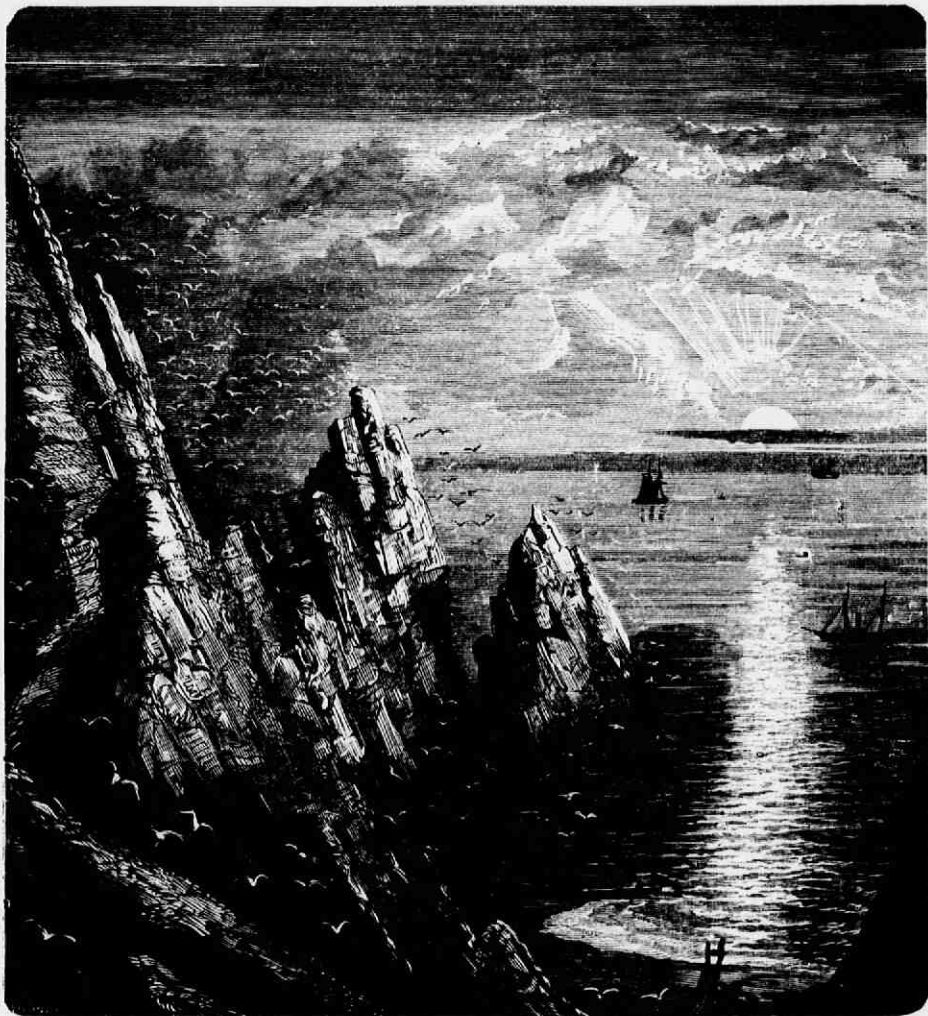


Fig. 33. — Het ondergaan van de zon aan de poolstreken.

in 1750 17 graden in 1800 22 graden; hare grootste declinatie had zij in 1813 bereikt; van dien tijd af is zij weer bezig naar het noorden terug te keeren, zoodat de declinatie thans 15 graden bedraagt. In het jaar 1962 zal zij weder juist naar het noorden wijzen. Die belangrijke afwijking heeft heel wat zeerampen veroorzaakt in den tijd, toen de zeevaarders daarvan niet op de hoogte waren. Bovendien

ondervindt de magneetnaald nog kleine dagelijksche schommelingen, zoodat zij te 8 uren 's morgens de grootste oostelijke afwijking heeft, en te 1 uur n.m. de grootste westelijke afwijking. De wijdde dier dagelijksche schommelingen verandert in den loop van negentien jaren; opmerkelijk is het, dat er verband bestaat tusschen de wijdde dier schommelingen en het aantal zonnevlekken: die wijdde is het grootst, als ook het aantal zonnevlekken het grootst is. Ook is er verband tusschen het aantal zonnevlekken en het noorderlicht. Opmerkelijk is het, hoe de magneetnaald te Utrecht als het ware in koortsachtige gejaagdheid geraakt onder den invloed van het noorderlicht, dat in Zweden en Noorwegen gezien wordt. Zij krijgt hare kalmte eerst weder terug, zoodra het noorderlicht daar verdwenen is.

Het organische leven op aarde wordt vertegenwoordigd door 120 000 plantensoorten en 300 000 diersoorten. Op onze aarde leven 1400 millioen menschen. Ongeveer in iedere secunde wordt één kind geboren en sterft ook één menschelijk wezen. Het aantal geboorten is echter iets grooter dan dat der sterfgevallen, zoodat de bevolking steeds langzaam toeneemt.

Men schat, dat sedert den oorsprong van het menschelijk geslacht reeds 400 milliard menschen op de aarde geleefd hebben. Al die verschillende organismen zijn uit dezelfde bestanddeelen samengesteld geweest. De lucht, die wij inademen, het voedsel, dat wij opnemen, dat alles heeft reeds gediend tot opbouw en instandhouding van de lichamen onzer voorouders.

Tusschen alle organische wezens op aarde heeft dus eene voortdurende stofwisseling plaats: de dood behoudt niets. De molecule zuurstof, die opstijgt uit de overblijfselen van den eeuwenouden eik, wordt opgenomen door het schuldellooze kind, dat zooeven het levenslicht aanschouwde, en de molecule koolzuur, die uit de borst van den lijder op zijne stervenssponde ontsnapt, wekt nieuw leven in de ontluikende roos Zoo is er harmonie tusschen leven en dood; stof keert tot stof terug, om weer in eenen anderen vorm te herleven.

Als de geslachten der bladeren, zoo zijn die der menschen. Evenals de boom zich jaarlijks tooit met eene nieuwe bladerenkroon, zoo volgt het eene menschengeslacht het andere op. Maar de stof is eeuwig. Uit ons graf ontkiemt weder nieuw leven.

ZEVENDE HOOFDSTUK.

Ontstaan der aarde. Haar levensduur. Oorsprong en vergaan der werelden.

Wij hebben in de vorige bladzijden de plaats leeren kennen, welke wij in het heelal innemen. Wij moesten beginnen met aan te toonen, dat de aarde een nietig deel van de wereldruimte uitmaakt, om ons voor altijd vrij te maken van den ijdel en waan, alsof de aarde de grondslag en het middelpunt der schepping uitmaakt. De volgorde onzer verdere beschouwingen is van zelf aangewezen. De maan zal de eerste pleisterplaats zijn op onze groote reis; wij zullen op hare oppervlakte vertoeven, om hare vreemde natuur en hare geschiedenis te bestudeeren; zij is het dichtst bij ons gelegen, en maakt als het ware deel uit van de aarde, omdat zij haar in haren loop vergezelt op eenen afstand van 384000 kilometers. Daarna zullen wij de zon, het middelpunt van het planetenstelsel, bezoeken, en den reuzenstrijd trachten bij te wonen, dien de losgelaten elementen op dien gloeienden vuurhaard leveren, den vuurhaard, welks weldoende stralen leven wekt op de planeten. Vervolgens zullen wij uitstapjes maken naar de verschillende planeten, te beginnen met Mercurius, die het dichtst bij de zon gelegen is, om te eindigen met Neptunus, die thans nog aan de uiterste grens van het zonnestelsel gelegen is. De wachters, de eclipsen, de vallende sterren, de kometen zullen tot de volledigheid onzer reisbeschrijving bijdragen. Maar dan hebben wij nog slechts een klein gedeelte van onze reis volbracht, want in éénen sprong zullen wij ons van Neptunus naar de vaste sterren verplaatsen, om te zien, dat iedere vaste ster eene zon is van een ander zonnestelsel, waaromheen zich waarschijnlijk verschillende planeten bewegen. Die zonnen worden niet bij duizenden, maar bij miljoenen geteld; en hare onderlinge afstanden worden niet bij miljoenen of milliarden kilometers gemeten, maar bij miljoenen van miljoenen. Ten slotte zullen wij een oogenblik stil houden bij de op onmetelijke afstanden gelegen sterrenhoopen en bij de nevelvlekken, die werelden in wording, die voor ons de stemmen zijn van het verledene en de profetieën der toekomst.

Vóórdat wij ons echter op reis begeven, wenschen wij nog even een enkel woord te spreken over de omstandigheden, waaronder zich het leven op aarde heeft ontwikkeld, en over het lot dat ons in de toekomst wacht.

Het leven op aarde, zoowel van planten en dieren als van den mensch, in de peillooze diepten van den oceaen en op het vaste land, is niet altoos zoo geweest, als wij het thans kennen. Het heeft zich langzaam vervormd en ontwikkeld. Er was een tijd, waarop geene der thans bestaande soorten op aarde voorkwam, en waarop zelfs het leven op aarde ontbrak. De vorm der aarde, hare afplatting aan de polen, de verschillende aardlagen, de vulkanen, de aardbevingen, de regelmatige toename der temperatuur naarmate men dieper in de aarde doordringt, al die verschijnselen maken het waarschijnlijk, dat de aarde oorspronkelijk onbewoonbaar geweest is, en in gloeienden toestand verkeerd heeft. Indien men verder let op de jaarlijksche beweging van de aarde om de zon en op die der overige planeten, dan ziet men, dat alle planeten zich om de zon bewegen in vlakken, die eene geringe helling hebben ten opzichte van den aequator der zon, en in dezelfde richting, waarin de zon om hare as wentelt (1).

Men krijgt hierdoor reeds van zelf den indruk, dat het ontstaan der planeten samenhangt met de zon. Dien indruk hadden in de vorige eeuw reeds Kant en Laplace gekregen. Ook nu nog treft ons die samenhang, niettegenstaande enkele kleinigheden nog niet voldoende verklaard zijn. Daar wij de schepping der wereld niet zelf hebben bijgewoond, kunnen wij door directe waarneming daaromtrent niets te weten komen, en moeten wij dus door redeneering tot eene rationeele verklaring trachten te komen. De waarschijnlijkste theorie, die het meest op wetenschappelijke gronden berust, is deze, dat de zon oorspronkelijk een nevelvlek geweest is, die zich uitstreckte tot zelfs buiten de grenzen van het tegenwoordige zonnestelsel, en die met eene zeer geringe snelheid om eene as wentelde.

Denken wij ons dus eene verbazend groote gasmassa, in de wereldruimte geplaatst. Hare deelen gehoorzamen aan de wetten der aantrekkingskracht. De aantrekkingskracht is toch eene kracht, eigen aan alle stof. Het dichtste gedeelte dier massa zal de overige deelen naar zich toetrekken, en bij dien langzamen val der verst verwijderde

(1) Sommige der kleine planeten beschrijven bogen, die met den aequator der zon groote hoeken maken; maar hare talrijkheid en geringe grootte wijzen er op, dat zij bijzondere storingen hebben ondergaan.

deeltjes naar het sterkst aantrekkende gedeelte, zal, als die beweging niet juist naar het middelpunt gericht is, de geheele massa in draaiende beweging geraken. De natuurlijke gedaante is de kogelvorm, d. i. de vorm, dien een droppel kwik of water aanneemt, aan zich zelf overgelaten. Men kan gemakkelijk bewijzen, dat de omwentelingssnelheid der nevelvlek bij hare inkrimping toeneemt. Terwijl zij rondwentelt, wordt zij aan de polen afgeplat, en neemt zij den vorm aan van eene groote lens. Het kan gebeuren, dat hare snelheid zoo groot wordt, dat de middelpuntvliedende kracht de aantrekkingskracht der stof overtreft; hiervan is het onvermijdelijk gevolg, dat het evenwicht verbroken wordt en dat een ring wordt afgerukt. Die gasring zal in denzelfden tijd en met dezelfde snelheid

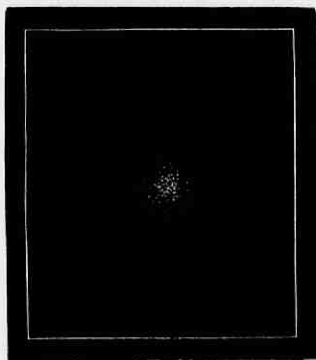


Fig. 34. — Nevelvlek bij het begin van hare verdichting.

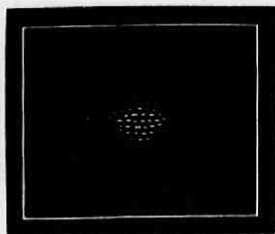


Fig. 35. — Nevelvlek als wereld in wording.



Fig. 36. — Nevelvlek met sporen van losgelaten ringen.

blijven rondwentelen, maar de nevelvlek zelf zet hare verdichting voort en wentelt met toenemende snelheid rond. Ditzelfde verschijnsel zal zich telkens herhalen, zoodra de omwentelingssnelheid een zoodanig bedrag heeft bereikt, dat de middelpuntvliedende kracht de aantrekkingskracht overtreft.

Door onze kijkers kunnen wij nevelvlekken waarnemen, wier vorm in overeenstemming is met die veranderingen. Letten wij slechts op de drie hier geteekende nevelvlekken. (fig. 34, 35, 36). De eerste bevindt zich in het sterrenbeeld *de Jachthonden* en is het type van eene verdichting, waarbij zich eene ster vormt in het midden van eene bolvormige of lensvormige nevelvlek; de tweede ligt in het sterrenbeeld *de Waterman* en doet zich aan ons voor als een bolvormig lichaam, omgeven door eenen ring van terzijde gezien; zij herinnert ons dadelijk aan Saturnus met haren ring; de derde is gelegen in het sterrenbeeld *Pegasus*, en vertoont het beeld van eene

zon, omgeven door gasvormige spiralen. Later zullen wij nog andere, niet minder belangrijke nevelvlekken bespreken. De spectraalanalyse heeft geleerd, dat de nevelvlekken niet bestaan uit dicht bij elkander gelegen sterren, maar uit gassen, waarin stikstof en waterstof de overhand hebben.

Uit deze theorie kan men de vorming der planeten, hare ligging ten opzichte van den aequator der zon en hare beweging om de zon op eene eenvoudige wijze afleiden. De verst verwijderde planeet, Neptunus, zoude van de nevelvlek losgeraakt zijn, toen deze zich nog tot Neptunus uitstreckte en om eene as wentelde in den tijd van 165 jaren. Alleen dan, als de oorspronkelijke ring volkomen regelmatig en gelijkslachtig was, zoude deze als ring hebben kunnen blijven bestaan; dit is echter eene bijna onmogelijke voorwaarde; vandaar dat Neptunus langzamerhand tot eenen bol verdicht werd. Achtereenvolgens zouden daarna Uranus, Saturnus, Jupiter, de kleine planeten en Mars losgeraakt zijn. Daarna kwam de beurt aan de aarde, die dus moet ontstaan zijn op een tijdstip, waarop de zon zich tot aan hare grenzen uitstreckte en om eene as wentelde in 365 dagen. Venus en Mercurius zouden nog later geboren zijn. Zal de zon nog aan nieuwe werelden het aanzijn schenken? Het is niet waarschijnlijk. Daartoe zoude hare omwentelingssnelheid 219 malen grooter moeten zijn, dan zij op dit oogenblik is.

Op dezelfde wijze moet ook de maan gevormd zijn uit den aequator der aarde, toen deze nog nevelvlek was, zich tot aan het gebied van de maan uitstreckte en in 27 dagen en 7 uren om eene as wentelde.

Volkomen in het kader van deze theorie past hetgeen wij omtrent de betrekkelijke dichtheden der planeten en wachters weten. De maan, die als het ware gevormd is uit de stoffen, die in de aardsche nevelvlek bovendreven, is veel minder dicht dan de aarde. De verafgelegen planeten Neptunus, Uranus, Saturnus en Jupiter zijn veel minder dicht dan de overige planeten Mars, de aarde, Venus en Mercurius. Bovendien blijkt, dat de verschillende lichamen van ons zonnestelsel, en zelfs de kometen, de vallende sterren en de meteoren, dezelfde scheikundige samenstelling hebben als de zon.

Zoo is dan de aarde ontstaan door de langzame verdichting van eenen van de zon losgelaten ring (fig. 37), terwijl eerst later, nadat de zon verder ingekrompen en verdicht is, Venus en Mercurius ontstaan zijn. Van toen af aan had de aarde een onafhankelijk

bestaan. Zij ging langzamerhand over in eenen grooten gasbol, die om eene as wentelde, en die, tengevolge van de hitte, ontstaan door de zich steeds herhalende botsing zijner deeltjes, met een flauw licht aan het hemelgewelf schitterde.



Fig. 37. — Vorming der planeten. Ontstaan der aarde.

Langzamerhand is zij vloeibaar en daarna vast geworden, en zonder twijfel koelt zij nog steeds af en krimpt zij nog steeds in. Toch neemt zij in massa toe, omdat milliarden meteorieten jaarlijks op hare oppervlakte neervallen.

De tijd, dien de natuur besteed heeft aan de schepping der werelden, wordt niet bij jaren of eeuwen geteld. Millioenen bij millioenen eeuwen zijn de secunden van het uurwerk des heelals. Doch dit is juist het voortreffelijke in onzen geest, dat hij zich tijd en ruimte kan wegdenken, zoodat hij de werelden ziet ontstaan, ze ziet schijnen met een flauw licht, daarna ziet schitteren als glinsterende zonnen, en ze daarna ziet afkoelen, en met eene vaste korst bedekken, dan de geweldige uitbarstingen ziet, waardoor de korst gespleten wordt, waarin de litteekens der verwoestingen voor eeuwig blijven bestaan. Onze geest ziet die werelden langzamerhand vaster worden, terwijl zij licht en warmte van de zon ontvangen, en geschikt worden voor het leven van georganiseerde wezens, die op hunne beurt hare oppervlakte vervormen. Doch ook ziet onze geest dezelfde werelden, waarop de rede en het verstand hunne woning gegrondvest hebben, hare vruchtbaarheid weder verliezen, en, evenals de mensch, verouderen en vervallen, om aan den dood te worden overgeleverd en als eene on-

metelijke graftombe te worden voortgedreven in den eeuwigen nacht.

Welk eene gedaanteverwisseling! Hoe menigmaal is de aarde niet vernieuwd sedert het tijdstip, dat zij aan de zonnenevelvlek ontruikt werd! Hoeveel eeuwen is de zon zelf reeds oud! Men heeft berekend, hoeveel warmte wel opgewekt moet zijn door den val der verschillende deelen van den omtrek naar het middelpunt der zon, in de onderstelling, dat de nevelvlek oorspronkelijk eene oneindig kleine dichtheid bezeten heeft. Volgens Helmholtz en Tyndall zoude daardoor eene temperatuursverhooging van 28 *millioen graden Celsius* ontstaan zijn. Men weet reeds sedert lang, dat warmte niets anders is dan een vorm van beweging, eene oneindig kleine trilling der atomen; men kan naar willekeur beweging in warmte en warmte in beweging omzetten. De warmte, door de verlichting der nevelvlek ontstaan, is meer dan voldoende geweest, om de zon hare tegenwoordige, en de planeten hare oorspronkelijke temperatuur te geven. Als de zon blijft voortgaan met zich te verdichten, dan zal eene inkrimping van $\frac{1}{2000}$ van hare middellijn warmte genoeg opwekken, om het verlies door uitstraling gedurende 2000 jaren te dekken. De tijd, die voor de verdichting van ons zonnestelsel noodig was, overtreft onze stoutste verbeelding. Milliarden eeuwen kunnen daarvoor zonder overdrijving gesteld worden. De proeven omtrent de afkoeling van het bazalt schijnen te bewijzen, dat alleen onze aarde 350 millioen jaren heeft noodig gehad, om van 2000 tot 200 graden af te koelen. En hoeveel ouder moet dan de zon niet zijn. De geheele geschiedenis der menschheid verzinkt bij dergelijke perioden in het niet.

Gedurende duizenden jaren was de aarde een groot scheikundig laboratorium. Een stroom van kokend water viel uit de wolken op de gloeiende oppervlakte neder, en steeg weer als damp in den dampkring op, om weer als water neer te vallen. Toen de temperatuur minder werd dan die van kokend water, verdichtte zich de waterdamp. Te midden van die ontzagwekkende stormen braakte de aardkorst, gespleten door de uitbarstingen van het centrale vuur, vlammen uit, om zich daarna weder te sluiten, vulkanen verrezen boven de oppervlakte der warme zeeën, en de eerste eilanden werden gevormd. De eerste halfvloeibare koolstofverbindingen waren het begin der organische wereld en vormden den overgang tusschen delfstoffen en georganiseerde stoffen. De eerste planten, het in het water levende zeewier, waren weder een stap voorwaarts. Daarop

volgden de eerste dieren, de zoöphyten, de koralen, de medusen. Langzamerhand verloor onze aarde hare primitieve gedaante, verbeterden zich de voorwaarden voor het leven, en ontwikkelden zich de organen der levende wezens. Het primordiale tijdvak, waarin men slechts algen, schaaldieren, koplooze gewervelde dieren kende, schijnt 53 honderdsten van den tijd geduurd te hebben, die er verlopen is, sedert de aarde bewoonbaar is geworden. Het primaire tijdvak, dat hierop volgt, is de tijd der steenkoolformatie en van het eerste optreden der visschen, en moet 31 honderdsten van genoemden tijd ingenomen hebben. Toen volgde het secundaire tijdvak, waarin het plantenrijk hoofdzakelijk vertegenwoordigd werd door de coniferen, en het dierenrijk door hagedisachtige kruipende dieren. Deze periode heeft 12 honderdsten van genoemden tijd geduurd.

Het tertiaire tijdvak, waarin voor het eerst zoogdieren optraden, en die diersoorten, welke reeds meer met den mensch overeenkwamen, duurde slechts 3 honderdsten van den geheelen tijd.

Eindelijk trad in het quaternaire tijdvak de mensch op. Die periode vertegenwoordigt slechts één honderdste van den tijd, die er verlopen is, sedert dat de aarde bewoonbaar is geworden.

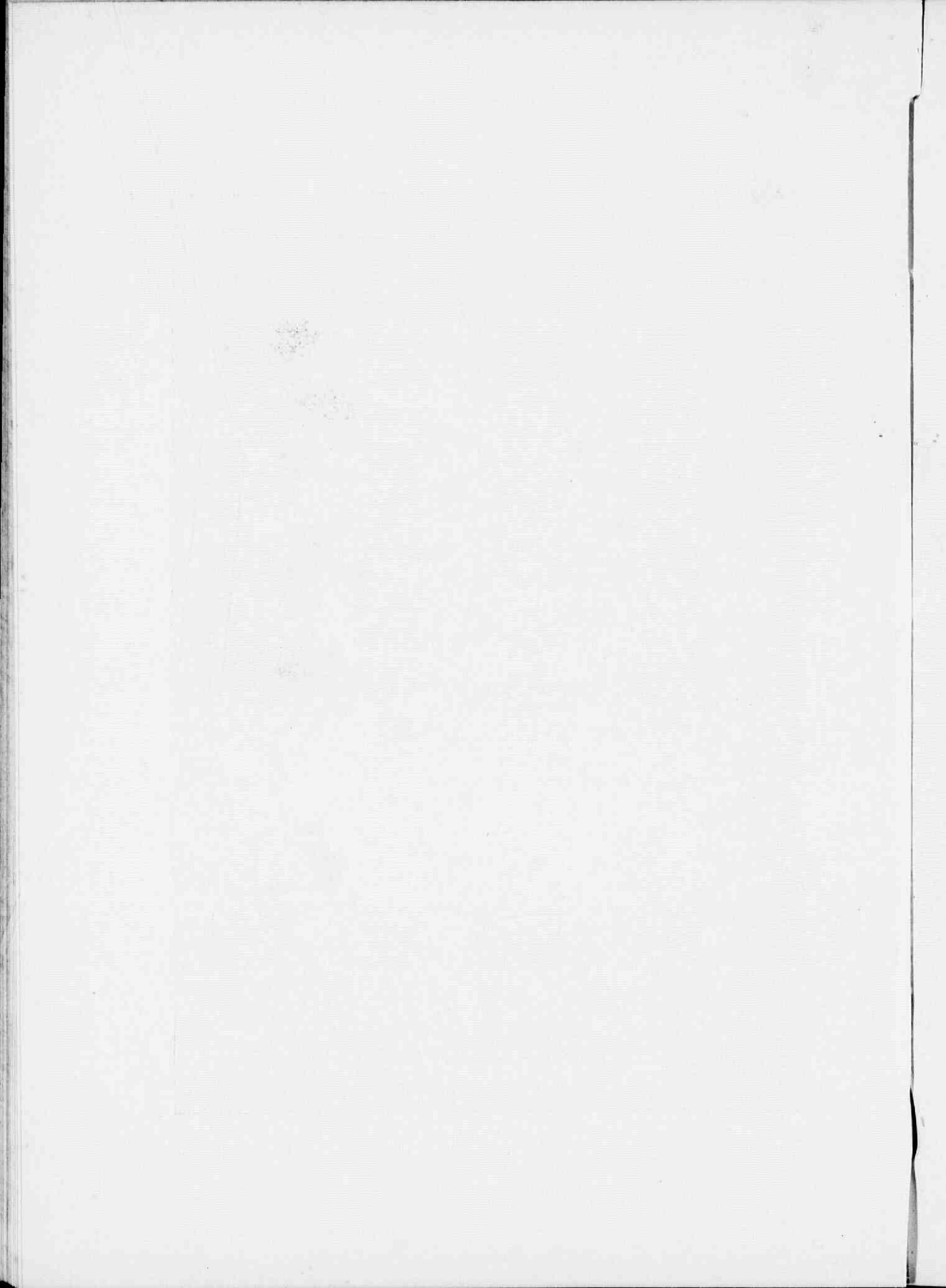
Hoezeer verwijden deze beschouwingen onzen horizon! Als wij de oude pyramiden in Egypte beschouwen, of de afgodenbeelden in Mexico en Peru, of de werktuigen uit de steenperiode, dan durven wij nauwelijks van tien of twintig duizend jaren te spreken! Maar al namen wij zelfs honderd duizend jaren aan, wat beteekent dit dan nog, in vergelijking met de eeuwenoude geschiedenis der aarde!

Al rekenen wij slechts honderd duizend jaren voor het quaternaire tijdvak, dan moet toch de tertiaire periode driehonderd duizend jaren geduurd hebben, de secundaire periode één millioen tweehonderd duizend jaren, de primaire periode drie millioen jaren, en het primordiale tijdvak meer dan vijf millioen jaren. Te zamen tien millioen jaren! Wat is die tijd echter in vergelijking met de geheele geschiedenis onzer aarde, die drie honderd millioen jaren noodig had, om van buiten 200 graden af te koelen? En hoeveel millioenen jaren moeten hier nog bijgevoegd worden, om den tijd voor te stellen, die er verlopen is tusschen de afkoeling van 200 tot 70 graden, welke laatste temperatuur de hoogste is, waarbij het leven mogelijk is.

Bewonderen wij de schoonheid der natuur, de ruischende beken, de met ijs bedekte bergen, de onmetelijke zeeën, de bosschen met



Beeld der aarde in het secundaire tijdvak.



hunne kweelende vogels, en zijn wij opgetogen over het menschelijk vernuft, dat bergen doorboort, dat zeepaleizen bouwt, om den oceaan te doorklieven, dat hemelhooge tempels opricht, dat ons idealen voortoovert in zijne gewrochten van beeldbouw- en schilderkunst, dat onze edelste gedachten in heerlijke tonen vertolkt, dat bij het ontsluiëren van de geheimen der natuur ons oog voor het Hoogere opent, dan vergeten wij, dat dit alles vergankelijk is.

De aarde is geboren. Zij zal ook sterven.

Ja, zij zal sterven, hetzij van ouderdom, als hare edele organen versleten zijn, hetzij omdat de zon, wier stralen haar leven onderhouden, wordt uitgedoofd.

Ook zou zij door een ongeval kunnen sterven door eene botsing met een hemellichaam, dat zij op haren weg ontmoet, maar een zoodanige dood is zeer onwaarschijnlijk.

Zij kan, zeiden wij, haren natuurlijke dood sterven door een langzaam opsorpen van hare levenssappen. Het is toch waarschijnlijk, dat het water en de lucht verminderen. Men mag aannemen, dat het water en de dampkring vroeger veel uitgebreider waren dan thans. Het water dringt in de aardkorst en verbindt zich scheikundig met de gesteenten. Het is bijna zeker, dat reeds op eene diepte van 10 kilometers de temperatuur der aarde die van kokend water is, zoodat het water thans nog niet dieper kan doordringen, maar naarmate de afkoeling voortgaat, zal ook de opsorping toenemen. Zoo ook vermindert de zuurstof, de stikstof en het koolzuur, waaruit onze dampkring bestaat. Men kan zich dus voorstellen, dat de tijd zal aanbreken, waarop de aarde, beroofd van den waterdamp in den dampkring, die haar beveiligt tegen de uitstraling der warmte, den doodsslaap zal intreden. Het sneeuwkleed, thans over de toppen der bergen gespreid, zal tot in de vlakten afdalen en leven en beschaving voor zich uitjagen. Langzamerhand zal zich de menschelijke maatschappij tot binnen de keerkringen terugtrekken, en gedurende een aantal eeuwen zullen expedities uitgezonden worden om Londen, Amsterdam, Parijs en Rome onder het ijs op te sporen. De dag zal komen, waarop de laatste volksstam, verstijfd van koude en uitgeput door honger, zich aan het strand der laatste zee zal nederzetten, om zich te koesteren in de stralen der zon, die een wandelend graf verlichten zal. Door de koude overvallen, wordt het laatste menschengeslacht door den vinger des doods aangeraakt, en zal weldra zijn gebeente onder het lijkkleed van het eeuwige ijs bedolven zijn.

Daar ligt dan de geheele menschheid begraven! Daar liggen alle droomen der eierzucht, alle veroveringen van den oorlog, alle systemen der wijsbegeerte, alle eeden van eeuwige liefde! Daar ligt al wat schoon op aarde was Maar geen enkele grafsteen wijst de plaats aan, waar de aarde haren laatsten snik gegeven heeft.

Misschien zal de aarde zoolang leven, totdat de zon is uitgedoofd. Ook dan zal het lot der menschheid hetzelfde zijn. Koude is ook nu weer de oorzaak van den dood, doch deze volgt eerst veel later. In het eerste geval liggen er nog eenige millioenen jaren vóór ons; in het laatste geval nog eenige millioenen eeuwen.

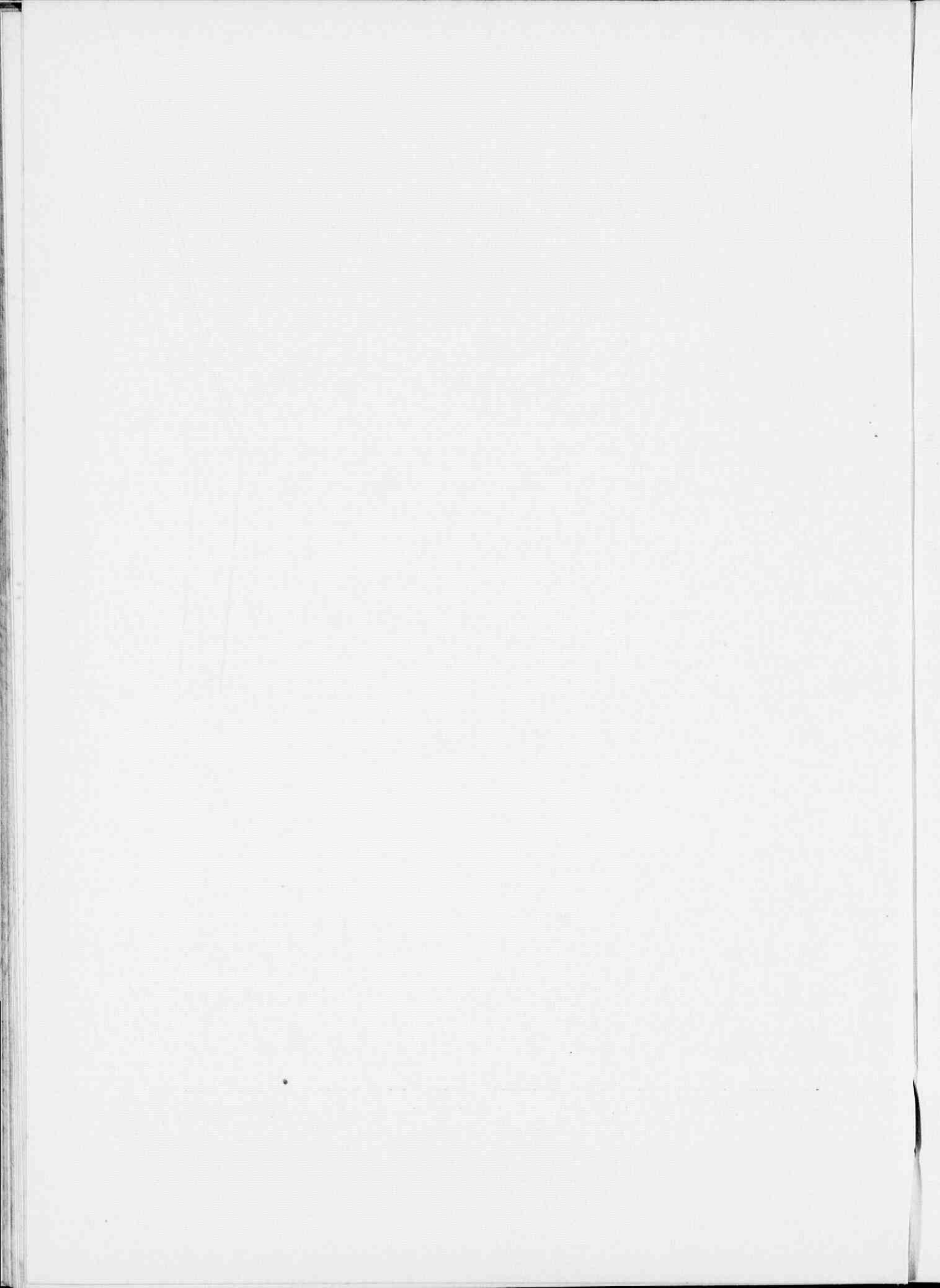
Zeker zal de zon eens worden uitgedoofd. Gedurig verliest zij door uitstraling een deel harer warmte. Zij straalt in één uur zooveel warmte uit, dat daarmede 2900 millioen cubieke myriameters water van nul tot honderd graden zouden kunnen worden verhit. Bijna al die hitte gaat in het heelal verloren. Het gedeelte, dat door de planeten wordt opgevangen en tot de instandhouding van haar leven besteed wordt, is van geene beteekenis in vergelijking met de hoeveelheid, die verloren gaat.

Als de zon zich thans nog zooveel verdicht, dat een zoo groot verlies aan warmte daardoor wordt goedge maakt, of als zij dat verlies aanvult door de op hare oppervlakte neervallende meteorostenen, dan koelt zij nog niet af; wordt echter dit verlies niet aangevuld, dan is het vernietigingsproces reeds begonnen. Uit de zonnevlekken meenen wij reeds tot die afkoeling te mogen besluiten. De tijd zal aanbreken, waarop die zonnevlekken zoozeer in aantal zullen zijn toegenomen, dat zij een groot gedeelte van de zon zullen bedekken. Van eeuw tot eeuw zal de verduistering der zon toenemen, maar niet regelmatig. Telkens toch zal de korst, waarmede de gloeiende vloeibare oppervlakte bedekt wordt, ineensstorten, om door nieuwe lagen te worden vervangen. Telkens zal het licht der zon worden uitgedoofd en weder worden aangestoken, totdat hare laatste flikkeringen voor altoos verdwijnen, en het zonnestelsel van haar licht zal zijn beroofd.

Dit is de bestemming van de aarde en van alle werelden. Moeten wij daaruit besluiten, dat eindelijk het geheele heelal een onmetelijk en donker graf zal zijn? Neen. De krachten der natuur zijn nooit werkeloos. De sterren zullen uit hare asch verrijzen. De botsing der oude puinhoopen zal het vuur weder ontsteken, en de omzetting van beweging in warmte zal nieuwe nevelvlekken en werelden doen ontstaan. Het heelal is niet ten doode opgeschreven.

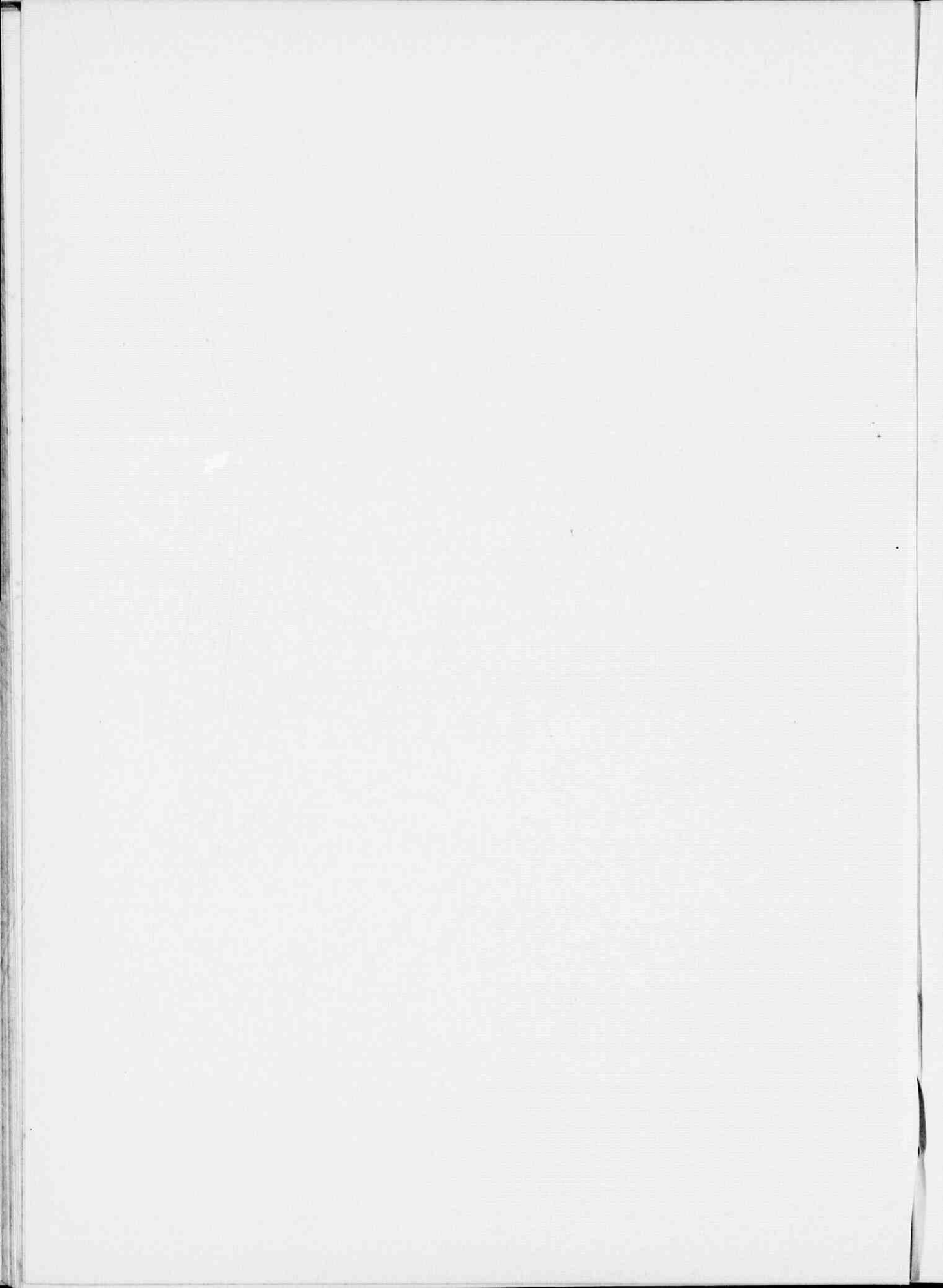


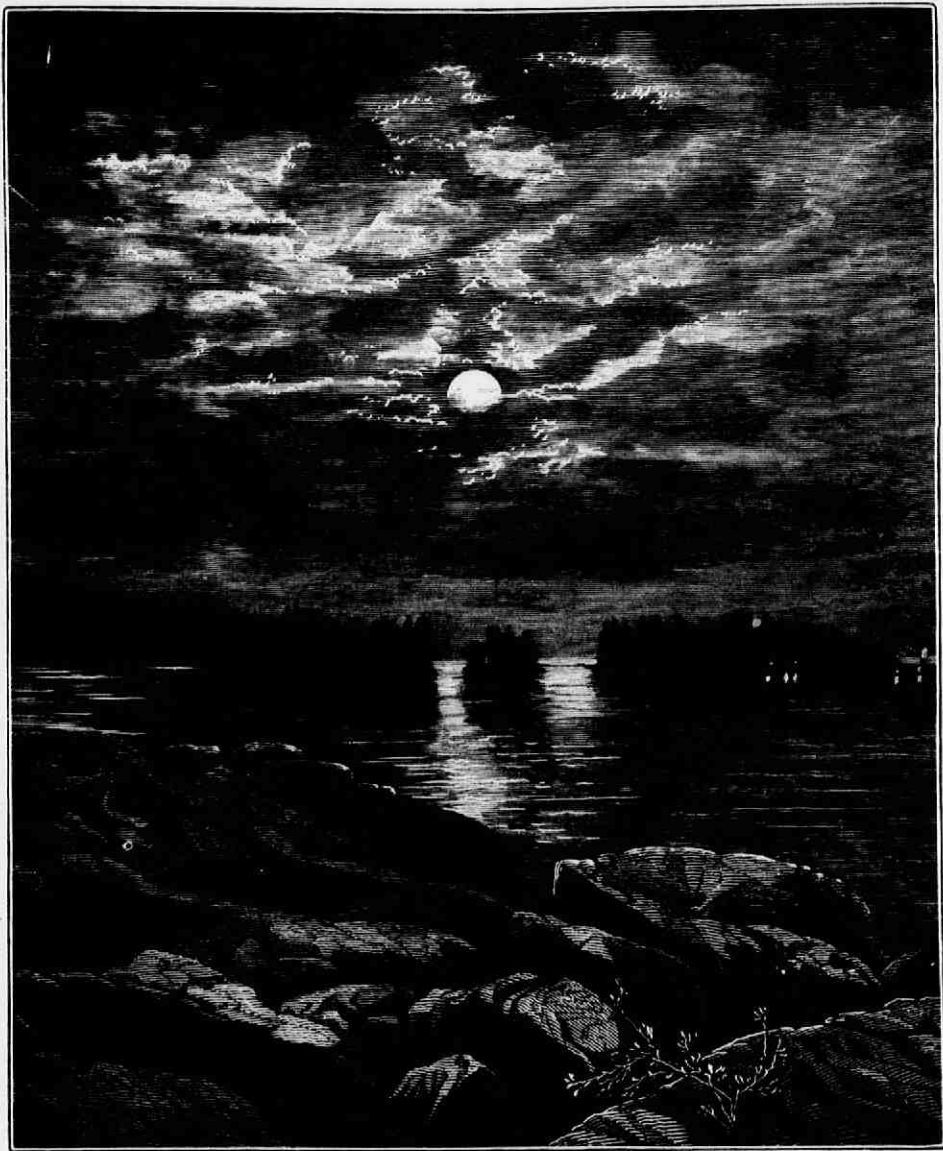
Het laatste menschenpaar, door den vinger des doods aangeraakt, bedolven
onder het lijkkleed van het eeuwige ijs.



TWEEDE BOEK.

D E M A A N.





TWEEDE BOEK.
D E M A A N.

EERSTE HOOFDSTUK.

**De maan als wachter der aarde. Hare schijnbare grootte.
Haar afstand. Het meten van afstanden aan den hemel.**

Wij hebben reeds vroeger gezien, dat de maan de dochter is der aarde, dat zij reeds millioenen jaren en eeuwen oud is, en dat zij uit

de aardsche nevelvlek ontstaan is lang vóór den tijd, waarop onze planeet hare bolvormige gedaante had aangenomen en bewoonbaar werd. Reeds lang scheen zij aan den hemel, toen het menschelijk oog voor het eerst haar zacht licht bewonderde en hare beweging gadesloeg.

De maan is van alle hemellichten het dichtst in onze nabijheid. Zij is als het ware ons eigendom en vergezelt ons op ons levenspad. Zij is eene kolonie der aarde. Haar afstand is slechts dertig maal de middellijn der aarde, zoodat negen en twintig aardbollen, op eene zelfde lijn op elkander gestapeld, eene brug zouden vormen, die de twee werelden verbindt. Die onbeduidende afstand is uit een sterrenkundig oogpunt nauwelijks de moeite waard. Er zijn zeelieden, reizigers of voetgangers genoeg, die grootere afstanden hebben afgelegd, dan dien, welke ons van de maan scheidt. De electriciteit en het licht kunnen dien weg in enkele secunden afleggen. Zij ligt 400 malen dichter bij ons dan de zon en meer dan honderd millioen maal dichter dan de meest nabij zijnde vaste ster! Onze wachter is dus werkelijk wel de eerste halte op onze reis door het heelal. Toch is die eerste pleisterplaats nog 384000 kilometers van ons verwijderd.

Hoe weet men, zoo vraagt een onzer lezers wellicht, dat die getallen nauwkeurig zijn? Wie staat ons borg, dat de sterrenkundigen zich in hunne berekeningen niet vergist hebben? Wie verzekert ons zelfs, dat zij het goedgevloovige publiek niet wat wijs maken? Zoodanige bedenkingen getuigen van den wensch, om nauwkeurig ingelicht te worden. De twijfel is een der voornaamste karaktertrekken van den menschelijken geest. Hij is de vader van den vooruitgang. Alle exacte wetenschappen eerbiedigen den twijfel en pogen daaraan te gemoet te komen. Wij zullen daarom ook nu weer trachten, evenals bij de beweging der aarde, alle bedenkingen tot zwijgen te brengen, en aan te toonen, dat alles wat de sterrenkunde ons leert, onwederlegbaar is.

De grootte der sterren wordt in eenen hoek uitgedrukt en niet in eene lengtemaat, zooals de meter. De schijnbare grootte van een voorwerp hangt af van zijne ware grootte en van zijnen afstand. Het is dus ongerijmd te zeggen, (zooals men zoo dikwijls hoort): »de maan komt ons zoo groot voor als een tafelbord." Indien wij toch een tafelbord op verschillende afstanden van ons oog houden, heeft het voor ons lang niet dezelfde grootte.

Als men den afstand van een voorwerp niet kent, is er slechts één middel om zijne schijnbare grootte uit te drukken, en wel door den hoek te meten, dien het inneemt. Als men dan later ook

nog den afstand kan meten, kan men daaruit de ware grootte bepalen, door dien afstand met de schijnbare grootte te verbinden.

Op eenen gegeven afstand neemt een voorwerp van eene bepaalde grootte eenen bepaalden hoek in. Omgekeerd zal een lichaam, dat eenen zekeren hoek inneemt en op eenen bepaalden afstand geplaatst is, eene bepaalde grootte hebben. Het is dus natuurlijk, dat wij moeten beginnen met te spreken over het meten van hoeken. Wel is er in dit onderwerp niet veel poëzie, en is het niet bijzonder boeiend, maar daar het voor het juiste begrip van het volgende onvermijdelijk is, moeten onze lezers ons een oogenblik op dit pad volgen, dat trouwens niet bijzonder hobbelig of vermoeiend is.

Een ieder weet, wat men door eenen hoek verstaat, (zie fig. 41), en dat men eenen hoek kan meten door het aantal graden van eenen cirkel, waarvan het middelpunt in het hoekpunt gelegen is. De lijn Ox , (fig. 42) beweegbaar om het middelpunt O , meet

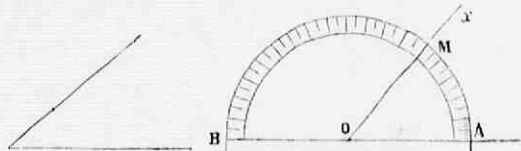


Fig. 41. — Een hoek. Fig. 42. — Het meten van hoeken.

alle hoeken van A tot B , en zelfs grootere hoeken, als men haar in dezelfde richting blijft voortbewegen. De geheele cirkelomtrek is in 360 gelijke deelen verdeeld, graden genoemd. Een halve cirkelomtrek bevat dus 180 graden, het vierde van den omtrek of een rechte hoek bevat 90 graden. Een halve rechte hoek bevat dus 45 graden enz. Op den halven cirkel AMB zijn verdeelingen aangebracht van 10 tot 10 graden, terwijl de eerste tien graden nog in deelen van éénen graad ieder verdeeld zijn.

Een graad is dus het 360^{ste} deel van den omtrek (fig. 43). Deze maat is volkomen onafhankelijk van den afstand. Op eene tafel van 360 centimeters omtrek is iedere graad één centimeter.

De hoek verandert niet met den afstand, en een graad blijft altijd een graad, of hij gemeten wordt op het papier dan wel aan den hemel.

Daar men dikwijls kleinere hoeken te meten heeft dan van éénen graad, heeft men de graden verdeeld in 60 deelen, minuten genaamd. De minuten worden weer in 60 deelen, seconden, verdeeld. Deze namen staan niet in het minste verband met de minuten en seconden bij de tijdsverdeling.

Graden, minuten en seconden worden voorgesteld door de tee-

kens: $^{\circ} ' ''$. De helling der ecliptica, die 23 graden, 27 minuten, 10 secunden bedraagt, wordt dus aldus uitgedrukt: $23^{\circ} 27' 10''$.

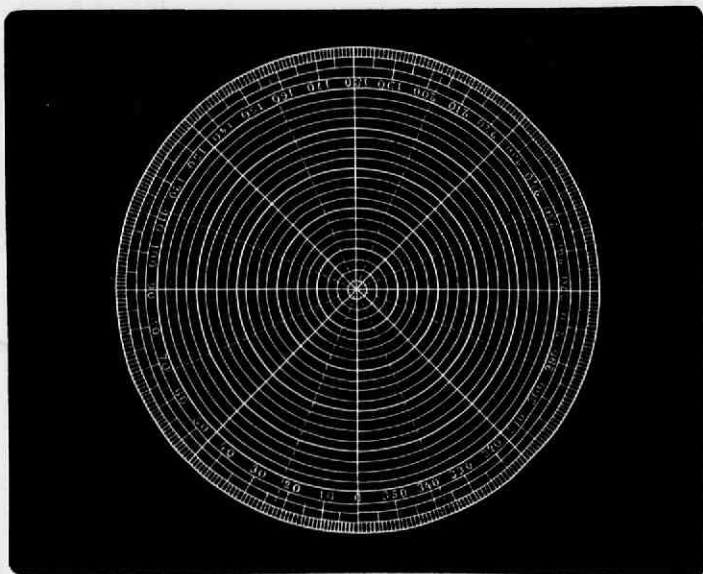


Fig. 43. — Verdeeling van den cirkelomtrek in 360 graden.

Wij vragen onze lezers, vooral onze lezeressen, wel verschooning voor deze eenigszins dorre beschouwingen, maar wij konden ze niet achterwege laten. Om eene taal te kunnen spreken, moet men haar verstaan. Daar de sterrenkunde uit metingen is opgebouwd, moeten wij de maten kennen. Wil men iets van astronomie begrijpen, dan moet men zich eenige moeite daarvoor getroosten. Toen Archimedes den tyran van Syracuse eens eene astronomische quaestie zou uitleggen, en hij daartoe eenige wiskundige beschouwingen in zijne redeneering inlaschte, beval de tyran hem, het wiskundig gedeelte achterwege te laten. Doch Archimedes antwoordde bedaard: »laat ons voortgaan, er is geen gereserveerde weg voor koningen.»

De schijnbare middellijn van de maan is $31' 24''$, dus iets meer dan een halve graad. Men zou dus aan den hemel 344 manen naast elkander kunnen plaatsen, tusschen twee tegenovergestelde punten van den horizon. (1)

(1) De zon en de maan schijnen ons veel grooter toe bij het op- en ondergaan, dan wanneer zij hoog aan den hemel staan. Dit is echter gezichtsbedrog. Indien men toch hare schijnbare middellijn meet, als zij dicht bij den horizon gekomen zijn, dan blijkt het, dat deze inderdaad kleiner is, dan wanneer zij hooger staan. Waaraan moet dit gezichtsbedrog worden toegeschreven? Men dacht vroeger, dat de waterdamp in den dampkring daarvan

Merken wij hierbij nog op, dat ieder lichaam ons kleiner voorkomt, naarmate het verder van ons verwijderd is, en dat de schijnbare grootte van een lichaam, dat op 57 maal zijne middellijn van ons verwijderd is, juist éénen graad bedraagt. Een cirkel van 1 meter middellijn wordt op eenen afstand van 57 meters onder eenen hoek van éénen graad gezien.

Hieruit volgt dus, dat de maan, wier middellijn iets meer dan eenen halven graad bedraagt, bijna 2×57 maal hare middellijn van ons verwijderd is. Nauwkeurig is die afstand 110 middellijnen. Willen wij echter den werkelijken afstand van de maan kennen, dan moeten wij dien langs den volgende weg trachten te vinden. (Reeds sedert twee duizend jaren is die afstand tamelijk nauwkeurig bekend; doch eerst in het jaar 1752 is hij voor goed bepaald door twee astronomen, Lalande en Lacaille, waarvan de eene zijne waarnemingen deed te Berlijn, de andere aan de Kaap de Goede Hoop).

Letten wij een oogenblik op fig. 44. De maan is boven, de aarde beneden geplaatst. De hoek, gevormd door de lijnen, uit het midden der maan naar het uiteinde eener middellijn der aarde getrokken, zal kleiner zijn, naarmate de maan verder verwijderd is; die hoek leert ons de schijnbare middellijn der aarde kennen, van de maan uit gezien.

Men noemt den hoek, waaronder men, van de maan uit, de halve middellijn der aarde ziet, de *parallaxis der maan*. Die parallaxis is 57'. Uit onderstaande tabel

de oorzaak was. De metingen hebben echter het tegendeel aangetoond. Er schijnen twee redenen voor te bestaan. De eerste is de schijnbare afplating van het hemelgewelf, waardoor de horizon ons voorkomt verder afgelegen te zijn dan het zenith, zoodat dezelfde hoek ons aan het lagere gedeelte van den hemel grooter voorkomt dan aan het hogere gedeelte. Men kan daar gemakkelijk de proef van nemen, door op het oog eenen boog van het zenith tot den horizon in twee gelijke deelen te verdeelen. Men zal dan het deelpunt veel te laag zoeken, en wel op 30° in plaats van op 45°. Daarbij komt, dat wij aan den horizon de zon en de maan kunnen vergelijken met boomen en huizen daar voor geplaatst, en de hemellichten ons door uitstraling grooter voorkomen dan niet-lichtgevende voorwerpen.



Fig. 44. — Afstand van de maan (dertig maal de middellijn der aarde)

blijkt de betrekking tusschen de parallaxis van een hemellichaam en zijnen afstand tot de aarde.

Parallaxis.	Afstand in aardstralen.
1°	57
30'	114
6'	570
1'	3438
30"	6875
20"	10313
10"	20626
1"	206265

Opdat men zich een denkbeeld kunne vormen van eenen hoek van ééne secunde, zij opgemerkt, dat een hoofdhaar van $\frac{1}{10}$ millimeter dikte op 20 meters afstand eene schijnbare middellijn heeft van ééne secunde. Een zoodanige hoek is met het bloote oog onzichtbaar.

Daar de parallaxis der maan ruim 57' bedraagt, zoo volgt hieruit, dat de maan op 60,27 aardstralen van ons verwijderd is.

Daar de aarde eenen straal heeft van 6 366 198 meters, zoo is die afstand 384 400 kilometers. Dit is even zeker als ons eigen bestaan.

Wij hebben dien afstand van de maan op eene juiste schaal voorgesteld (fig. 44). De aarde is geteekend met eene middellijn van 6 millimeters, de maan met eene middellijn, die $\frac{3}{11}$ is van die der aarde, dus van 1,6 millimeter, terwijl de afstand van de maan tot de aarde 30 maal 60 millimeters is. Die betrekkelijke afstand is bepaald met eene vrij wat grootere nauwkeurigheid, dan die waarop men gewoonlijk op aarde afstanden meet. Hoe vermetel deze verklaring ook moge schijnen, zeker is het, dat men den afstand van de maan tot de aarde op een willekeurig oogenblik, vrij wat nauwkeuriger kent, dan dien van Groningen tot Maastricht.

Trachten wij thans, ons dien afstand voortestellen.

Een kanonskogel, zich voortbewegende met eene eenparige snelheid van 500 meters in de secunde, zoude in 8 dagen en 5 uren de maan bereiken. Het geluid legt in de lucht, bij eene temperatuur van 0°, 332 meters in de secunde af. Als dus de ruimte tusschen de aarde en de maan met lucht gevuld was, zou het geluid van eene heftige vulkanische uitbarsting op de maan, ons eerst bereiken 13 dagen en 20 uren na de uitbarsting zelf. Een spoortrein, die de reis om de aarde in 27 dagen zou volbrengen, zou eerst in 38 weken op de maan aankomen.

Het licht der maan bereikt ons reeds na $1\frac{1}{4}$ secunde!

De kennis van den afstand van de maan stelt ons in staat, haar volume te bepalen, nu wij ook hare schijnbare middellijn kennen. Daar de schijnbare middellijn der aarde, van uit de maan gezien, $115'$ bedraagt, en die der maan, van uit de aarde, $31' 24''$, zoo verhouden zich de middellijnen der beide lichamen als $115' : 31' 24''$ of als $1000 : 273$. Daar de middellijn der aarde 12732 kilometers bedraagt, zoo is die der maan 3484 kilometers. De omtrek der maan is 10940 kilometers, hare oppervlakte is 38 miljoen vierkante kilometers, haar volume is 22150 miljoen kubieke millimeters. Hare oppervlakte is vier maal zoo groot als Europa, of zoo groot als Noord- en Zuid-Amerika te zamen (fig. 45). Het volume der

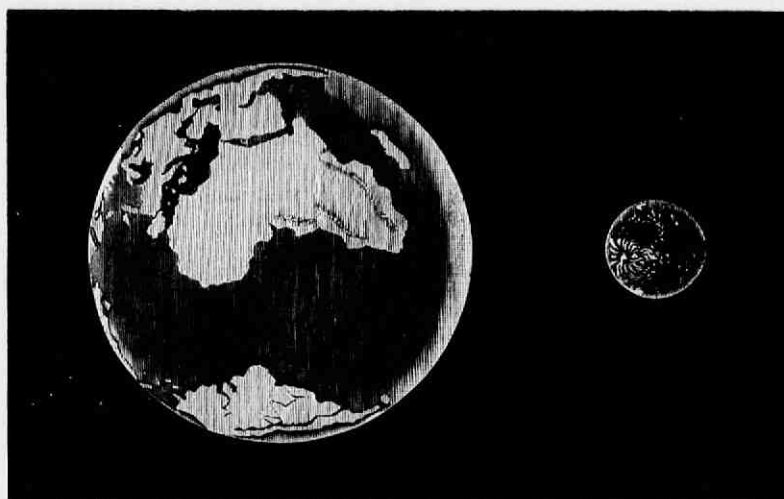


Fig. 45. — Vergelijking van de grootte van aarde en maan.

maan is 49 maal geringer dan dat der aarde en 62 miljoen maal geringer dan dat der zon.

De maan draait op den afstand van 384400 kilometers om de aarde in 27 dagen, 7 uren, 43 minuten, 11 seconden, met eene gemiddelde snelheid van 1017 meters in de secunde.

De beweging der maan zal ons de beweging der hemellichamen in het algemeen en het evenwicht in het heelal duidelijk maken. De studie van de beweging van onzen wachter heeft geleid tot de ontdekking der wetten van de aantrekkingskracht der stof.

Twee eeuwen geleden zat een jongman van 23 jaren in den tuin van het ouderlijke huis. Te midden van de avondstilte valt een appel neder. Dit zoo eenvoudige feit, reeds door duizenden vóór

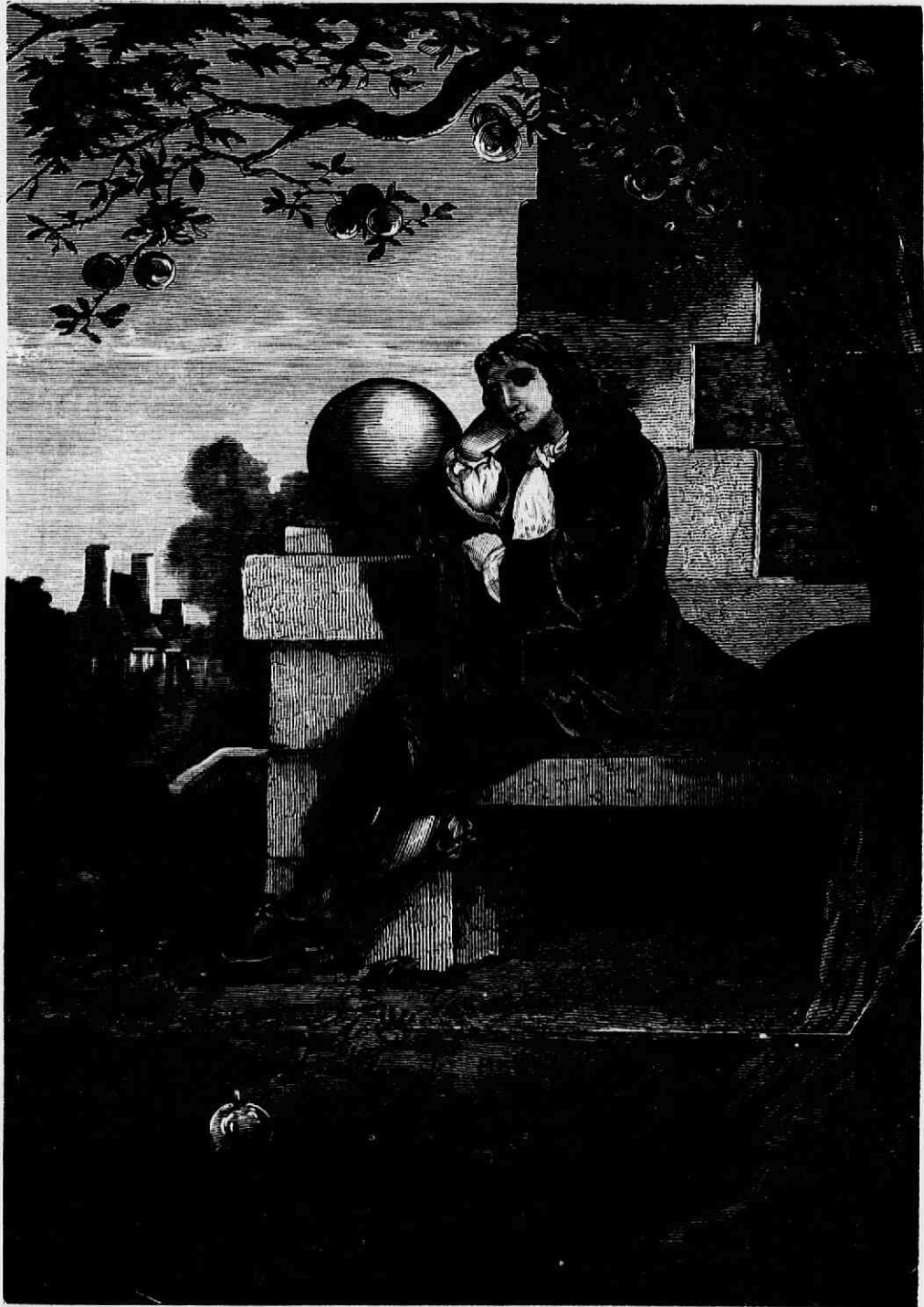
hem waargenomen, trekt zijne aandacht. De maan schijnt aan den hemel. Hij denkt na over den aard hier zonderlinge kracht, die de lichamen naar de aarde toetrekt; hij vraagt zich af, waarom dan de maan niet valt, en doordenkende doet hij eene der schoonste ontdekkingen, waarop de menschelijke geest reiken kan. Die jonge man was Newton! De wetten, die hij afleidde uit het vallen van eenen appel, waren die van de algemeene aantrekkingskracht der stof, de grondslag der sterrenkunde!

Door de volgende redeneering wordt de volkomen overeenstemming van de zwaartekracht met de kracht, die de sterren beweegt, duidelijk.

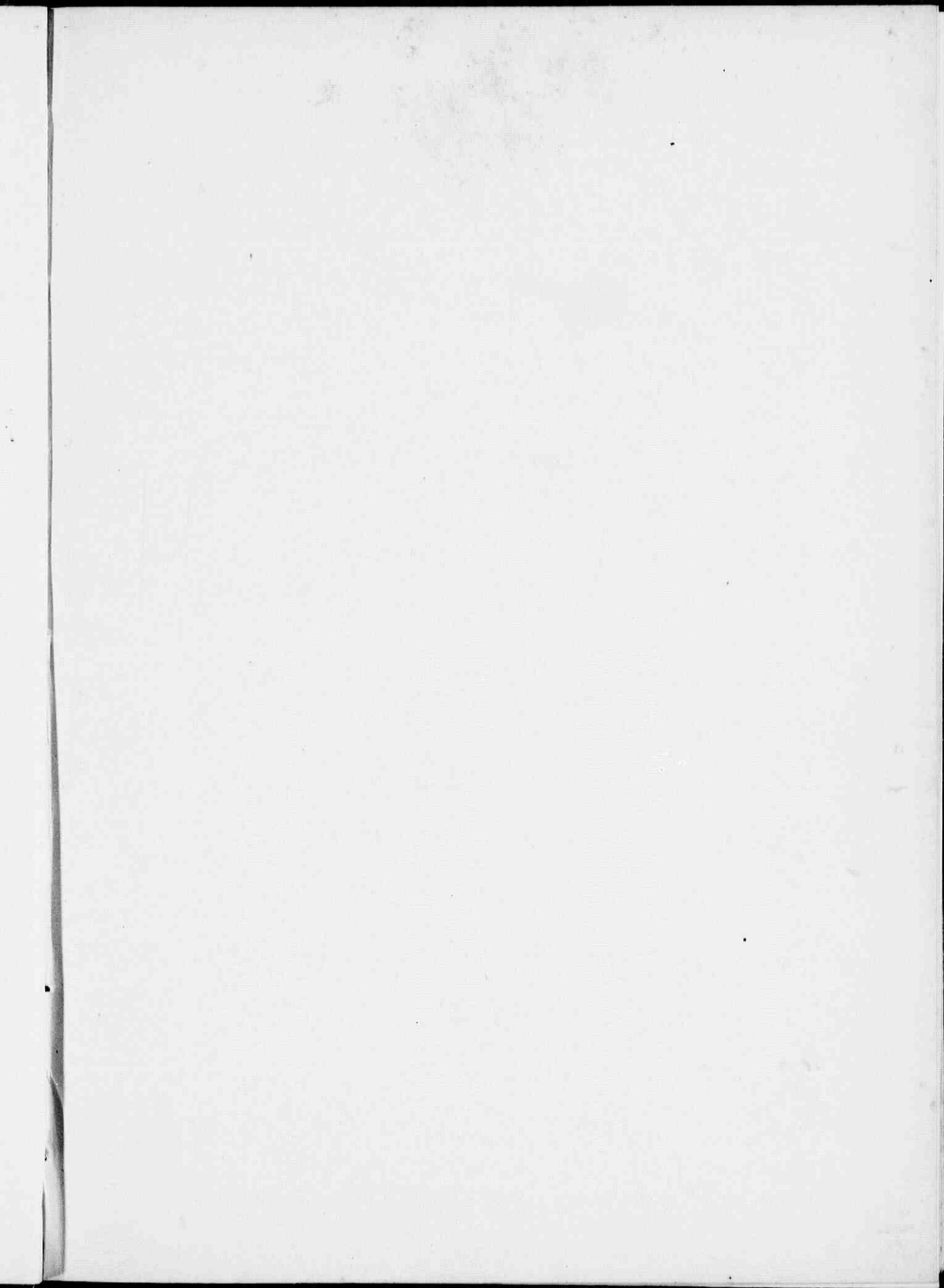
De zwaartekracht, die de lichamen naar de aarde toetrekt, werkt niet alleen in de onmiddellijke nabijheid van de oppervlakte van den grond, zij werkt ook op de hoogste bergen, zonder dat zij eene merkbare verzwakking schijnt te ondergaan. Het vermoeden is dus niet gewaagd, dat die zwaartekracht zich ook openbaren zal op grootere afstanden, en dat, als men zich van de aarde verwijderd tot op 60 aardstralen, dat is tot aan de maan, de zwaartekracht nog niet geheel verdwenen zal zijn. Zou die zwaartekracht niet de oorzaak kunnen zijn, waardoor de maan haren loop om de aarde blijft behouden? Zoo stelde zich Newton de vraag, die hij zoo gelukkig mogelijk oploste.

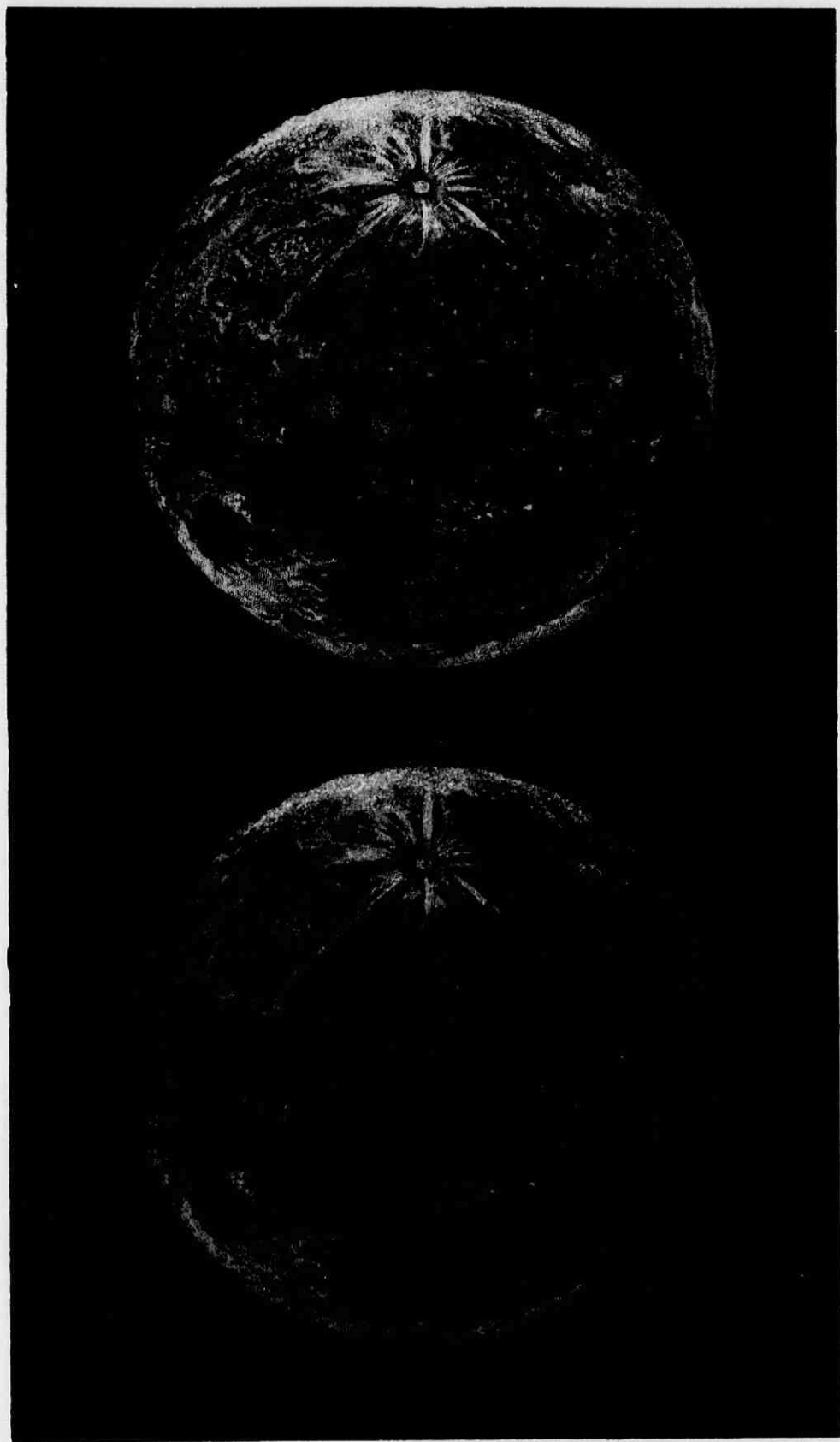
Reeds Galilei had de beweging der vallende lichamen aan een streng onderzoek onderworpen. Hij had bevonden, dat de zwaartekracht zich steeds op dezelfde wijze openbaart, hetzij de lichamen in rust, hetzij ze in beweging zijn. Valt een lichaam zonder beginsnelheid vertikaal neer, dan neemt de snelheid in iedere secunde met een zelfde bedrag toe, hoe groot ook de tijd is, sedert het begin van den val verlopen. Wordt een lichaam in eene willekeurige richting opgeworpen, dan zal het door de zwaartekracht lager komen, dan het geval zou geweest zijn, indien die kracht niet had gewerkt, en wel zooveel, als het zou zijn gedaald, indien het zich alleen onder den invloed der zwaartekracht had bewogen.

Een kogel, die horizontaal wordt voortgeschoten, zou zich met eene eenparige snelheid in eene rechte lijn bewegen, als de aarde hem niet aantrok; door de zwaartekracht zal hij zooveel onder die rechte lijn dalen, als hij in denzelfden tijd zou gedaald zijn, indien men hem eenvoudig had laten vallen. Verleng de richting der lijn, waarin de kogel zich zou bewogen hebben, indien de zwaartekracht



Newton, de algemeene aantrekkingskracht der stof ontdekkend.





KLEUR DER MAAN BIJ VERSCHILLENDE MAANECLIPSEN.

I. Totale eclips van 4 Oct. 1884. — II. Totale eclips van 28 Jan. 1888.

niet had gewerkt, totdat die lijn den getroffen muur ontmoet; meet vervolgens den afstand van dat punt tot aan het punt, waar de kogel den muur inderdaad getroffen heeft, dan zal die afstand juist den weg voorstellen, dien de kogel in dienzelfden tijd zou hebben afgelegd, als wij hem eenvoudig hadden laten vallen.

Deze eenvoudige beschouwingen kunnen wij nu op de maan toepassen. Men kan haar op ieder oogenblik van hare beweging om de aarde vergelijken met eenen horizontaal geschoten kogel. In plaats van steeds voort te gaan in de richting, waarin zij zich op dat oogenblik beweegt, daalt zij een weinig, dat wil zeggen: nadert zij de aarde, terwijl zij eenen boog beschrijft, die niet veel van eenen cirkelboog verschilt. Zij valt dus ieder oogenblik naar ons toe, en men kan evenals bij den kogel het bedrag, dat zij in eenen bepaalden tijd valt, gemakkelijk bepalen, door den in dien tijd doorloopen boog te vergelijken met den weg, dien zij in dienzelfden tijd zou hebben afgelegd, indien zij niet van richting was veranderd.

Daar de omtrek van de aarde 40 miljoen meters bedraagt, zal de baan, door de maan om de aarde beschreven, 60 maal 40 miljoen of 2400 miljoen meters lang zijn, omdat de straal van die baan 60 maal grooter is dan de straal der aarde.

De maan doorloopt dien weg in 27 dagen, 7 uren, 43 minuten en 11 seconden of in 2 360 591 seconden. Door dit getal op 2400 miljoen te deelen, vindt men, dat de maan in iedere secunde 1017 meters aflegt.

Om hieruit af te leiden, hoeveel de maan in iedere secunde naar de aarde valt, stellen wij, dat zij zich op een gegeven oogenblik in M bevindt, terwijl de aarde in A geplaatst is (fig. 47). Indien de maan zich recht voortbewoog en de aarde haar niet aantrok, zou zij in ééne secunde in C gekomen zijn, op 1017 meters van M, maar onder den invloed van de aantrekking der aarde komt zij in B. Indien men nu den afstand BC berekent, dan vindt men, hoeveel de maan in ééne secunde de aarde is genaderd. Dit bedraagt 1,353 of $1\frac{1}{3}$ millimeter.

Hieruit volgt, dat een steen, opgetild tot eene hoogte gelijk aan den afstand van de maan tot de aarde, in de eerste secunde van

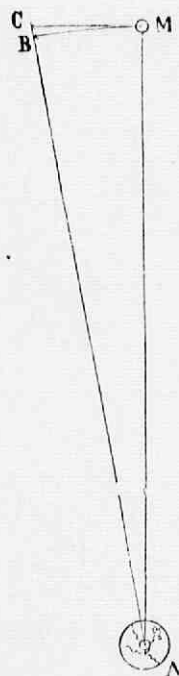


Fig. 47. — Beweging der maan om de aarde.

zijn val 1,353 millimeters zou afleggen. De zwaartekracht neemt af, naarmate men zich van het middelpunt der aarde verwijderd, en wel in de reden van de tweede macht van den afstand. Wij weten, dat een steen, op de oppervlakte der aarde geplaatst, in de eerste secunde van zijn val 4,9 meters aflegt. Dus zal een steen, op 60 aardstralen van de oppervlakte der aarde verwijderd, in de eerste secunde eenen 60×60 of 3600 maal kleineren weg afleggen. Het 3600^{ste} gedeelte van 4,9 meters is juist $1\frac{1}{3}$ millimeter, waaruit volgt, dat de kracht, die de maan naar de aarde doet vallen, dezelfde is, als die, welke de oorzaak is van den val der lichamen op aarde.

Waarom valt de maan dan niet op de aarde neder? Omdat zij zich

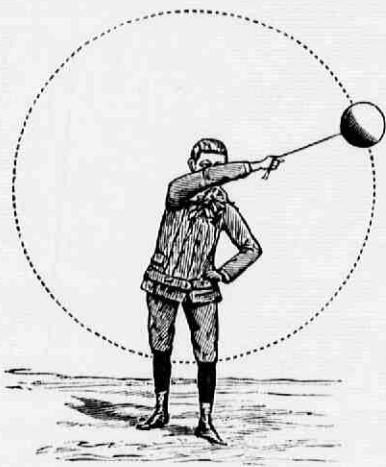


Fig. 48. — De maan keert bij hare beweging om de aarde steeds dezelfde zijde naar de aarde toe.

in de ruimte voortbeweegt als een kogel. Ieder ander lichaam, op gelijken afstand van de aarde geplaatst, en met dezelfde snelheid voortgeworpen, zou zich evenzoo bewegen als de maan. De snelheid der beweging (meer dan één kilometer in de secunde) veroorzaakt, evenals bij eenen steen in eenen slinger, eene middelpuntvliedende kracht, die de neiging heeft haar evenveel van ons te verwijderen, als zij door de aantrekkingskracht der aarde tot ons zoude naderen. Zoo komt het, dat zij steeds evenver van ons verwijderd blijft.

De snelheid van de maan om de aarde hangt af van de grootte der aantrekkingskracht. De aarde is als het ware de hand, die de maan in de ruimte voortbeweegt. Als onze aarde grootere kracht zou uitoefenen, zoude haar wachter zich met eene grootere snelheid bewegen, en omgekeerd. De snelheid der maan is dus eene maat voor de aantrekkingskracht der aarde.

Nevensgaande figuur (fig. 48) doet ons zien, hoe de aantrekkende kracht der aarde de maan in hare baan houdt. Die kracht doet volkomen dezelfde uitwerking als de spanning van een touw. Tevens ziet men, hoe de maan steeds dezelfde zijde naar de aarde toegekeerd houdt.

Hetzelfde geldt voor de jaarlijksche beweging van de aarde om de zon. Als de zon zwaarder werd, zouden alle planeten in korteren tijd rondwentelen, en zou het jaar op iedere planeet korter worden.

Toen Newton voor het eerst de zwaartekracht op aarde vergeleek

met de kracht, die de maan om de aarde doet wentelen, was de middellijn der aarde niet met voldoende nauwkeurigheid bepaald. Het resultaat zijner berekeningen beantwoordde dan ook niet aan zijne verwachting. Hoewel hij uit zijne berekeningen voor den weg, dien de maan in iedere secunde naar de aarde valt, eene waarde vond, die niet veel van de waarheid afweek, zoo was de fout groot genoeg, om nog aan de juistheid zijner ontdekking te twijfelen. Eerst zestien jaar later werd hem de oorzaak van dit verschil opgehelderd. Toen hij in het jaar 1682 eene vergadering van de »Royal Society'' te Londen bijwoonde, hoorde hij daar spreken van de nieuwe meting der aarde door Picard. Hij liet zich het resultaat dier metingen mededeelen, keerde onmiddellijk naar huis terug en begon de berekeningen, die hij voor 16 jaren gedaan had, opnieuw, met de veranderde gegevens. Het is niet te verwonderen, dat hij, toen onder het werk meer en meer bleek, dat de nieuwe getallen in volkomen overeenstemming waren met zijne theorie, zoo gejaagd en zenuwachtig werd, dat hij zijne berekeningen niet kon voleindigen, en dit aan eenen zijner vrienden moest overlaten.

Reeds vroeger had Newton met behulp van eenen tak der wiskunde, door hem zelf uitgevonden, bewezen, dat onder den invloed eener dergelijke kracht, van de zon uitgaande, alle planeten om de zon ellipsen moeten beschrijven, waarvan de zon een der brandpunten inneemt; dit resultaat was in overeenstemming met eene der wetten van Keppler omtrent de beweging der planeten. Hij was dus gerechtigd, om aan te nemen, dat de planeten aangetrokken worden door de zon, op dezelfde wijze als de wachters worden aangetrokken door de planeten, waarom zij zich bewegen, en dat de zwaartekracht op aarde slechts eene bijzondere uiting is van de algemeene aantrekkingskracht der stof, zooals zij zich openbaart in de beweging van de planeten om de zon en van de wachters om de planeten.

De vorderingen der sterrenkunde hebben de algemeenheid dier kracht (waarvan het wezen ons nog onbekend is) buiten twijfel gesteld. Wij kunnen dus met volkomen zekerheid de volgende wet aannemen:

Alle lichamen trekken elkander aan met eene kracht, evenredig met het product hunner massa's en omgekeerd evenredig met het vierkant van hunnen afstand.

Wij zullen later (3^{de} boek, 1^{ste} hoofdstuk) naar aanleiding van de beweging der planeten om de zon deze wet nog nader ontwikkelen.

Zooals met groote geesten dikwijls het geval is, was ook Newton,

wiens gedachten steeds ingenomen werden door zijne diepzinnige onderzoekingen, ongeloofelijk verstrooid. Men verhaalt van hem, dat hij, toen hij eens een ei wilde koken, na eene minuut wachters bemerkte, dat hij het ei in de hand hield en het horloge, dat om zijnen nauwkeurigen gang eene groote waarde had, in den ketel had gedaan. (Zoo verhaalt men van eenen anderen mathematicus, dat hij in zijne verstrooidheid bij zijne colleges het bord met zijnen zakdoek

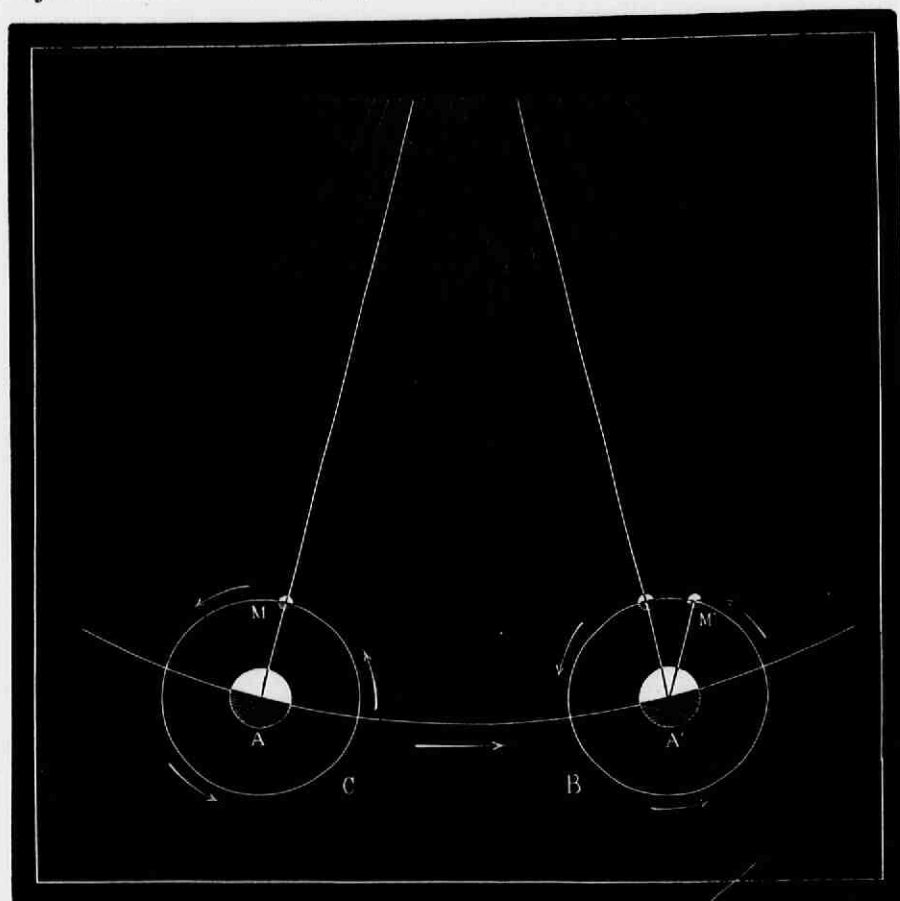


Fig. 49. — Siderische en synodische omloopstijd der maan.

afveegde en den krijtdoek in zijnen zak stak).

Maar laat ons zelf uit verstrooidheid het onderwerp, in dit hoofdstuk te behandelen, niet uit het oog verliezen. Wij zagen reeds vroeger, dat de middelpuntvliedende kracht, evenwicht makende met de aantrekkingskracht, door de aarde op de maan uitgeoefend, oorzaak is, dat de maan steeds op denzelfden gemiddelden afstand van de aarde verwijderd blijft. Kon zij in hare baan worden tegenge-

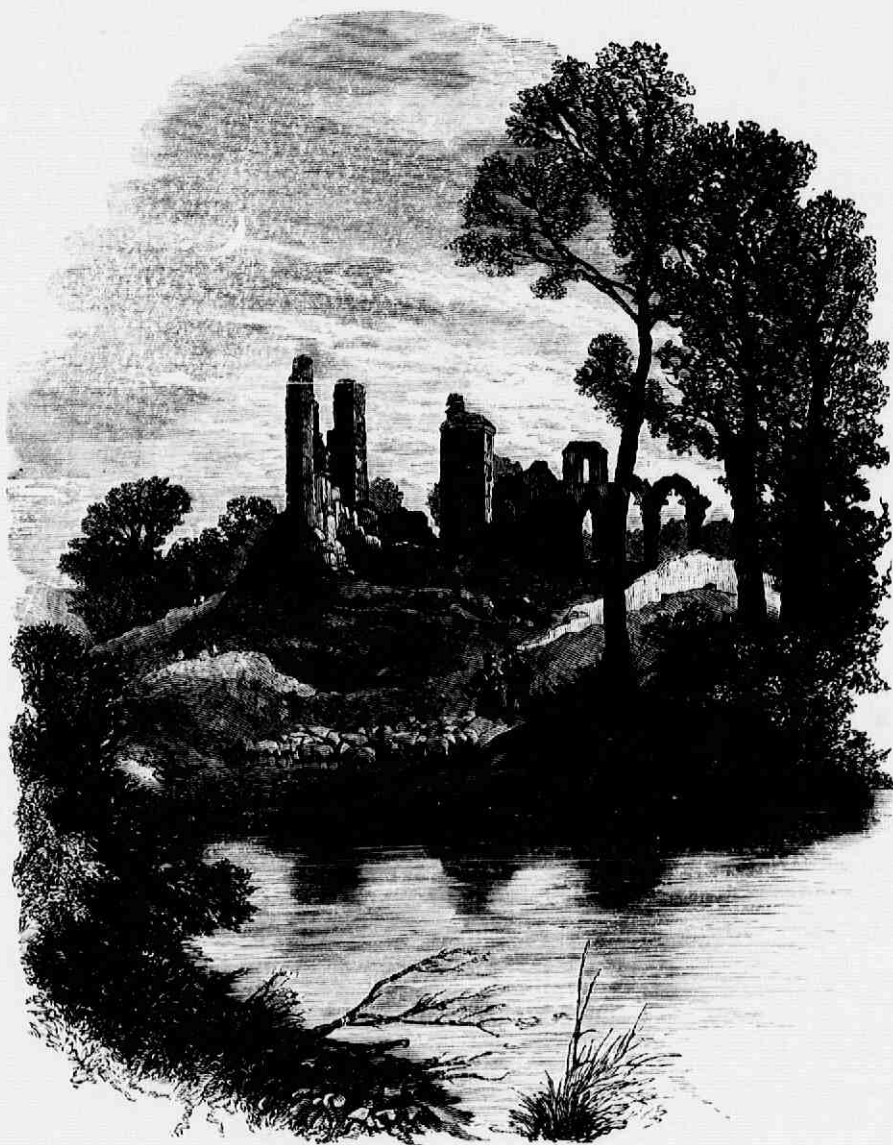
houden, dan zou de middelpuntvliedende kracht ophouden te bestaan en zou de maan aan de aantrekking der aarde gehoorzamen en daarop nedervallen in den tijd van 4 dagen, 19 uren, 54 minuten en 57 secunden. Wij laten het aan onze lezers over, de verbazing te schetsen, waarmede die val de bewoners der aarde zou vervullen!

Terwijl de maan om de aarde wentelt, draait deze om de zon. In den tijd van 27 dagen volbrengt de aarde een dertiende van haren jaarlijkschen loop. Het gevolg hiervan is, dat de maan, als zij eene geheele omwenteling om de aarde volbracht heeft, niet weder denzelfden stand ten opzichte van de zon inneemt. De tijd tusschen twee opvolgende volle manen is dus grooter dan de tijd, waarin de maan hare omwenteling om de aarde volbrengt (fig. 49).

De maan is evenals de aarde een donker lichaam, en is alleen zichtbaar als zij door de zon verlicht wordt. Deze verlicht natuurlijk slechts ééne helft van de maan. De schijngestalten der maan wisselen dus af naar gelang van haren stand ten opzichte van de zon en van de aarde. Als zij tusschen de aarde en de zon geplaatst is, dan is hare verlichte helft juist van ons afgekeerd en kunnen wij haar niet zien. Wij hebben dan nieuwe maan. Als de lijn uit ons oog naar de maan getrokken loodrecht staat op die, welke de maan met de zon vereenigt, dan zien wij de helft van het verlichte halfrond der maan; wij zien haar dan in hare kwartierstanden. Als de maan met betrekking tot de zon achter ons staat, (als dus de aarde tusschen zon en maan geplaatst is) dan is hare verlichte helft naar ons toegekeerd en hebben wij volle maan. Om het verschil tusschen den omloopstijd der maan en den tijd, die er verloopt tusschen twee volle manen, duidelijk te maken, beschouwen wij onzen wachter bij nieuwe maan. Wij kunnen ons op dat oogenblik zon, maan en aarde in eene rechte lijn geplaatst denken (zie stand C in fig. 49). Terwijl de maan om ons heen draait in de richting door de pijltjes aangewezen, verplaatsen zich de maan en de aarde van links naar rechts, en als de maan na 27 dagen eene geheele omwenteling volbracht heeft, zijn de aarde en de maan in de standen A' en M' gekomen. De lijnen A M en A'M' zijn evenwijdig. Als dus juist in de richting A M eene ster gestaan heeft, dan zien wij die na 27 dagen weder in dezelfde richting (1). Maar opdat de maan weder voor de zon kome te staan, moet zij nog 2 dagen, 5 uren, 0 minuten en 52 secunden voortloopen. De zon heeft zich dan door onze

(1) De vaste sterren zijn zóóver van ons verwijderd, dat de lijnen uit A en uit A' naar eene zelfde vaste ster getrokken, evenwijdig zijn.

beweging van links naar rechts, schijnbaar naar links verplaatst. De tijd, die er verloopt tusschen twee nieuwe manen, is dus 29 dagen, 12 uren, 44 minuten en 3 seconden. Men noemt dezen tijd »synodische'' om-



loopstijd der maan. De werkelijke omloopstijd heet »siderische'' omloopstijd. Er is tusschen die tijden een dergelijk verschil, als wij vroeger hebben leeren kennen tusschen *sterredag* en *zonnedag* (blz. 29).

De beweging van de maan van het westen naar het oosten en hare schijn-gestalten vormden in de oudste tijden de bouwstoffen voor den kalender.

TWEEDE HOOFDSTUK.

De schijngestalten der maan. De week.

Onze voorouders regelden veel meer dan wij hunne levenswijze naar de natuur. Zij kenden niet de gekunstelde vormen, de huichelarij en de gemaaktheid der moderne samenleving. Zij hebben den grondslag gelegd van de natuurwetenschappen door de waarneming der natuurverschijnselen. Is de sterrenkunde de oudste der natuurwetenschappen, de waarneming der maan is de oudste der astronomische waarnemingen, omdat zij het eenvoudigst, het gemakkelijkst en het nuttigst was. De opvolging der schijngestalten was voor de herders en reizigers het eerste middel om den tijd te meten, na de verdeling van dag en nacht, die op de dagelijksche beweging der aarde berust. De schijngestalten der maan waren, zooals wij reeds opmerkten, de bouwstoffen voor den eersten kalender.

In den tijd van ongeveer ééne maand volbrengt onze wachter eene geheele wenteling aan den hemel, in tegengestelden zin van de dagelijksche beweging, en terwijl zij even als alle andere hemellichamen schijnt op te komen en onder te gaan, komt zij iederen avond drie kwartier later op, en schijnt zij bij de sterren achter te komen of zich naar het oosten te verplaatsen.

Die beweging is zeer goed merkbaar. Men behoeft de maan slechts drie avonden na elkander waar te nemen, om hiervan overtuigd te worden. Als zij bijvoorbeeld in de nabijheid eener heldere ster geplaatst is, verwijderd zij zich daarvan en beweegt zij zich in tegengestelden zin van de dagelijksche beweging. Op den tweeden avond is zij er reeds 13° van verwijderd, op den derden avond reeds 26° . Na 26 dagen ziet men haar 13° ten westen van de ster, en na 27 dagen weder op dezelfde plaats als 27 dagen te voren.

De *schijngestalten* der maan zijn nog eerder opgemerkt dan hare beweging. Als wij haar voor het eerst na nieuwe maan kort na zonsondergang in het westen waarnemen, zien wij haar in den vorm van eene smalle sikkel, waarvan de bolle zijde cirkelvormig en naar de zon gekeerd is, terwijl de holle zijde, die een weinig

elliptisch is, naar het oosten gericht is. De cirkel en ellips snijden elkander onder zeer scherpe hoeken in twee tegenover elkander staande punten, de horens genaamd.

De sikkel wordt iederen dag grooter; in vijf of zes dagen krijgt de maan den vorm van eenen halven cirkel. De grens tusschen licht en donker is dan eene rechte lijn, en de maan is *in haar eerste kwartier*. Men kan haar dan gemakkelijk over dag zien.

Terwijl zij zich verder van de zon verwijdt, neemt zij den vorm van een ovaal aan en groeit zij gedurende 7 of 8 dagen aan; daarna wordt zij volkomen cirkelvormig en is zij gedurende den geheelen nacht zichtbaar. Men heeft dan *volle maan*. De maan is dan in *oppositie* of *tegenoverstand* met de zon; zij komt des middernachts in den meridiaan en gaat onder, als de zon opkomt; het is duidelijk, dat zij geheel zichtbaar is, omdat de zon haar van voren en niet meer van ter zijde verlicht.

Na volle maan begint zij weder af te nemen. Zij wordt weder eerst ovaal, en krijgt daarna weder den vorm van een halven cirkel (*laatste kwartier*). Die halve cirkel neemt af en wordt weer eene sikkel, die dagelijks smaller wordt, en wier horens steeds van de zon zijn afgekeerd. Men ziet haar dan des morgens in het oosten even vóór zonsopgang, zij nadert nog meer tot de zon en gaat eindelijk in hare stralen verloren. Het is dan weer nieuwe maan geworden, de maan is in *conjunctie* met de zon. De hier geschetste schijngestalten zijn, zooals wij reeds opgemerkt hebben, gebonden aan eene periode van 29 dagen en bijna 13 uren.

Het is duidelijk, dat het oogenblik van nieuwe maan alleen dan door waarneming kan bepaald worden, wanneer op dat oogenblik de maan juist voor de zon heengaat en eene zoneclips veroorzaakt. Zelfs eenigen tijd vóór en na nieuwe maan is de maan niet zichtbaar. Hoe lang vóór nieuwe maan is zij met het bloote oog nog te zien, en hoe lang na nieuwe maan komt zij weder te voorschijn? Die vraag is vooral van gewicht voor de Mohammedanen, daar de vasten van den *Ramadan* eindigen, zoodra de nieuwe maan zichtbaar is. Daar dus in het oosten millioenen menschen hunne aandacht hierop gevestigd houden, zoo is daar vooral het antwoord op onze vraag te zoeken.

Hevelius verzekert, dat Amerigo Vespucci de maan op denzelfden dag ten oosten en ten westen van de zon gezien heeft; hij zelf heeft in Duitschland de maan nooit eerder gezien dan 40 uren na nieuwe maan en nooit later dan 27 uren vóór dien tijd, hoewel Keppler

verzekerde, dat men haar zelfs juist met nieuwe maan kon zien, als zij vijf graden van de zon verwijderd was (1).

Men kan duidelijk na nieuwe maan zien, dat de lichte sikkel aangevuld wordt tot eenen cirkel door een flauw licht, dat den naam draagt van *het aschgrauwe licht* (fig. 51). Dit licht wordt veroorzaakt door terugkaatsing van het licht der aarde op de donkere maan. Indien toch de maan nieuw is, dan is de aarde voor de maanbewoners vol, omdat dan het gedeelte der aarde, dat door de zon verlicht wordt, naar de maan gekeerd is. Het licht, door de aarde teruggekaatst, is veel sterker dan het door de maan teruggekaatste licht, zoodat de

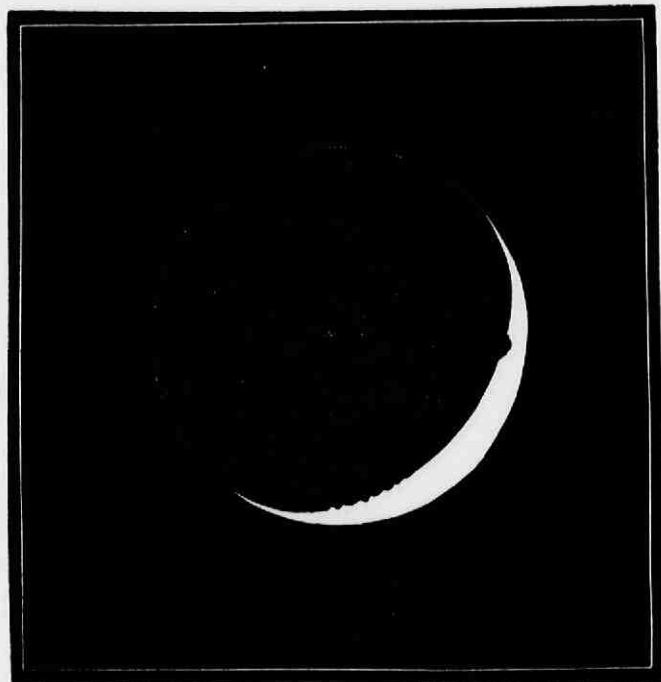


Fig. 51. — Het aschgrauwe licht der maan.

volle aarde voor de maanbewoners een treffend gezicht moet opleveren.

De eerste, die eene juiste verklaring van het aschgrauwe licht gegeven heeft, was de beroemde schilder Leonardo de Vinci, die in de vijftiende eeuw leefde.

Men ziet het aschgrauwe licht het helderst, als men zich zoodanig plaatst, dat de lichte sikkel achter een dak verborgen is. Men kan dan zelfs de groote vlekken op de maan herkennen, vooral ongeveer drie dagen na nieuwe maan. Het verdwijnt geheel en al in

(1) Den 7den December 1885 is te Soumagne (België) de maan gezien 26 uren 47 minuten na nieuwe maan.

de kwartierstanden, vooreerst omdat de aarde dan viermaal minder stralen naar de maan uitzendt, en bovendien omdat het aschgrauwe licht zwakker schijnt, naarmate een grooter deel der maan verlicht wordt. Het aschgrauwe licht is bij ons vóór nieuwe maan beter te zien dan na nieuwe maan, omdat het oostelijk deel der aarde het zonnelicht beter terugkaatst dan het westelijk deel, waar een groot deel

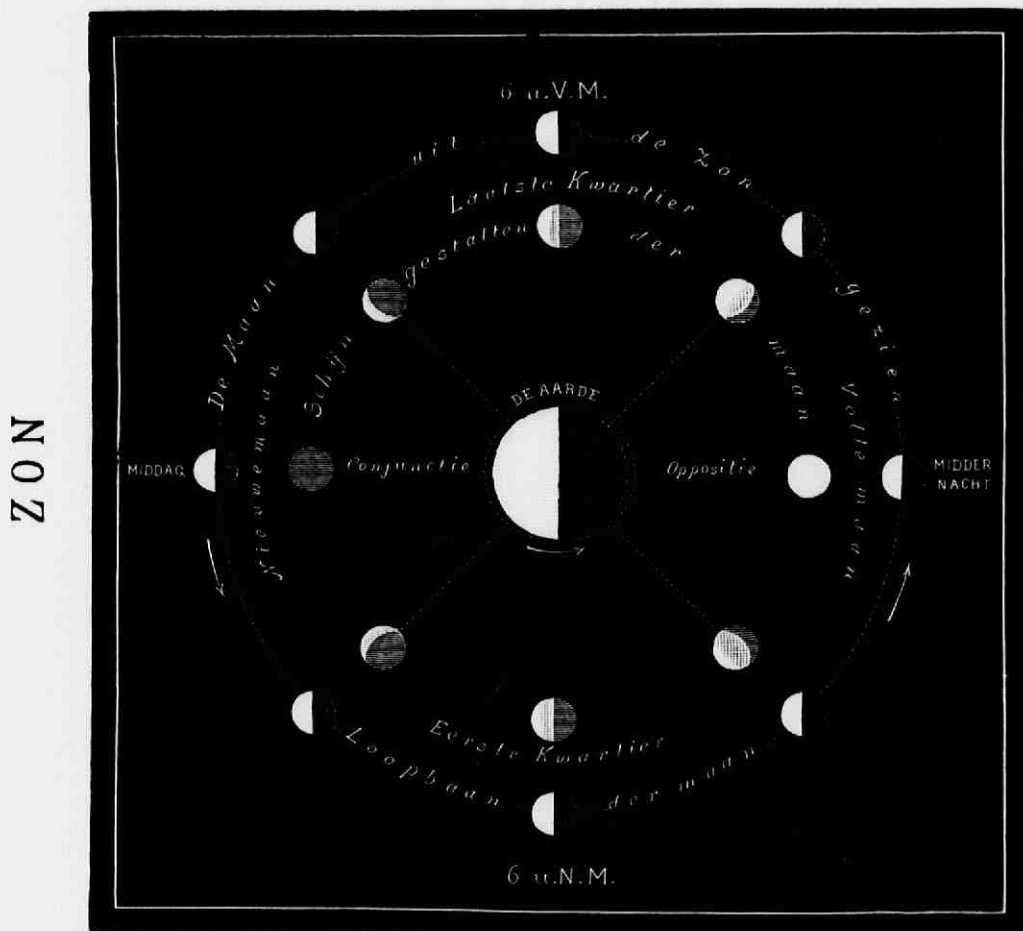
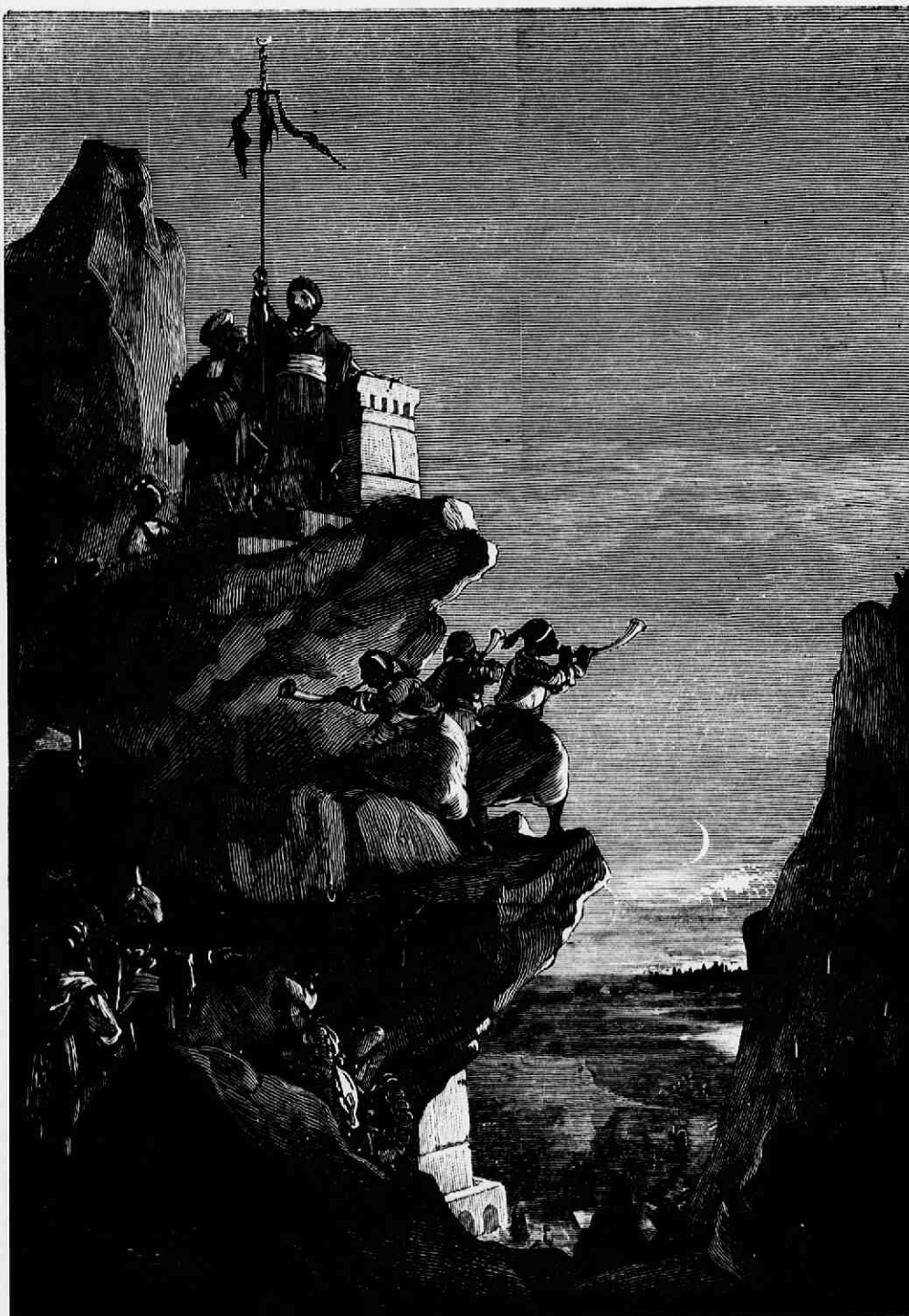
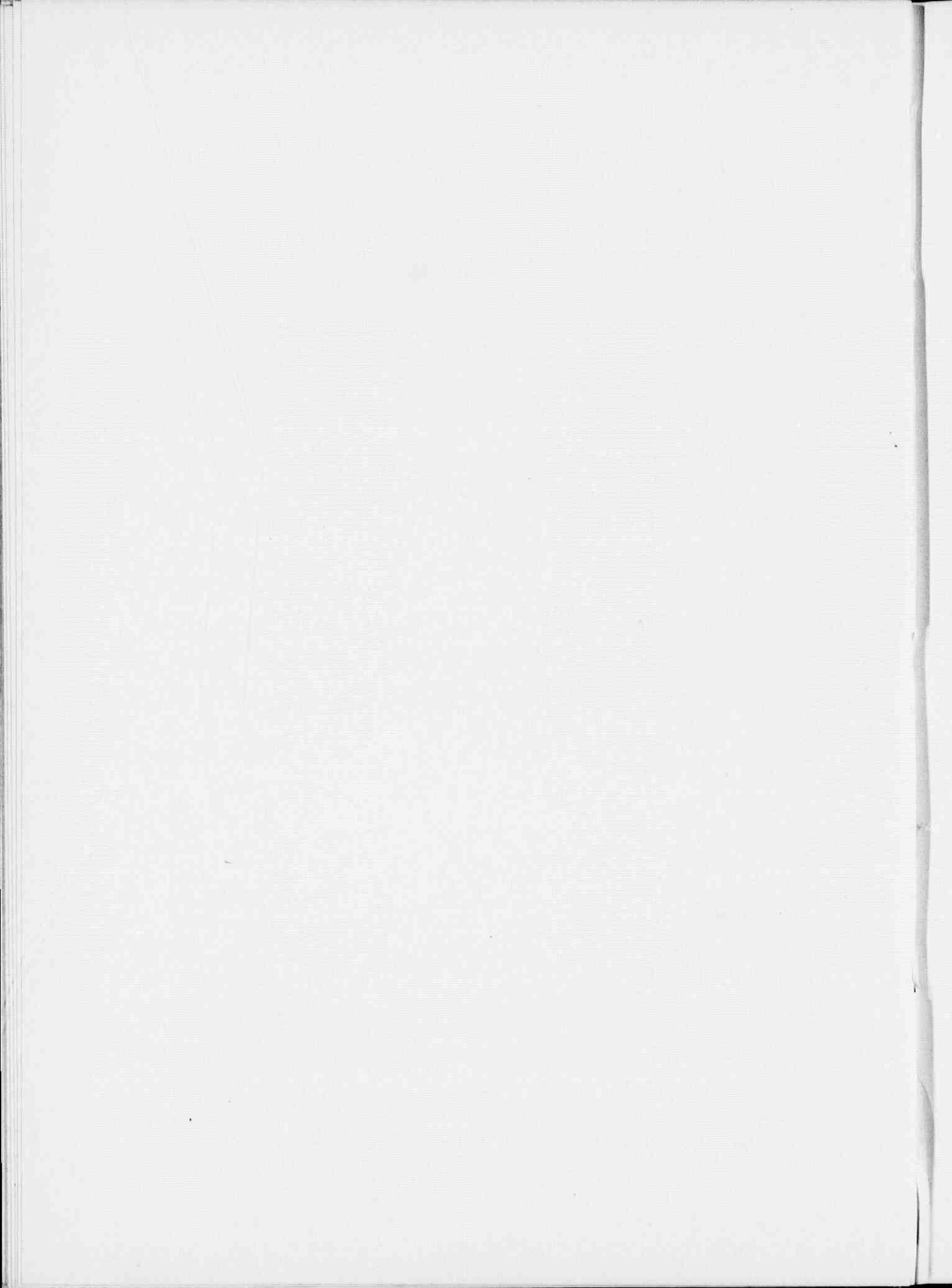


Fig. 52. — De schijngestalten der maan.

der zonnestralen door de zee worden opgeslorpt. Het aschgrauwe licht is als het ware de spiegel der aarde. In den winter, als het grootste gedeelte van ons halfrond met sneeuw bedekt is, zien wij het daarom ook het helderst. Vóórdat Australië ontdekt was, hadden de astronomen reeds vermoed, dat daar vast land moest wezen, omdat het licht, daarvan naar de maan teruggekaatst, te helder



Het verschijnen van de maan werd door trompetgeschal aan de menigte verkondigd.



scheen, dan dat het door terugkaatsing van den oceaan kon veroorzaakt zijn.

De schijngestalten der maan hebben het aanzijn geschonken aan het gebruik, om den tijd te meten naar maanden en naar weken. Geen enkel verschijnsel aan den hemel trad zoo regelmatig op. Men regelde daarom bijeenkomsten, offerfeesten en openbare oefeningen naar de schijngestalten der maan. Men rekende de nieuwe maan van het oogenblik, waarop men haar voor het eerst zag.

Om haar gemakkelijk te zien, kwam men des avonds op de hooger gelegen plaatsen bijeen. Men bespiedde het eerste verschijnen van de maansikkel met de meeste oplettendheid, en zoodra de hooge priester haar had waargenomen, werd dit door trompetgeschal aan de menigte verkondigd. Het gewichtigst was de nieuwe maan, die samenviel met de wisseling der jaargetijden; men vindt daarvan nog de sporen terug in de quatertempers der Katholieke kerk.

Het feest van nieuwe maan werd zoowel gevierd bij de Ethiopiërs, als bij de Perzen en Grieken. De Olympiaden begonnen met nieuwe maan. Bij de Galliërs had ook bij nieuwe maan de plechtigheid van den misteltak plaats; de druïden droegen dan eene wassende maan, zooals uit oude afbeeldingen blijkt. Die zelfde gebruiken heeft men teruggevonden bij de Chineezers, de Peruanen, de Caraïben en op het eiland Tahiti.

Het openbaar gezag moest dus langen tijd vooruit bekend maken, op welke dagen van het jaar nieuwe maan moest gevierd worden. Het orakel had de geloovigen den grootsten eerbied voor de oude gebruiken bevolen. Men begrijpt dus, van hoeveel belang het voor hen wezen moest, om eene periode te vinden, waarin dezelfde schijngestalten op dezelfde dagen van het jaar vielen. In het jaar 433 vóór Christus werd door Meton aan de Grieken, die bijeengekomen waren, om de Olympische spelen te vieren, het volgende medegedeeld: Iedere schijngestalte der maan komt in $29\frac{1}{2}$ dag terug; daar nu 19 zonnejaren of 6940 dagen 235 maal $29\frac{1}{2}$ dag bevatten, zoo zullen na 19 jaren de schijngestalten der maan weder op denzelfden datum terugkeeren, zoodat men die datums slechts eens gedurende eene periode van 19 jaren behoeft te hebben opgeteekend, om ze in het vervolg altijd te kennen. (Men maakt hierbij eene fout van 1 dag in 312 jaren).

De Grieken vonden deze ontdekking zoo belangrijk, dat zij de berekening ten dienste hunner medeburgers in gulden letteren op hunne

publieke plaatsen ophingen, en dat men het aantal jaren, verlopen sedert het begin eener zoodanige periode, *guldengetal* noemde. Dit getal komt nog altijd voor in den Katholieken kalender, die meer naar de beweging der maan dan naar die der zon geregeld is (1).

Men begint de periode van 19 jaren te tellen van het jaar, waarop nieuwe jaar op 1 Januari valt. Dit jaar (1898) is het guldengetal 18, zoodat in 1900 nieuwe maan weder op 1 Januari valt.

Ook de week berust op de beweging der maan.

Ieder der schijngestalten duurt eene week. De verdeeling der weken is van zeer ouden oorsprong: De Egyptenaren, de Joden, de Arabieren en de Chineezzen gebruikten die verdeeling reeds.

De dagen der week hebben hunnen naam ontleend aan de zon, de maan, en de vijf bij de ouden bekende planeten, Saturnus, Jupiter, Mars, Venus en Mercurius. Wel hebben sommige dier namen bij ons veranderingen ondergaan, maar in de Latijnsche namen vindt men de zeven genoemde hemellichamen terug.

Zondag	dies Solis.
Maandag	» Lunae.
Dinsdag	» Martis.
Woensdag	» Mercurii.
Donderdag	» Jovis.
Vrijdag	» Veneris.
Zaterdag	» Saturni.

De volgorde van de dagen der week schijnt een astrologischen grondslag te hebben. Plaatsen wij toch de zeven hemellichamen op gelijke afstanden langs den omtrek van eenen cirkel, en vereenigen wij ze, telkens twee overslaande, door rechte lijnen, dan ontstaat eene kabbalistische figuur, een ster met zeven stralen, omgeven door eenen cirkel.

Gaan wij van de zon uit langs eene der rechte lijnen, dan komen wij aan de maan, volgen wij dan de tweede rechte lijn uit de maan, dan verkrijgen wij Mars enz.

(1) Door middel van het guldengetal kan men de veranderlijke feestdagen in de Christelijke kerk berekenen. Het paaschfeest valt op den Zondag, volgende op den dag, waarop het voor het eerst volle maan is na 21 Maart. De berekenaars van den kalender nemen aan, dat de zon altijd op 21 Maart door het lentepunt gaat. Vandaar dat Paschen nooit vroeger kan vallen dan op 22 Maart en nooit later dan op 26 April.

Voegen wij hierbij, dat men, voor het gemak der berekeningen, zich niet bedient van de maan zelf, maar van eene denkbeeldige maan, die zich regelmatig beweegt. Deze kan somtijds één of twee dagen vóór de ware maan vol zijn. Zoo viel in 1876 de eerste volle maan na 21 Maart op Zaterdag 8 April, en toch was het eerst op 16 April Paschen, en niet op 9 April.

Dio Cassius, een Grieksch historieschrijver van de tweede eeuw, beweert, dat de volgorde van de dagen der week van de Egyptenaren afkomstig is. De zeven meergenoemde hemellichamen beheerschten in volgorde de uren van den dag. De week begon met den Zaterdag, omdat Saturnus, de meest verwijderde planeet, het eerste uur van den dag beheerschte. Jupiter beheerschte het tweede uur, Mars het derde, de zon het vierde, Venus het vijfde, Mercurius het zesde, de maan het zevende, en Saturnus weder het achtste uur. Zoo voortgaande beheerschte Saturnus ook het 15^{de} en het 22^{ste} uur, Jupiter het 23^{ste}, Mars het 24^{ste} uur en de zon het eerste uur van den volgenden dag, waarom die dag Zondag genoemd werd. Op deze wijze voortgaande, verkrijgt men de dagen der week in

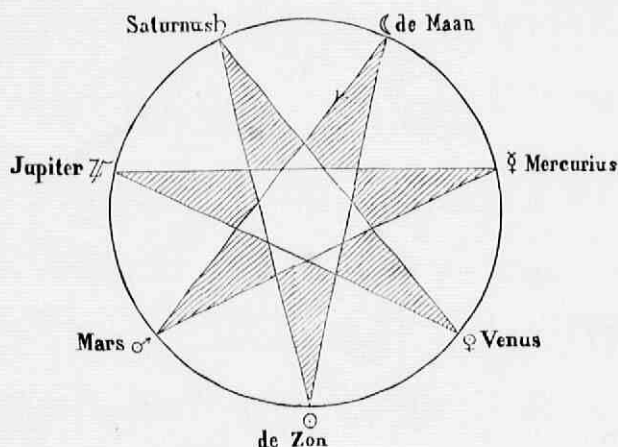


Fig. 54. — Volgorde van de dagen der week op kabbalistischen grondslag.

de juiste volgorde. Bij ons is de beteekenis van de dagen der week de volgende:

Zondag	naar de zon.
Maandag	» » maan.
Dinsdag	» Tioe, Diu, een der zonen van Wodan.
Woensdag	» Wodan, den koning van het heelal.
Donderdag	» Donar, den grootsten zoon van Wodan, die over regen, donder en bliksem gebiedt, den god van den landbouw.
Vrijdag	» Frigga (Fria), de gade van Wodan.
Zaterdag	» Saturnus.

DERDE HOOFDSTUK.

De beweging van de maan om de aarde. Gewicht en dichtheid der maan. De zwaartekracht op de andere lichamen van het zonnestelsel. Bepaling van het gewicht der maan.

Zooals wij reeds vroeger zagen, beweegt zich de maan niet in eenen cirkel, maar in eene ellips om de aarde. De excentriciteit dier ellips is slechts $\frac{1}{18}$. Indien men dus de maanbaan voorstelt door eene ellips met eene groote as van 18 centimeters, dan zijn de beide brandpunten op 1 centimeter van elkander verwijderd. De excentriciteit is nauwkeurig 0,0549, terwijl die aardbaan 0,0168 is. De afstand van de maan tot de aarde verandert dus in verhouding meer, dan die van de aarde tot de zon. Men kan die verandering van den afstand der maan gemakkelijk waarnemen, door de schijnbare middellijn der maan te meten. Indien de maan in dat uiteinde der groote as gekomen is, dat het dichtst bij het brandpunt ligt, door de aarde ingenomen, dan is haar afstand tot de aarde het kleinst en hare schijnbare middellijn het grootst. In het andere uiteinde der groote as is haar afstand het grootst en hare schijnbare middellijn het kleinst. De twee uiteinden der groote as worden *perigeüm* en *apogeüm* genoemd. Is de maan in een der uiteinden van de korte as gekomen, dan is haar afstand tot de aarde en hare schijnbare middellijn een gemiddelde.

	middellijn der maan.	verhouding der afstanden.	afstand in kilometers.
Grootste afstand der maan . . .	29' 31,0"	1,0549	405 500
Gemiddelde afstand	31' 8,2"	1,0000	384 400
Kleinste afstand	32' 56,7"	0,9451	363 000

De invloed der verandering in afstand openbaart zich, zooals wij spoedig zien zullen, zeer duidelijk in de kracht van den vloed. De kleinste afstand van de *oppervlakte* der aarde tot de *oppervlakte* der maan kan zijn 355 200 kilometers.

De beweging der maan in de ruimte is nog veel ingewikkelder dan die der aarde. Zonder te zeer in bijzonderheden af te dalen, zullen wij de meest merkwaardige bijzonderheden dier beweging bespreken.

1°. De ellips, door de maan om de aarde beschreven, draait in

haar vlak rond in dezelfde richting, waarin de maan de ellips doorloopt. De groote as doorloopt door die beweging het vlak der ellips in 3232 dagen of in iets minder dan negen jaren. Men ziet, dat deze beweging van denzelfden aard is als de op blz. 66 besproken beweging van de groote as der aardbaan, al is de periode, waarin laatstgenoemde beweging plaats heeft, veel grooter, namelijk 21 000 jaren.

2°. Het vlak van de loopbaan der maan valt niet samen met het vlak van de loopbaan der aarde om de zon; ware dit het geval, dan zouden wij bij iedere nieuwe maan zoneclips en bij iedere volle maan maaneclips hebben. Het vlak der maanbaan maakt echter eenen hoek van 5° met het vlak der ecliptica. De lijn van doorsnede dier beide vlakken heet: *lijn der knopen*. Die lijn der knopen doorloopt het vlak der ecliptica in 6793 dagen of $18\frac{2}{3}$ jaar.

3°. De helling der maanbaan is ook veranderlijk. Gemiddeld is die helling 5° 8' 48'', maar zij wisselt af tusschen 5° 0' 1'' en 5° 17' 35'', zoodanig dat zij na 173 dagen weder dezelfde is.

Voegen wij nog hierbij, dat nog een tal van andere storingen de beweging der maan beheerschen, zooals de *eectie*, wier periode 32 dagen bedraagt, de *variatio*, met eene periode van 15 dagen, de *jaarlijksche vereffening*, met eene periode van een jaar, de *parallactische vereffening* van 29 dagen, en nog tal van andere storingen.

De beweging der maan is zoo nauwkeurig bekend, dat men eene vermeerdering in de snelheid heeft kunnen aantoonen van 12 boogsecunden in eene eeuw. De eene helft dier versnelling wordt veroorzaakt door de langzame vermindering van de excentriciteit der aardbaan, de andere helft door eene bijna onmerkbaar vertraging in de wenteling der aarde om hare as, waardoor de dag in honderd duizend jaar ééne secunde toeneemt en onze wachter dus schijnbaar sneller om de aarde draait! Als die storing in denzelfden zin bleef voortwerken, dan zou de maan eindelijk op ons neerkomen! doch de genoemde storing is periodiek. Men begrijpt, dat de zoo liefelijke maan de astronomen en wiskundigen dikwijls tot wanhoop moet gebracht hebben. Reeds *meer dan zestig onregelmatigheden* in de beweging der maan zijn ontdekt en verklaard!

Om ons de ware beweging der maan duidelijk voor te stellen, zullen wij thans nagaan, wat het gevolg is van de beweging van de maan om de aarde, verbonden met die van de aarde om de zon.

Als de aarde onbewegelijk was, zou de maan na iedere omwenteling in haren ouden stand terugkeeren en zou dus hare baan eene gesloten

kromme lijn zijn (fig. 55). Maar dit is niet het geval. Terwijl de maan zich verplaatst van A naar B, van nieuw tot eerste kwartier aangroeiende, beweegt zich de aarde naar rechts en verplaatst zij zich in zeven dagen zeven maal 2 552 000 kilometers. In B is de maan in haren kwartierstand (fig. 56). Zeven dagen later is de aarde weder verder verplaatst en is de volle maan in C gekomen. Eene week later komt de maan in haar laatste kwartier in D.

Fig. 55. — Beweging der maan.

Als zij dus, na eene geheele omwenteling te hebben volbracht, weder in A is teruggekomen, heeft zij geene gesloten kromme lijn doorloopen, maar eene lijn, ontstaande door de punten A. B. C. D. A. in fig. 56 te verbinden.

Gewoonlijk let men er niet op, dat die kromme lijn zoo gerekt is, dat zij bijna niet verschilt van de baan, welke de aarde jaarlijks

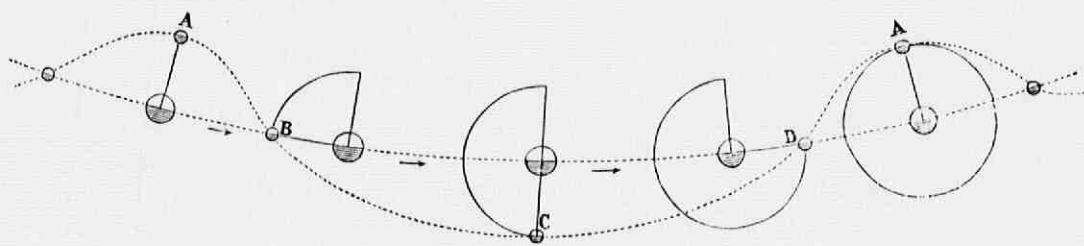


Fig. 56. — Beweging van de maan in verband met die der aarde.

om de zon beschrijft, en dat zij steeds hare holle zijde naar de zon gekeerd houdt, en niet op het oogenblik van nieuwe maan met hare bolle zijde naar de zon gericht is. In fig. 57 hebben wij die kromme lijn geteekend op eene schaal van 1 millimeter op 400 000 kilometers. De aardbaan is geteekend met eenen straal van 37 centimeters op 148 millioen kilometers.

Wij kennen nu den afstand, de grootte en de beweging der maan. Zoo aanstonds zullen wij op hare oneffene oppervlakte afstappen; doch vóór dien tijd moeten wij nog ééne belangrijke vraag trachten te beantwoorden, namelijk: *hoeveel weegt de maan?* Daaruit kunnen wij dan de dichtheid afleiden van de stoffen waaruit zij bestaat, en de grootte der zwaartekracht op hare oppervlakte.

Hoe heeft men de maan gewogen?

Men kan dit gemakkelijk duidelijk maken, zonder dat men in wiskundige beschouwingen behoeft te vervallen.

Het gewicht der maan wordt bepaald door de uitwerking van hare aantrekking op de aarde. Het duidelijkst openbaart zich die uitwerking door de verschijnselen van eb en vloed. De zee verheft zich twee malen per dag onder den invloed der maan. Als men nauwkeurig de hoogte van het opgeheven water meet, dan kan men daaruit de kracht afleiden, die daartoe noodig was, en daaruit bepalen de massa van het lichaam, dat die werking uitoefende.

Eene tweede methode berust op den invloed, dien de maan op de beweging der aarde uitoefent; als zij de aarde vóór is, trekt zij de aarde vooruit en versnelt zij hare beweging; is zij bij de aarde achter, dan houdt zij deze tegen. Op de aarde moet zich die wijziging in de beweging der aarde duidelijk openbaren in den stand van de zon aan den hemel bij eerste en laatste kwartier; immers de stand van de zon aan den hemel hangt af van de plaats der aarde in hare baan. De zon schijnt zich dan $\frac{1}{200}$ van hare middellijn verplaatst te hebben. Het is duidelijk, dat die werking van de maan op de aarde afhangt van de massa der maan.

Ook kan men hare massa bepalen uit de aantrekking, die de maan op onzen evenaar uitoefent, waarvan de praecessie en nutatie (blz. 59 en 64) het gevolg zijn.

Langs welken weg men de massa der maan bepaald heeft, men vindt steeds, dat deze $\frac{1}{81}$ van de massa der aarde is. De maan weegt dus 81 maal minder dan de aarde. Haar gewicht is 74 000 trillioen kilogram. De dichtheid der maan is $\frac{1}{6}$ van die der aarde, en wel 3,27, dat wil zeggen, zij weegt 3,27 maal zooveel als een even groote bol van water zoude wegen.

Gewicht der aarde 6000 000 000 000 000 000 000 000 kilogram

Gewicht der maan 74 000 000 000 000 000 000 000 „

De zwaartekracht is op de oppervlakte der maan kleiner dan op eenig lichaam van ons zonnestelsel;

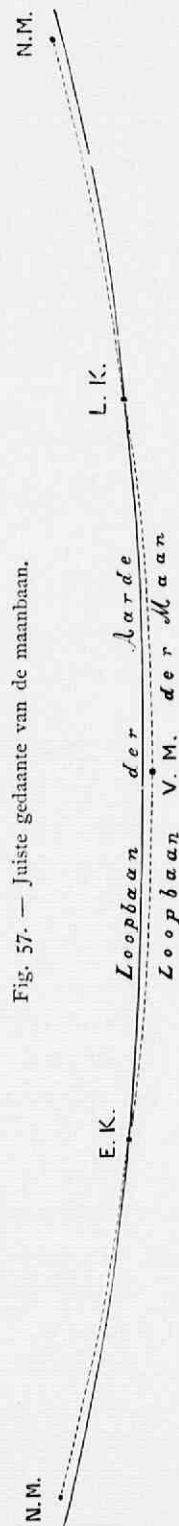


Fig. 57. — Juiste gedaante van de maanbaan.

als wij de zwaartekracht op aarde duizend noemen, dan is zij op de maan 164. De lichamen wegen daar dus zes maal minder dan hier. Een steen, die op aarde een kilogram weegt, heeft op de maan een gewicht van 164 gram. Iemand die op onze planeet 70 kilogram weegt, weegt op onzen wachter $11\frac{1}{2}$ kilogram. Als men zich dus iemand naar onzen wachter verplaatst denkt, en bovendien onderstelt, dat daar zijne lichaamskracht dezelfde blijft, dan zou hij daar vijf of zes maal zwaarder lasten kunnen optillen dan op aarde; ook zou zijn lichaam hem vijf of zes maal lichter voorkomen. De minste inspanning zou reeds voldoende zijn, om tot verbazende hoogten op te springen, of te loopen met de snelheid eener locomotief. Wij zullen later zien, welke gewichtige rol die geringe intensiteit der zwaartekracht op den toestand der maan heeft uitgeoefend, omdat daardoor bij vulkanische uitbarstingen reusachtige bergen zich op elkander hebben kunnen stapelen. Was de maan even groot als de aarde, doch behield zij daarbij de massa, die zij thans heeft, dan zou de aantrekkingskracht nog 16 malen zwakker zijn dan zij nu is, omdat dan de voorwerpen vier malen verder van het middelpunt zouden verwijderd zijn, terwijl de aantrekking vermindert in de reden van de vierkanten der afstanden van het middelpunt. In het geheel zou dan de aantrekking slechts $\frac{1}{90}$ zijn van die op aarde. Een kilogram zou daar dan slechts 11 gram wegen. Iemand van 70 kilogram zou daar slechts een gewicht van 770 gram hebben. Met dezelfde krachtsinspanning, waarmee wij hier op eenen stoel springen, zouden wij daar in éénen sprong boven op eenen berg kunnen komen, en de minste vulkanische uitbarsting zou de stoffen daar hemelhoog opwerpen.

Er zouden lichamen kunnen bestaan, wier massa zoo gering en wier omwentelingssnelheid zoo groot is, dat de voorwerpen er niets meer zouden wegen, omdat het geringe gewicht volkomen werd opgeheven door de middelpuntvliedende kracht. Omgekeerd kunnen er werelden bestaan van eene zoo groote dichtheid, dat de voorwerpen daar een ongeloofelijk gewicht hebben. Stellen wij bijvoorbeeld eens dat de aarde, zonder van grootte te veranderen, even zwaar was als de zon, dan zou een kilogram daar 324 000 kilogram wegen; eene slanke, jeugdige schoone, die thans 50 kilogram weegt, zou dan een gewicht hebben van zestien millioen kilogram! Al was zij van ijzer, toch zou zij door haar gewicht ingedrukt worden en in een oneindig aantal stukken verdeeld worden. Zou de natuur, hoe oneindig

haar scheppingsvermogen ook moge zijn, in staat zijn, wezens voort te brengen, die aan eene zoo groote kracht weerstand kunnen bieden?

Wat al verscheidenheid moet er hierdoor alleen reeds bestaan op de verschillende werelden, die de oneindige ruimte bevolken!

Laten wij ons, vóórdat wij verder gaan, een denkbeeld trachten te vormen van het merkwaardig onderscheid in de intensiteit der zwaartekracht op de verschillende lichamen van ons zonnestelsel. Later zullen wij hun gewicht en volume nauwkeurig bepalen.

Verhouding tusschen de intensiteit der zwaartekracht op:

De zon . . .	27,47	Uranus . . .	0,88
Jupiter . . .	2,58	Venus . . .	0,86
Saturnus . . .	1,10	Mercurius . . .	0,52
De aarde . . .	1,00	Mars . . .	0,37
Neptunus . . .	0,95	De maan . . .	0,16

Op de maan is dus de zwaartekracht het geringst, op de zon is zij het grootst. Terwijl op de maan een kilogram slechts 164 gram zou wegen, zou dat gewicht op de zon $27\frac{1}{2}$ kilogram en op Jupiter $2\frac{1}{2}$ kilogram bedragen. Maar wij krijgen eene betere voorstelling van dat verschil, indien wij het uitdrukken in den weg, dien een lichaam doorloopt, dat men van eene hoogte laat vallen.

Valruimte gedurende de eerste secunde:

Op de maan ☾ (1)	0,80 Meters.
Op Mars ♂	1,86 "
Op Mercurius ☿	2,55 "
Op Venus ♀	4,21 "
Op Uranus ♅	4,30 "
Op Neptunus ♆	4,80 "
Op de aarde ☿	4,90 "
Op Saturnus ♄	5,34 "
Op Jupiter ♃	12,49 "
Op de zon ☉	134,62 "

Bij deze berekening is geen rekening gehouden met den tegenstand der lucht, die naarmate van hare dichtheid de snelheid van den val vermindert. Doch de zwaartekracht zelf is in het geheele heelal aan dezelfde wetten gebonden. Misschien bestaan er echter in de natuur krachten, die wij niet kennen en die op sommige hemellichamen eene zoodanige rol spelen, dat zij de werking der zwaartekracht gedeeltelijk opheffen. Indien wij niets wisten van de magneetkracht, dan zouden wij ons niet kunnen voorstellen, dat een magneet ijzeren voorwerpen zou kunnen aantrekken tegen de zwaartekracht in. Het zou bijvoorbeeld mogelijk kunnen zijn, dat het ijzer, dat in geringe hoeveelheid in ons bloed voorhanden is, in grootere hoeveelheid voor-

(1) De figuren achter de namen stellen de teekens voor, waardoor men die lichamen voorstelt.



kwam bij andere wezens op andere planeten, en dat daardoor die wezens, onafhankelijk van de zwaartekracht, aan andere krachten onderworpen waren. Zoo zouden wij ons eene reeks andere krachten kunnen denken, die de uitwerking der zwaartekracht wijzigden. Maar de natuurwetenschappen zijn nog niet ver genoeg gevorderd, om van de planeten iets anders te berekenen dan de massa, het volume, de dichtheid en de zwaartekracht. Wanneer zullen wij zoover gevorderd zijn, dat wij de levende wezens zullen kunnen ontdekken, die onder verschillende gedaanten op die verschillende werelden kunnen bestaan? Wanneer zullen wij ze zien en leeren kennen? O, onmetelijke, oneindige natuur! Wie onzer kan uwe hemelsche harmonie begrijpen. Nog is onze jonge wetenschap vol van onopgeloste raadselen. Nog altijd bestudeeren wij slechts het alfabet van het groote boek, welks geheimen wij nog niet kunnen doorgronden. Maar wij hebben toch reeds de eerste schrede gezet op het gebied der kennis, en den eersten steen gelegd van het gebouw der wetenschap, waarvan de grondslagen heel wat hechter zullen zijn dan die, waarop voorheen de menschelijke ijdelheid de wetenschap der sterrenkunde meende te moeten opbouwen.

Fig. 58. — Valruimte gedurende de eerste secunde op de maan en de planeten.

VIERDE HOOFDSTUK.

Natuurkundige beschrijving der maan. De bergen, vulkanen en vlakten. Topographie der maan. Maankaart. De vroegere uitbarstingen op de maan.

De menschelijke geest dorst naar kennis; het ligt in zijne natuur, het wezen der dingen te doorgronden en gissingen te maken omtrent datgene, waarover hij in onzekerheid verkeert. Hoe gaarne zou hij alles willen weten, wat plaats vindt op eene wereld, zoo dicht bij de onze gelegen! Wat beduidt immers een afstand van 384 000 kilometers in vergelijking met de millioenen en milliarden kilometers, waarop de vaste sterren van ons verwijderd zijn? Hoe trotsch wij er reeds nu op mogen wezen, te weten, dat onze aarde de heerscheres is over haren wachter, hoeveel te meer zou dit nog het geval zijn, als wij wisten, dat deze bevolkt is met redelijke wezens, die in staat zijn onze planeet op hare waarde te schatten!

De meeste geleerden der oudheid hebben over de maan hunne meening gezegd; daar zij geene voldoende middelen tot waarneming hadden, hebben zij alleen hun gezond verstand geraadpleegd. Sommigen hebben reeds het vermoeden uitgesproken, dat zij geen eigen licht heeft en dat zij alleen schittert met eenen glans, aan de stralen der zon ontleend. Dit was het gevoelen van Thales, Anaximander, Anaxagoras en Empedocles. Die laatste filosoof beweerde reeds, dat het licht der maan geene merkbare warmte voortbrengt, omdat het teruggekaatst licht is. Proclus citeert drie verzen, aan Orpheus toegeschreven, aldus luidende: »God schiep eene tweede onmetelijke aarde, door de onsterfelijken *Selene* genoemd, en die door de menschen *maan* geheeten wordt, waarop een groot aantal bergen, steden en woningen voorkomen.» Anaxagoras sprak van de weiden, de bergen en de dalen der maan, maar maakte geen melding van steden of woningen.

Pythagoras en zijne leerlingen traden hieromtrent in veel meer bijzonderheden; zij toch verzekerden, dat de maan met de aarde overeenkomt alleen met dit verschil, dat op de eerste grootere dieren

en schoonere boomen voorkomen, en dat hare bewoners vijftien maal langer en krachtiger zijn. Diogenes van Laërte verhaalt, dat Heraclides van Pontus eenen man gezien had, die van de maan was neergedaald; hij geeft van hem echter geene beschrijving. Ook verhaalden de ouden, dat de Nemeïsche leeuw, die door Hercules gedood was, uit de maan gevallen was. Zelfs nog in de zestiende eeuw zou Cardanus, een sterrenwichelaar, des avonds een bezoek ontvangen hebben van twee maanbewoners. Het waren volgens hem twee bijna volkomen stomme grijsaards. Die astroloog was zoozeer van de waarheid der sterrenwichelarij overtuigd, dat hij, zoodra zijn horoskoop hem den dag en het uur van zijnen dood voorspeld had, zijne bezittingen in zooveel deelen verdeelde als hij nog dagen te leven had, en daarna den hongerdood stierf!

Andere wijsgeeren hielden de maan voor eenen spiegel, die de aarde terugkaatst. Het bestaan van eenen dampkring en van water op de maan, eene vraag, die ook thans nog aan de orde is, werd reeds ten tijde van Plutarchus besproken. Genoemde schrijver deelt in de volgende woorden de meening mede van hen, die het bestaan van water en lucht ontkenden: »Is het mogelijk, dat de maanbewoners gedurende eene reeks van jaren de zon zouden kunnen verdragen, die iedere maand vijftien dagen achtereen hare stralen op hunne hoofden zou schieten? Het is niet te denken, dat er bij eene zoo groote hitte en eene zoo verdunde lucht winden, wolken en regenbuien zouden zijn, waar wij zien, dat de hevigste orkanen zich op aarde niet verheffen tot de toppen der bergen. De lucht op de maan is zóó verdund en door hare groote ijlheid zóó bewegelijk, dat hare moleculen zich niet kunnen opeenhoopen en tot wolken verdichten." Dit argument verschilt niet veel van de tegenwoordige argumenten voor de onbewoonbaarheid der maan. De twistgesprekken over de maan en hare bewoners waren in de oudheid zoozeer aan de orde, dat diezelfde wijsgeer de meeningen zijner tijdgenooten over dit onderwerp verzameld heeft in een geschrift (*de facie in orbe lunae*), en dat Lucianus van Samosata als critiek daarop eene reis op de maan geschreven heeft, niet minder onderhoudend dan zijne geestige doodendialogen.

Gedurende de middeleeuwen, en zelfs tot aan de uitvinding der kijkers, werd van onzen wachter geene ernstige studie gemaakt. Galilei bediende zich in 1609 van den eersten kijker, dien hij voor astronomische waarnemingen had geschikt gemaakt, om de maan te

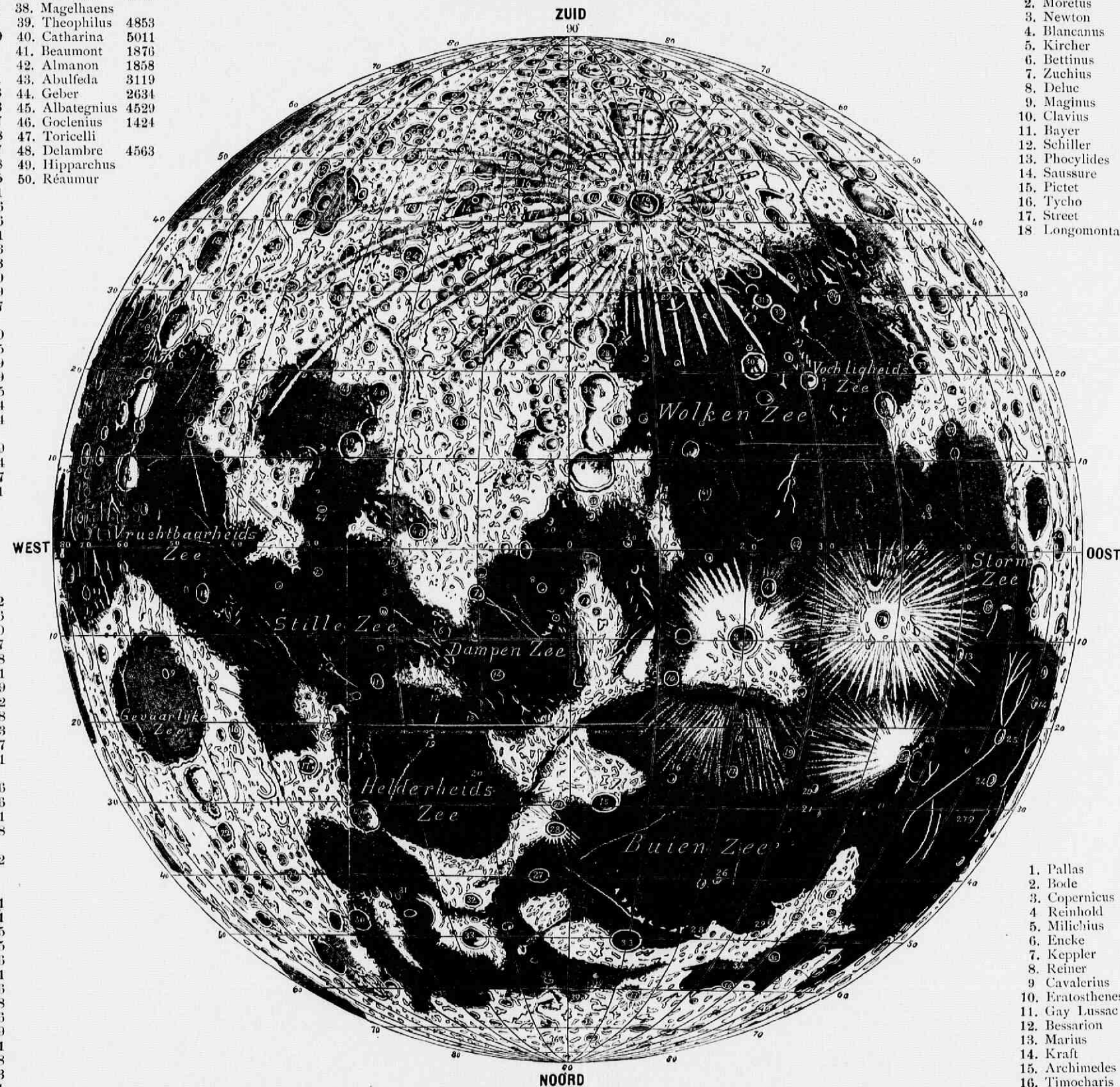


MAANKAART.

Namen der bergen.	Hoogte in meters.	Namen der bergen.	Hoogte in meters.
-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

1. Manzinus	3246	37. Colombo	2449
2. Mutus	3742	38. Magelhaens	
3. Pentland		39. Theophilus	4853
4. Curtius	6789	40. Catharina	5011
5. Biela		41. Beaumont	1876
6. Rosenberger		42. Almanon	1858
7. Vlacq	3171	43. Abulfeda	3119
8. Pitiscus	3073	44. Geber	2634
9. Baco	3773	45. Albategnius	4529
10. Jacobi	3147	46. Goelenius	1424
11. Zach	3708	47. Toricelli	
12. Steinheil	3587	48. Delambre	4563
13. Nicolai	1908	49. Hipparchus	
14. Maurolycus	4325	50. Réaumur	
15. Cuvier	3661		
16. Licetus	4146		
17. Stöfler	3556		
18. Furnerius	3281		
19. Stevinus	3503		
20. Rheita	4373		
21. Metius	4020		
22. Neander	2429		
23. Lindenau	3617		
24. Rabbi Levi			
25. Büsching	1370		
26. Aliacensis	4425		
27. Petavius	3299		
28. Snellius	2079		
29. Fracastor	2595		
30. Piccolomini	4734		
31. Pelybius	2364		
32. Fermat			
33. Sacrobosco	3669		
34. Apianus	2854		
35. Playfair	3667		
36. Werner	4761		

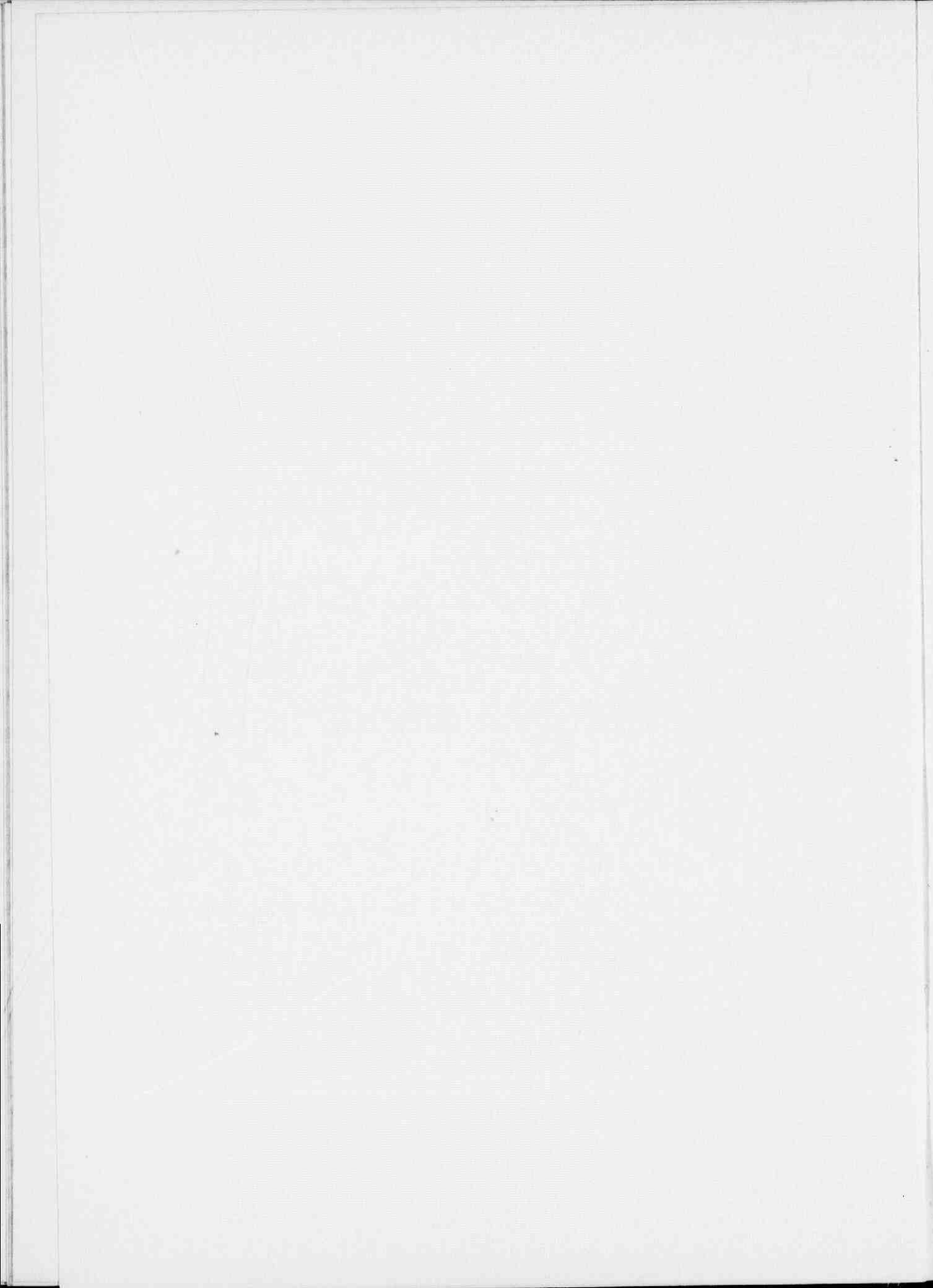
1. Taruntius	1062
2. Maskelyne	1416
3. Arago	1630
4. Sabine	807
5. Ritter	1208
6. Julius Caesar	1651
7. Agrippa	2059
8. Triesnecker	1652
9. Picard	1618
10. Vitruvius	1373
11. Plinius	1917
12. Menelaus	2001
13. Sulpicius Gallus	
14. Manilius	2346
15. Eimmart	3146
16. Macrobius	4681
17. Römer	3528
18. Littrow	
19. Bessel	1172
20. Linnaeus	
21. Conon	
22. Geminus	3761
23. Burckhardt	4441
24. Franklin	2415
25. Posidonius	1735
26. Calippus	6216
27. Cassini	1331
28. Autolycus	2746
29. Aristillus	3398
30. Hercules	3316
31. Bürg	2069
32. Eudoxus	4541
33. Aristoteles	3258
34. Archytas	1203
35. Democritus	1721
36. Scoresby	2994



Namen der bergen.	Hoogte in meters.	Namen der bergen.	Hoogte in meters.
-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

1. Short	5500	19. Wilhelm I	3374
2. Moretus	4870	20. Hainzel	3534
3. Newton	7264	21. Schickard	2579
4. Blancanus	5487	22. Hell	1635
5. Kircher	5369	23. Gauricus	2836
6. Bettinus	3773	24. Cichus	2579
7. Zuchius		25. Capuanus	2606
8. Deluc		26. Vitello	(1300)
9. Maginus	4397	27. Purbach	2466
10. Clavius	7091	28. Thebit	2560
11. Bayer	2460	29. Pitatus	
12. Schiller	3850	30. Bulliald	2732
13. Phocylides	2680	31. Mercator	1416
14. Saussure		32. Campanus	1989
15. Pictet		33. Mersenius	2563
16. Tycho	5300	34. Arzachel	4141
17. Street	1360	35. Alpetragius	3668
18. Longomontanus	4432	36. Gassendi	2914
		37. Billy	1034
		38. Herschel	2870
		39. Lalande	
		40. Mösting	2294
		41. Parry	499
		42. Landsberg	2944
		43. Flamsteed	1779
		44. Damoiseau	
		45. Grimaldi	
		46. Riccioli	

		18. Pytheas	(1790)
		19. Euler	1817
		20. Diophantus	(1300)
		21. Delisle	1817
		22. Aristarchus	2292
		23. Herodotus	1310
		24. Briggs	
		25. Seleucus	
		26. Helicon	
		27. Lichtenberg	
		28. Maupertuis	
		29. Bianchini	2578
		30. Sharp	2257
		31. Mairan	2442
		32. Louville	
		33. Plato	2212
		34. Bouguer	
		35. Harpalus	4832
		36. Horrebow	
		37. Fontenelle	2069
		38. Epigenes	
		39. Timaeus	
		40. Pythagoras	



bestudeeren; hij zag dadelijk, dat zij een bol was, vol groote oneffenheden, waar uitgestrekte en diepe valleien en hooge bergen met elkander afwisselen.

Ongetwijfeld was de eerste teekening, die men van de maan gemaakt heeft, eene ruwe voorstelling van het menschelijk gelaat, daar de ligging der met het bloote oog zichtbare vlekken eenigszins overeenkomt met de oogen, de neus en den mond. Die gelijkenis verdwijnt dadelijk, zoodra men de maan door eenen kijker waarneemt. Met eene levendige verbeelding schijnt men in de plaats van een hoofd, zelfs een geheel lichaam te kunnen zien, ten minste sommigen herkenden daarin Judas Iscariot, anderen ook Kaïn, eenen takkenbos met doornen dragend.

Hoewel men de voornaamste vlekken met het bloote oog kan zien, zoo is het aantal, dat men met kijkers kan onderscheiden, oneindig talrijker.

Om een overzicht van de maanschijf in haar geheel te verkrijgen, moet men haar met volle maan waarnemen. Indien wij haar met volle maan tegen middernacht beschouwen, dan zien wij haar in het zuiden. Men heeft dan het noorden boven, het zuiden onder aan de maan. Aan den linkerkant heeft men het oosten, aan den rechterkant het westen. Door eenen astronomischen kijker ziet men de maan omgekeerd: het zuiden is dan boven, het noorden onder, het oosten rechts, het westen links. *Zoo vindt men het op alle maankaarten geteekend.* De astronomen hebben maankaarten vervaardigd, zooals de geographen aardkaarten; zelfs zijn de eerste nauwkeuriger dan de laatste. Dit is ook natuurlijk: de maan kunnen wij zien, de aarde in haar geheel echter niet.

De eerste maankaart is in 1647 door Hevelius geteekend. Hij deed dit met eene zoo groote nauwkeurigheid, dat hij haar ook zelf wilde graveeren. Toen hij de verschillende vlekken namen moest geven, wifelde hij tusschen die van beroemde personen en die van landstreken op aarde. Hij erkent openhartig, dat hij van het eerste heeft afgezien, uit vrees van zich diegenen tot vijand te maken, die hij vergeten of niet genoeg geëerd zoude hebben. Hij besloot dus de namen onzer zeeën, steden en bergen naar de maan over te brengen. Riccioli, die eenigen tijd na Hevelius eene maankaart vervaardigde, nam in die kaart, welke de vrucht was van de waarnemingen van zijnen vriend en medewerker Grimaldi, de namen van personen op. Men heeft dien astronoom verweten, dat hij aan zijne medeleden

der Jezuïetenorde eene te groote plaats heeft ingeruimd en zichzelf ook onder de bevoorrechte geleerden geplaatst heeft. Het nageslacht heeft echter zijne terminologie behouden. In onze eeuw is de oppervlakte der maan voornamelijk bestudeerd door Beer en Maedler, Lohrman, Schmidt, Kaiser en anderen, die afbeeldingen vervaardigd hebben van grootere of kleinere gedeelten der maan.

Nemen wij thans eene maankaart voor ons, waarop niet te veel bijzonderheden zijn aangeteekend. De groote grijze vlakten zijn daarop als zeeën aangewezen en de voornaamste bergen zijn van een cijfer voorzien, dat overeenkomt met eenen naam, op den rand geplaatst. Horizontale lijnen en bogen door het noorden en zuiden getrokken vervullen de rol der parallellen en meridianen op aarde.

In de eerste plaats blijkt het, dat de groote donkere vlekken voornamelijk voorkomen op de onderste of noordelijke helft der schijf, terwijl de bovenste of zuidelijke helft wit en bergachtig is; men vindt echter die witte tint ook terug aan den noordwestelijken rand en in het midden, terwijl men daarentegen op het zuidoostelijk gedeelte weder meer donkere vlekken vindt, en evenzoo, hoewel niet zoo uitgestrekt, op het zuidwestelijk deel. Wij zullen beginnen met op de kaart de verdeeling der donkere vlekken of zeeën na te gaan.

Letten wij het eerst op het westelijk deel der maanschijf, dat het eerst na nieuwe maan verlicht wordt, als wij des avonds eene smalle sikkkel aan den hemel zien, die van dag tot dag breeder wordt, om op den zevenden dag na nieuwe maan tot eene halve maan aan te groeien, (voor het bloote oog de linkerkant, op de kaart de rechterkant). Men ziet daar, dicht bij den rand, eene kleine ovale vlek, van alle kanten in het wit ingesloten. Deze draagt den naam van *Buienzee* (Mare crisium).

Men moet hier het woord *zee* niet letterlijk opvatten; de oudste waarnemers noemden zoo alle groote donkere vlekken; zij meenden, dat deze groote watermassa's waren. Wij echter weten, dat daar evenmin water is als op eenig ander deel der maan. Het zijn uitgestrekte vlakten.

De buienzee kan men, omdat zij op de westelijke grens der maan gelegen is, reeds dadelijk na nieuwe maan met het bloote oog herkennen; zij blijft tot volle maan zichtbaar, en verdwijnt na volle maan weder het eerst.

Rechts van de buienzee, iets ten noorden, vindt men eene groote

onregelmatige, ovale vlek, die eveneens met het bloote oog gemakkelijk kan gezien worden: deze is *de Helderheidszee* (Mare serenitatis). Tusschen deze beide vlekken vindt men: *de Stille zee* (Mare tranquillitatis), eindigend in eene golf, die zich uitstrekt tot aan het midden der schijf, en die den naam draagt van *Dampenzee* (Mare vaporum).

De helderheidszee verdeelt zich in twee takken, die de beenen van het menschelijk lichaam moeten voorstellen. De tak, welke het dichtst bij den rand ligt, heet: *de Vruchtbaarheidszee* (Mare foecunditatis), de andere heet: *de Nectarzee* (Mare nectaris). Onder de helderheidszee, in de nabijheid van de noordpool, ligt eene vlek, lang en smal, in de richting van het oosten naar het westen, bekend onder den naam van *Zee der koude* (Mare frigoris). Tusschen de helderheidszee en de zee der koude heeft men *het Droomenmeer* (Lacus somniorum) en *het Doodenmeer* (Lacus mortis). *De Moeras der verrotting* (Palus putredinis) en *de Moeras der nevels* (Palus nebularum) liggen in het westelijk deel der *regenzee* (Mare imbrium), die aan hare noordzijde eindigt in *de Irisgolf* (Sinus iridum).

Bijna het geheele oostelijk gedeelte der maanschijf wordt door ééne donkere vlek ingenomen. Het noordelijk deel dier vlek heet, zooals wij reeds zagen: *de Regenzee* (Mare imbrium), die door eene golf in gemeenschap is met *de Stormzee* (Oceanus procellarum), waarin twee grootere kraters: *Keppler* en *Aristarchus* schitteren. De zuidelijke gedeelten dier niet scherp begrensde zee heeten: *de Wolkenzee* (Mare nubium) en *de Vochtigheidszee* (Mare humorum).

De meeste dier vlakten hebben ronde grenzen, zooals de Buienzee, de Helderheidszee, en de Regenzee.

Behalve deze vlekken, die ongeveer een derde van de maanschijf innemen, ziet men met het bloote oog eene reeks van lichte punten. In het bovenste gedeelte kan men met het bloote oog den voornaamsten berg der maan *Tycho*, herkennen, die tot op eenen grooten afstand zijne stralen uitzendt. (Wij moeten hier nogmaals er op wijzen, dat men op de kaart alles omgekeerd ziet, en dat men hierop letten moet, als men de maan met het bloote oog waarneemt).

Men heeft de oppervlakte der maan nauwkeurig uitgemeten. Het gedeelte, dat wij met volle maan kunnen zien, is 18 920 000 vierkante kilometers groot. De donkere vlekken beslaan 5 640 000 vierkante kilometers, de bergen 13 280 000 vierkante kilometers.

Onder op de kaart hebben wij eene kilometerschaal gegeven. Daar

de schijnbare middellijn der maan $31' 24''$ is (zie blz. 106) en hare werkelijke middellijn 3484 kilometers (zie blz. 109), zoo is iedere boogsecunde 1865 meters en iedere minuut 112 kilometers groot. Elke secunde wordt grooter, naarmate men den rand der maan



Fig. 60. — Een gedeelte der maan bij geringe vergroting.

nadert, daar de maan niet vlak, maar bolvormig is.

Op de kaart zijn de 172 voornaamste bergen aangewezen.

Men behoeft de maan slechts door eenen kijker met geringe

vergrooting waar te nemen, om reeds dadelijk te zien, dat hare oppervlakte zeer sterke oneffenheden bevat. Fig. 60, de maan voorstellende twee dagen vóór haar eerste kwartier, geeft daarvan een duidelijk denkbeeld. De onregelmatigheid van den binnensten rand komt hier duidelijk aan het licht. Bovendien ziet men, tot op eenigen afstand van den rand, cirkelvormige schuin verlichte holten en zeer geprononceerde schaduwen. Als men die schaduwen eenige dagen na elkander waarneemt, dan ziet men, dat zij toenemen en afnemen in uitgestrektheid en in scherpte, naarmate de zonnestralen op het overeenkomstig deel van de oppervlakte der maan schuiner vallen. Van den tijd af, dat men de maan met kijkers heeft waargenomen, wist men dus reeds, dat zij een vaste bol is, met kraters bedekt.

De helderheidszee met hare omgeving geeft ons een duidelijk inzicht in het verschil in karakter tusschen een vlak en een bergachtig terrein op de maan (fig. 61); wij zien hierop zoowel het zandige, ruwe, oneffene der maanzeeën, als het kratervormige van de bergen.

Willen wij een denkbeeld krijgen van het bergachtige deel in zijn geheel, dan moeten wij op onze maankaart het zuidelijk deel van onzen wachter bestudeeren. Reeds met het bloote oog ziet men in het onderste deel der maan (op onze kaart boven), een schitterend wit punt, waarvan een stralenbundel uitgaat. Met eenen gewonen tooneelkijker is het reeds te onderscheiden. Het is de bekende berg *Tycho*. Deze neemt, met de daarvan uitgaande ketenen, het midden van het zuidelijk deel der maanschijf in. Hij is de grootste en statigste van al die bergen en vertoont ons eenen ronden, wijden krater, die 85 kilometers doorsnede heeft, en dien men door middel van eenen astronomischen kijker met geringe vergrooting kan waarnemen.

Die berg schijnt wel het centrum der vulkanische uitbarstingen op de maan geweest te zijn.

Bij volle maan is *Tycho* omgeven door eenen stralenkrans, die zooveel licht uitstraalt, dat hij de oogen verblindt en ons belet, de bijzonderheden van den krater na te gaan.

Beschouwen wij thans een ringgebergte meer in bijzonderheden en kiezen wij daartoe Copernicus (op onze kaart n°. 91 oost), die een der schoonste en meest eigenaardige is van de geheele maan. Hij heeft eene middellijn van 90 kilometers. Bij volle maan gaan van dezen evenals van *Tycho* stralen uit. Als hij niet volkomen verlicht wordt, kan men de centrale bergen onderscheiden, die uit den krater verrijzen, en de beide glooiingen van den cirkelvormigen wal, die

hem omgeeft. Het binnenste gedeelte van den tamelijk steilen krater vertoont eenen driedubbelen kring van rotsen en een groot aantal groote blokken, aan den voet der steile bergen opgestapeld, alsof



Fig. 61. — De helderheidszee.

zij van boven den berg waren losgeraakt en naar beneden gevallen waren. In het midden ziet men nog de overblijfselen van den cen-

tralen berg (fig. 62). Aan de buitenzijde ziet men een menigte kleine bergen, afgewisseld door diepe ravijnen.

Dit is het type van alle bergen op de maan. Zij zijn alle hol, en hebben steile wanden, die dikwijls eene diepte hebben van drie tot vier duizend meters. Op de Maan-Alpen, die iets minder hoog zijn dan de Caucasus en de Apennijnen op de maan, vindt men eene breede vallei, die den keten doorsnijdt van het zuidoosten naar

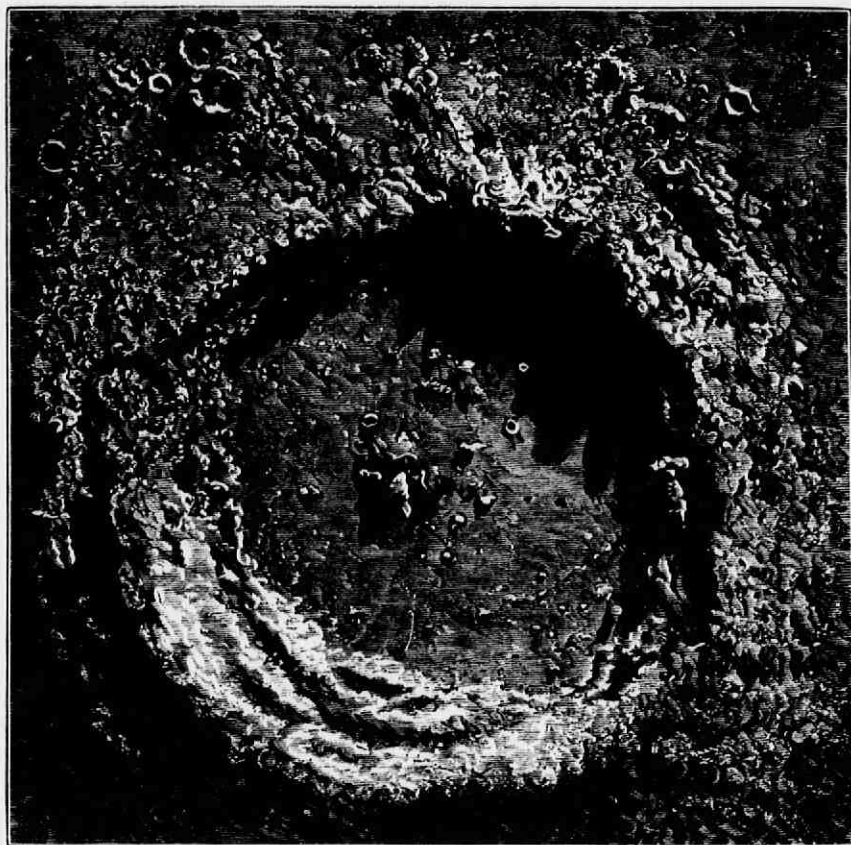


Fig. 62. — Copernicus.

het noordwesten. Deze vallei wordt begrensd door bergen, die zich hoger boven den bodem uitstrekken dan de Piek van Teneriffe boven de oppervlakte der zee. (De Piek van Teneriffe is 3700 meters hoog).

Men heeft reeds meer dan 50 000 bergen op de maan leeren kennen.

De hoogte der bergen op de maan is nauwkeuriger bekend dan op aarde. De fout bedraagt hoogstens eenige meters.

De hoogste zijn :

Leibnitz gebergte	7610 meters.	Curtius	6769 meters.
Dörfel gebergte	7603 „	Calippus	6216 „
Newton	7264 „	Huygens (Apennijnen)	5560 „
Clavius	7091 „	Short, bij Newton	5500 „
Casatus	6956 „	Tycho	5300 „

De ketenen Leibnitz en Dörfel liggen bij de zuidpool der maan. Aan de polen der maan (waar men noch sneeuw, noch ijs vindt) vindt men bergen, op wier top de zon nooit ondergaat.

De maankraters hebben eene veel grootere uitgestrektheid dan die op aarde. De grootste nog werkende vulkanen op aarde hebben nog geen duizend meters middellijn. De Monte Somma bij den Vesuvius heeft eene middellijn van 3600 meters, terwijl de Val del Bove bij de Etna eene middellijn heeft van 5500 meters. Op Ceylon vindt men eenen uitgedoofden krater van 70 000 meters middellijn.

Op de maan vindt men walvlakten van meer dan 200 000 meters middellijn. Er zijn er minstens twintig, wier middellijn grooter is dan 100 kilometers. En dat terwijl de maan 49 maal kleiner is dan de aarde!

De hoogste bergen op de maan zijn wel is waar duizend meters lager dan die op aarde, maar indien men de grootte der maan met die der aarde vergelijkt, dan is de hoogte der maanbergen verbazend groot in vergelijking met die op onze planeet. De maan is veel bergachtiger dan de aarde, en onder die bergen komen ook veel meer reuzen voor. Is bij ons de Gaurisankar (Mount-Everest) de hoogste berg van het Himalaya gebergte en tevens de hoogste op aarde, 8840 meters hoog of $\frac{1}{1440}$ van de middellijn der aarde, op de maan vindt men bergtoppen tot eene hoogte van 7600 meters, zooals Dörfel en Leibnitz, wier hoogte $\frac{1}{470}$ van de middellijn der maan is.

Opdat echter onze vergelijking juist zij, moeten wij ons op aarde het water der zeeën wegdenken, en van den bodem der zee af rekenen. De peilingen op zee leeren ons, dat dan de hoogte der bergtoppen verdubbeld wordt. De Gaurisankar ligt dus $\frac{1}{720}$ van de middellijn der aarde boven den bodem der zee.

Dit neemt echter niet weg, dat de bergen op de maan nog altijd betrekkelijk veel hooger zijn dan die op aarde. Opdat de verhouding dezelfde ware, moest de Gaurisankar 13 kilometers hoog zijn.

De bergen op de maan zijn van vulkanischen oorsprong. Dit belangrijke feit volgt uit den ringvormigen, ronden vorm der groote valleien, walvlakten en kraters.

Het bestaan dier kraters, de grootte en het aantal der walvlakten

zoowel als de vorm dier bergen bewijzen, dat de maan oudtijds evenals de aarde, doch in veel sterkere mate, het slachtoffer geweest is van ontzaglijke uitbarstingen. Ook zij was oorspronkelijk vloeibaar, doch is later afgekoeld en met eene vaste korst bedekt geworden.

Die korst was de zetel van vulkanische verschijnselen, waarvan de sporen nog thans bestaan in de verschillende terreinverheffingen, die veroorzaakt werden door de uitzetting der gassen en dampen, welke bij de hooge temperatuur van de kern ontwikkeld werden.

Oorspronkelijk bood de vaste korst der maan door hare geringe dikte weinig wederstand, en daar zij niet door vroegere schokken geteisterd was, moest zij overal ongeveer dezelfde dikte hebben. De uitzetting der gassen, loodrecht op de buitenste lagen werkende, moest op de plaatsen, waar de weerstand het minst was, de buitenste laag verbreken en cirkelvormige opheffingen te voorschijn roepen. In dien tijd moeten dus de groote grauwe vlakten ontstaan zijn, die men zeeën noemt. Wij hebben reeds gewezen op den ronden vorm der buienzee, der helderheidszee, der regenzee en der vochtigheidszee. Hare randen, gedeeltelijk door latere uitbarstingen vernield, bestaan nog heden uit eene aaneenschakeling van oneffenheden, namelijk de bergketenen: *de Karpathen, de Apennijnen, de Caucasus, de Alpen, het Haemus- en het Taurusgebergte.*

Daarna kwamen nieuwe opheffingen in eenen tijd, toen de maan-korst reeds dikker geworden was. Toen werden de groote ringgebergten gevormd, die reeds veel kleinere afmetingen hebben. Zoo ontstonden bijvoorbeeld de ringgebergten *Schickardt, Grimaldi, Clavius.*

Eindelijk ontstond dat onnoemelijk aantal kraters van kleinere afmetingen, waarmede de geheele maan overdekt is, en waarvan velen zelfs in de zeeën voorkomen. Men begrijpt gemakkelijk, waarom de kringen telkens kleiner werden. Elk dier kringen heeft als het ware zijn ontstaan te danken aan opblazingen; de grootte van die blazen hing af van de inwendige kracht, waardoor zij werden voortgebracht, en van den weerstand van de vaste of liever breiachtige korst der maan. De grootste kringen moeten dus het eerst gevormd zijn. De oppervlakte der maan kan dus in twee duidelijk te onderscheiden types verdeeld worden. Het eerste, dat het helderst is, zou men het vaste land kunnen noemen, het is het zuidelijke en bergachtige gedeelte. Zijn terugkaatsend vermogen en zijne groote verheffing boven de vlakten onderscheiden het duidelijk van den effen grond, welks donkere en gladde oppervlakte de kenmerken van aanslibbing ver-

toont. Het donkere gedeelte moet werkelijk met water bedekt geweest zijn. Wat is er van die zeeën geworden? Zij moeten veel



Fig. 63. — De Apennijnen op de maan, de drie ringgebergten Archimedes, Aristillus en Autolycus, en de rillen.

minder uitgestrekt en diep geweest zijn dan de groote oceanen op aarde, en zij zijn dus waarschijnlijk langzamerhand opgeslorpt door

den poreuzen bodem, waarop zij rustten. Misschien is er nog in de diepere lagen eenig vocht overgebleven.

Fig. 63 geeft ons een beeld van eene der belangrijkste bergketenen op de maan: de *Apennijnen*, op de grens van de regenzee, bij dat gedeelte, dat den weinig aesthetischen naam draagt van: *moeras der verrotting*. Deze uitgestrekte bergketen is 720 kilometers lang en hare hoogste toppen zijn meer dan 5000 meters hoog. De bergen leveren, als zij tijdens het eerste kwartier schuin door de zon verlicht worden en hunne donkere schaduwen op de maan werpen, een treffend schouwspel op. Het groote ringgebergte onder op de teekening is *Archimedes*, met eene doorsnede van 93 kilometers en eene hoogte van ongeveer 1600 meters. Daarnaast ziet men twee andere bergen, waarvan de bovenste *Aristillus*, de onderste *Autolycus* heet. Diezelfde teekening doet ons de groeven of rillen zien, die over sommige maanvlakten heenloopen. De eene begint aan den zuidelijken rand van *Archimedes* en strekt zich tot over de 150 kilometers uit. Zij is eerst $1\frac{1}{2}$ kilometer breed, maar wordt langzamerhand smaller; de andere begint aan de tegengestelde zijde van denzelfden berg en slingert zich naar het noorden. Die groeven hebben eene diepte van verscheidene kilometers en zeer steile hellingen. Twee andere uitgestrekte rillen loopen langs de *Apennijnen* en liggen gedeeltelijk in de schaduw der reusachtige bergen aan den rand van afgronden van ontzettende diepte. De toppen werpen schaduw tot op eenen afstand van 130 kilometers.

Het is uit het voorgaande duidelijk, dat er een groot onderscheid bestaat tusschen den vorm der bergen op de maan en op de aarde. Alle maanbergen zijn hol en hun diepste gedeelte is bijna altijd lager dan de gemiddelde hoogte van de oppervlakte der maan, daar de hoogte van den buitensten wal gewoonlijk slechts een derde is van de diepte des kraters. Enkele streken op aarde vertoonen echter eene treffende overeenkomst met sommige deelen der maan. Het duidelijkst komt dit uit bij den *Vesuvius*, met het omringende land, bekend onder den naam van *phlegreïsche vlakte*. Onze lezers kunnen zich daar een denkbeeld van vormen, indien zij fig. 64 beschouwen, geteekend naar twee photographieën van reliefkaarten, waarvan de eene voorstelt eene vulkanische streek op de maan, de andere eene vulkanische streek op de aarde. De rechtsche teekening stelt voor de golf van Napels, den *Vesuvius*, *Pozzeoli*, *Baja*, tot aan het eiland *Ischia*. Zij is het ge-raamte van het prachtige landschap bij Napels, schuin verlicht door de zon, evenals de teekening van dat gedeelte der maan, waarmede

het vergeleken wordt. De Vesuvius, die een der grootste vulkanen van Europa is, zou op de maan een van die kleine nauwelijks zichtbare kraters zijn, zooals er in de nabijheid van Copernicus en de overige reuzen op de maan zoovele gevonden worden. Die wanverhouding zoude ons zelfs doen twifelen aan den vulkanischen aard der maan-

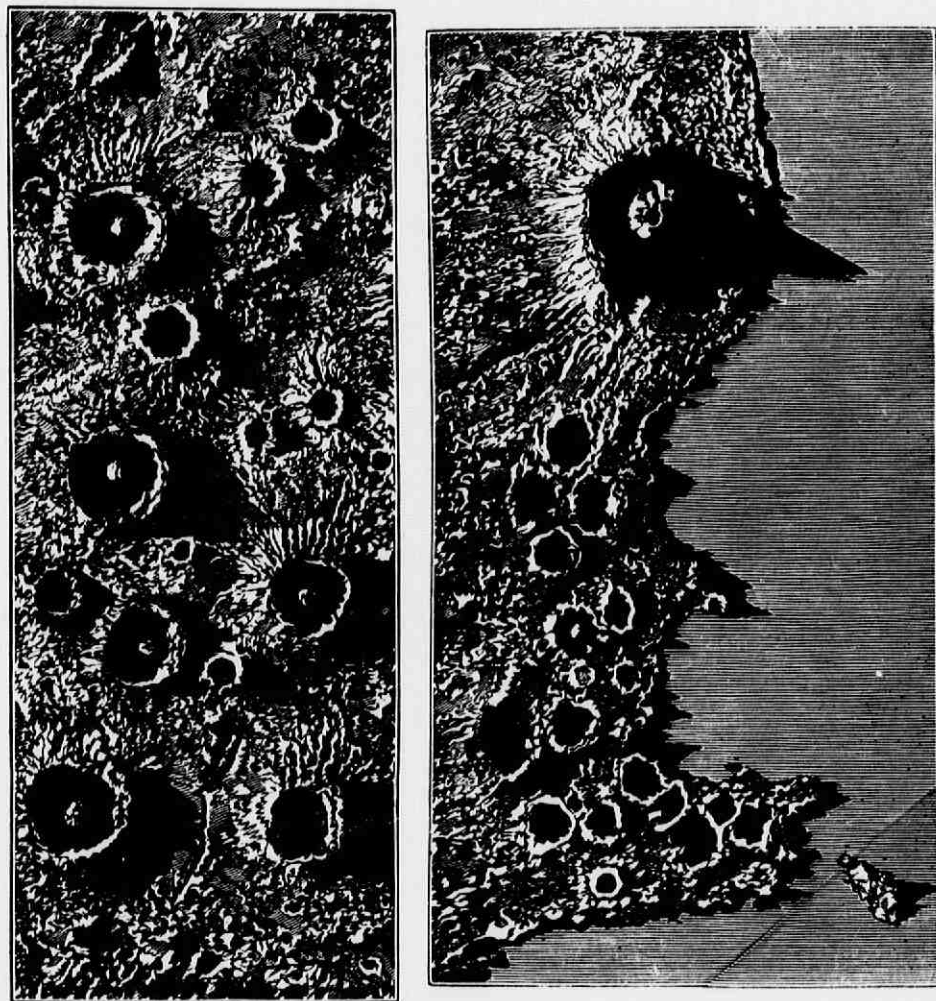


Fig. 64. — Vulkanisch landschap op de maan en op de aarde.

kraters, indien men niet daarin, evenals in de kraters op aarde, den centralen kegel had opgemerkt, die ontstaan is door de laatste stuip-trekkingen van den vulkaan, die in eenen laatsten zucht de overgebleven verbrandingsproducten van den uitdoovenden oven uitwerpt.

Tusschen de aarde en de maan bestaat dus bijna geen ander

verschil in karakter, dan het verschil, dat teweeggebracht wordt door de geringe zwaartekracht op de maan.

Alles wat wij tot nu toe over de oppervlakte der maan hebben medegedeeld, geldt alleen voor het naar ons toegekeerde halfrond. Onze lezers weten, dat wij altijd dezelfde helft van de maan zien, en dat geen sterveling ooit de achterzijde gezien heeft of zien zal. Terwijl de maan om ons heenwentelt, keert zij steeds dezelfde helft naar ons toe, alsof zij door middel van eene ijzeren staaf aan de aarde verbonden was (zie fig. 48, blz. 114). Zij draait om ons heen op dezelfde wijze als wij ons zouden bewegen, als wij de aarde zouden omwandelen. Evenals wij steeds onze voeten op aarde hebben, zoo heeft de maan steeds hetzelfde gedeelte naar de aarde toegekeerd. Een ballon, die eene reis om de aarde volbrengt, geeft ons eene juiste voorstelling van de beweging der maan om de aarde: de ballon draait in den tijd, waarin zij hare reis volbrengt, juist eenmaal om eene as; als hij bij onze tegenvoeters gekomen is, dan is



Fig. 65. — Krater op de maan.

zijne richting juist tegengesteld aan die, welke hij bij ons had. Hieruit volgt dus, dat ook de maan om eene as wentelt in denzelfden tijd, waarin zij zich om de aarde beweegt. Deed zij dit niet, dan zouden wij bij iedere omwenteling na elkander alle deelen van de maan moeten zien.

Een der astronomen, die zich het meest met de mathematische theorie van de beweging der maan heeft beziggehouden, de beroemde Hansen, heeft uit de theorie dier beweging afgeleid, dat de maan in de richting der aarde als een ei uitgerekte moet zijn, en dat het zwaartepunt der maan op 59 kilometers van het midden der maan moet verwijderd zijn. Volgens hem is het naar ons toegekeerde halfrond in denzelfden toestand als een hooge berg, en kan het andere halfrond zeer goed eenen dampkring hebben en alle voorwaarden bezitten voor het leven van planten en dieren, daar het beneden het gemiddelde niveau gelegen is.

Wij zeiden zooeven, dat de maan altijd dezelfde zijde naar ons toekeert, dit is echter alleen in hoofdzaak waar; daar zij om de aarde heendraait met eene niet eenparige beweging, terwijl de beweging om hare as eenparig is, zoo laat zij ons nu eens iets van hare linkerzijde, dan weder iets van hare rechterzijde zien. Daar bovendien de as der maan niet volkomen loodrecht staat op het vlak der maanbaan, zoo zien wij van tijd tot tijd een gedeelte van wat achter haren bovensten en ondersten rand gelegen is. Men noemt dit de schommelingen of *libraties* der maan. Hieruit volgt, dat wij in het geheel iets meer dan de helft der maan kunnen zien: de verhouding van het steeds onzichtbare en het zichtbare gedeelte is als 42 : 58. Acht honderdsten van de maan zijn dus afwisselend zichtbaar en onzichtbaar. Op die acht honderdste deelen is de toestand volkomen dezelfde als op het steeds naar ons toegekeerde gedeelte. Het is dus waarschijnlijk, dat het achterste halfmond in wezen niet van het andere verschilt. Het zou zeker veel aangenamer zijn, als wij werkelijk wisten, hoe het op die achterzijde gesteld was, maar tot onze spijt kunnen wij er bij ons leven niet achter komen. Dit doet ons denken aan dien ongelukkigen sterrenwicheelaar, die de maan altijd hoog vereerd had, maar daarentegen voor eenen der roofridders van dien tijd weinig eerbied had gehad. De arme astroloog werd daarvoor ter dood veroordeeld. Om hem zijn laatste uur te verzachten, trachtte een geestelijke hem de genietingen des hemels met levendige kleuren te schilderen. »Ach," antwoordde hij: »dat onzekere geluk kan mij geen troost bieden, daar denk ik zelfs niet aan; maar eerlijk gezegd, doet het mij genoegen, dat ik de maan nu ook eens van achteren zal zien."

VIJFDE HOOFDSTUK.

De dampkring der maan. Bewoonbaarheid der maan.

Wij zagen in het voorgaande hoofdstuk, dat de maan bij alle overeenkomst met de aarde toch ook door haar vulkanisch karakter vele punten van verschil met onze planeet oplevert. Belangrijk is de invloed, door den dampkring op de aarde uitgeoefend. Hij tooit den dorren grond met een groen tapijt; hij geeft bloei en leven aan weiden en bosschen; aan hem danken bloemen en vruchten haar bestaan. In den dampkring vormen zich de wolken met hare grillige omtrekken, die den vruchtbaren regen over de aarde uitgieten, en waarin de regenboog optreedt als de bode van den herstelden vrede in de natuur. De lucht wekt leven in onze ademende longen, maar neemt ook den laatsten zucht van den stervende op. Zonder dampkring kunnen wij ons geen leven denken, maar zou de stilte des doods op de aarde heerschen. Wij kunnen ons geene planten of dieren, zelfs niet de laagste organismen voorstellen zonder die veerkrachtige, bewegelijke middenstof, waarin wij leven. Wel kennen wij niet alle vormen, waarin zich het leven zou kunnen openbaren, maar als wij het terrein der feiten niet willen verlaten, dan moeten wij wel erkennen, dat de dampkring ons voorkomt, de onmisbare voorwaarde te zijn voor het bestaan van georganiseerde wezens.

Wij zeiden: »*ons voorkomt*»; het is toch niet uitgemaakt, dat de natuur niet in staat zoude zijn, wezens voort te brengen, zoo geschapen, dat zij zonder lucht zouden kunnen leven. Er zijn menschen, die dit ontkennen. Wij zullen hen niet tegenspreken, maar gelooven toch recht tot twijfel te hebben. Indien iemand, die nooit gehoord had van de ontelbare wezens, die de zeeën bevolken, plotseling vernam, dat het voor sommige wezens mogelijk is, te ademen en zich te bewegen te midden van het water, terwijl voor hem een eenigszins langdurig verblijf onder water doodelijk is, dan zoude dat bericht hem ten hoogste verbazen. Zoo zou het ook met ons het geval zijn, indien men ons op onweerlegbare wijze het bestaan van levende wezens op de maan aantonde. Maar de natuur is zoo

verscheiden in de openbaring van hare macht, dat wij de onmogelijkheid niet durven uitspreken.

Dit is echter zeker, dat de oplossing der vraag omtrent het bestaan van eenen dampkring op de maan ons tevens leert, of onze wachter bewoonbaar is voor wezens van denzelfden bouw als die op aarde.

Eene aandachtige waarneming van de maan heeft reeds dadelijk aangetoond, dat, als er een dampkring om de maan bestaat, daarin geene wolken gevormd worden; die wolken zouden toch sommige deelen van de oppervlakte der maan voor ons bedekken, en wij zouden dan telkens witte, meer of minder uitgestrekte vlekken moeten zien, aan verschillende bewegingen onderworpen. Dit nu is niet het geval; steeds kunnen wij de bijzonderheden op de maan zonder bezwaar waarnemen.

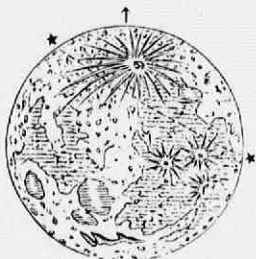


Fig. 66. — Bedekking van Uranus,
den 25sten Maart 1877.

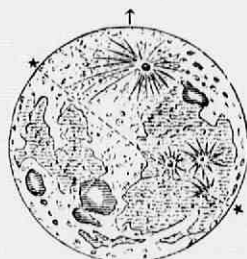


Fig. 67. — Bedekking van Regulus,
den 27sten Februari 1877.

Hieruit volgt, dat indien de maan eenen dampkring heeft, deze steeds doorschijnend is. Maar wij kunnen nog verder gaan. Iedere dampkring veroorzaakt schemering. Daar de helft der maan zonnelicht ontvangt, zouden de zonnestrallen, die den dampkring verlichten, welke zich boven de plaatsen uitstrekt, die nog in de duisternis liggen, langs den donkeren rand eene zekere helderheid verspreiden, die tot aan de verlichte helft zou toenemen. Van uit de aarde gezien, zoude de maan aan de grenslijn eenen langzamen overgang van licht tot donker moeten vertoonen. Van eenen zoodanigen overgang blijkt niets: het verlichte en het donkere gedeelte zijn gescheiden door eenen scherp begrensden rand. Die lijn is door de bergen wel onregelmatig en gekronkeld, maar zij vertoont geen spoor van eene langzame lichtvermindering. Men ziet dus, dat, zoo al de maan eenen dampkring heeft, deze dan toch zeer onbeduidend moet zijn, omdat zij tot geene merkbare schemering aanleiding geeft.

Er is een nog nauwkeuriger middel, om het al of niet bestaan

van eenen dampkring uit te maken. Als de maan, bij hare beweging aan den hemel, eene ster passeert, dan kan men de juiste oogenblikken aangeven, waarop de ster achter de maan verdwijnt, en waarop zij weder te voorschijn treedt, zoodat de duur der sterbedekking daaruit kan worden afgeleid. Verder kan men door berekening vinden, welken weg de ster gedurende hare bedekking achter de maanschijf aflegt, en daaruit den tijd afleiden, waarin de maan zich zooveel aan den hemel verplaatst. Indien dus de lichtstralen van hunnen weg werden afgebogen door straalbreking in

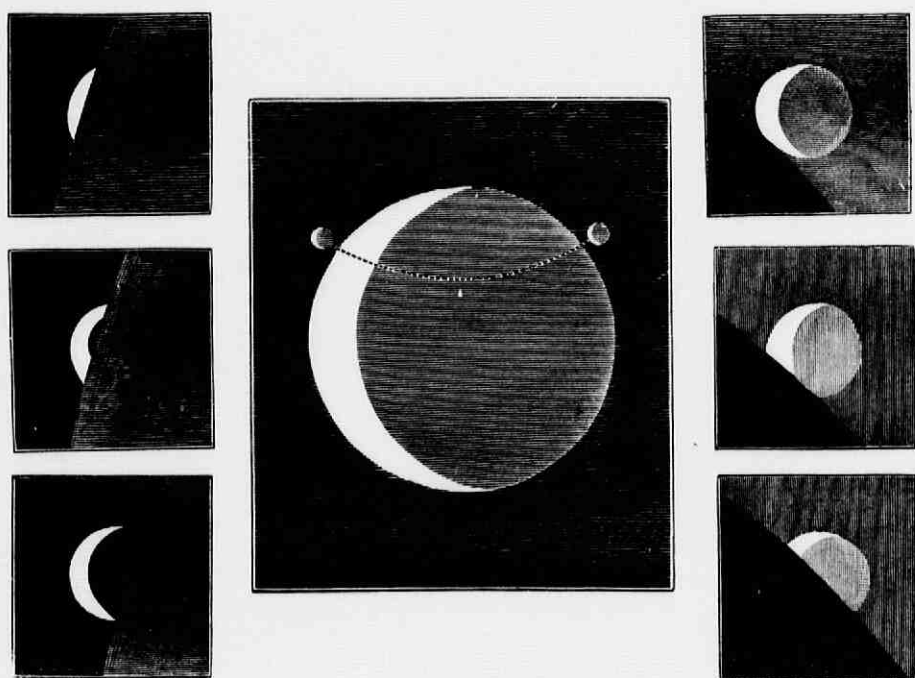


Fig. 68. — Bedekking van Venus, den 14^{den} October 1874.

eenen dampkring, dan zoude de ster nog eenigen tijd zichtbaar blijven na het oogenblik waarop de maan haar bedekt; zoo ook zoude de ster weder te voorschijn treden eenigen tijd vóórdát de bedekking had opgehouden; de duur der bedekking zoude dus daardoor verkort moeten zijn. Doch er is volkomen overeenstemming tusschen waarneming en berekening. Bovendien wordt het licht der ster in het minst niet verzwakt in de nabijheid van den rand der maan. Hieruit volgt, dat de dampkring der maan, zoo hij al bestaat, ijler moet wezen dan de lucht, die onder de klok eener luchtpomp overblijft, nadat men deze zooveel mogelijk luchtledig gepompt heeft!

Indien de maan bij eene zonsverduistering langs de zon passeert, vertoont haar omtrek nooit eenig spoor van bijschaduw.

Fig. 68 geeft eene voorstelling van de bedekking van Venus door de maan, te Parijs waargenomen den 14^{den} October 1874, bij prachtig helder weder. Men ziet bij deze teekeningen drie waarnemingen bij het verdwijnen der planeet achter de maan en drie bij het weder te voorschijn treden. Er openbaart zich geen spoor van bijschaduw of van eene vervorming, waaruit het bestaan van eenen dampkring zoude kunnen worden vermoed. Jupiter, Saturnus en Mars zijn ook van tijd tot tijd door de maan bedekt. Ook die bedekkingen hebben tot hetzelfde resultaat geleid.

Men heeft de spectraalanalyse, (waarvan wij het beginsel later zullen bespreken) te hulp geroepen, om door hare bemiddeling sporen van eenen dampkring op de maan te ontdekken. Bestaat die dampkring, dan moeten de zonnestralen daar eerst doorheen vallen, vóórdat zij de oppervlakte der maan bereiken, en dan weder, indien zij naar de aarde teruggekaatst worden. Het spectrum van het maanlicht zoude dus, behalve de absorptiestrepen van de zon, ook nog die van den dampkring der maan moeten bevatten. De waarneming leert, dat de maan het zonnelicht als een gewone spiegel terugkaatst, zonder dat dit licht op eenigerlei wijze gewijzigd wordt.

Er bestaat nog een ander middel, om het bestaan van eenen dampkring of van waterdamp op den rand der maan te ontdekken, en wel door het spectrum eener ster te onderzoeken op het oogenblik, dat zij door de maan bedekt wordt. De geringste hoeveelheid gas zoude dat spectrum wijzigen. Daar dit niet het geval is, zoo volgt hieruit, dat aan den rand der maan geen dampkring merkbaar is.

Dit zijn de feiten, die tegen het bestaan van eenen maandampkring strijden. Naar het ons voorkomt, zijn zij niet voldoende, om daaruit te besluiten tot *eene volkomen afwezigheid van lucht* op de oppervlakte der maan, te meer, daar wij enkele waarnemingen zullen mededeelen, die er op wijzen, dat er misschien wel eenig spoor van eenen dampkring op de maan bestaat, al moge die dan ook zeer laag en ijl zijn.

De sterbedekkingen hebben plaats op den rand der maan; die rand wordt gevormd door de toppen van de bergen, op elkander geprojecteerd; slechts zelden kan men op den rand der maan eene vlakte ontdekken, daar deze bijna altijd door eenen berg voor ons bedekt gehouden wordt. Bestaat er een dampkring, dan moeten wij

dien niet op de bergen, maar juist laag boven de oppervlakte der maan zoeken.

Reeds op het einde der vorige eeuw had Schroeter opgemerkt, dat de toppen der maanbergen, die als op zichzelf staande punten op het niet verlichte gedeelte gezien worden, minder verlicht zijn, naarmate zij verder verwijderd zijn van de grenslijn van licht en schaduw, of wat op hetzelfde neerkomt, naarmate de lichtstralen over eene grootere uitgestrektheid langs de oppervlakte der maan zijn heengestrekten.

Terwijl hij eens des avonds de smalle sikkkel der maan waarnam twee dagen na nieuwe maan, wenschte hij na te gaan, of haar donkere rand, die alleen aschgrauw licht ontving door terugkaatsing van het zonlicht op de aarde, bij het afnemen der schemering op aarde plotseling in zijn geheel zichtbaar zoude worden, dan wel of hij bij gedeelten te voorschijn zoude treden; het bleek, dat de donkere rand het eerst zichtbaar werd in het verlengde der horens, over eene lengte van 1' 20" en eene breedte van 2", met een zwak grijsachtig licht, dat in duidelijkheid en breedte afnam naarmate het verder oostwaarts te zien was. Op datzelfde oogenblik waren de overige gedeelten van den donkeren rand geheel onzichtbaar, en toch zoude men die het eerst moeten zien, omdat zij het verst verwijderd zijn van het heldere deel der maan. Dit verschijnsel kan, naar onze meening, alleen verklaard worden door aan te nemen, dat de zonnestralen, na terugkaatsing in den dampkring der maan, schemerlicht veroorzaken op dat gedeelte der maan, dat nog niet door de zonnestralen zelf verlicht wordt.

De beroemde Engelsche astronoom Airy heeft uit 295 nauwkeurig waargenomen sterbedekkingen afgeleid, dat de straal der maan 2" te kort schijnt bij het verdwijnen der sterren achter den *donkeren* rand en 2,4" te kort bij het weder te voorschijn treden van achter dien donkeren rand. De waarneming der sterbedekkingen achter den *lichten* rand geeft echter voor den straal der maan eene grootere waarde, dan men zoude vermoed hebben. Men schrijft dit toe aan de *uitstraling* (irradiatie), waardoor de straal de maan voor ons oog grooter moet schijnen dan hij inderdaad is en het licht der ster dus wordt uitgedoofd vóórdat zij de maanschijf bereikt, zoodra de ster binnen dien schijnbaren lichtrand gekomen is. (1) Doch het zou kunnen zijn, dat de straalbreking in den dampkring der maan daarbij

(1) De uitstraling of irradiatie is het verschijnsel, dat lichte voorwerpen op eenen donkeren achtergrond grooter schijnen dan zij werkelijk zijn.

eveneens in het spel komt. Hansen tenminste vond voor de schijnbare middellijn der maan, afgeleid uit de sterbedekkingen, eene waarde, die met de waarde, uit de metingen afgeleid, inderdaad verschilt. In overeenstemming hiermede zijn de metingen van den straal der maan bij totale zonsverduisteringen, waar de uitstraling der maan is opgeheven.

Bij eene bedekking van Jupiter, den 2^{den} Januari 1857 waargenomen, kon men langs den rand der maan eene donkere lijn zien, die op de schijf van Jupiter uitliep (fig. 69). Ditzelfde is ook waargenomen den 24^{sten} Mei 1860.

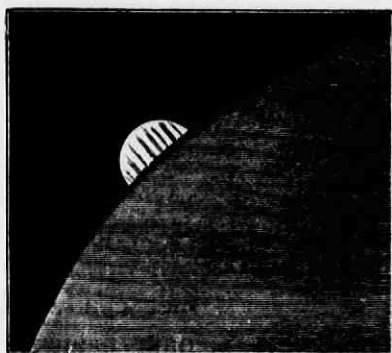


Fig. 69. — Bedekking van Jupiter door de maan, den 2^{den} Januari 1857.

Men heeft berekend, dat de hoogte eener atmosfeer, die de oorzaak zoude zijn van bovengenoemde afwijkingen, hoogstens 32 kilometers kan bedragen; hare dichtheid zou bij 0° Celsius en bij de gewone drukking $\frac{23}{10000}$ moeten zijn van de dichtheid van den damp-

kring der aarde bij 0° aan de oppervlakte der zee.

Het gewicht van eenen zoodanigen dampkring zoude op iedere vierkante engelsche mijl (ruim $2\frac{1}{2}$ millioen vierkante meters) 400 millioen kilogrammen bedragen. De geheele dampkring zoude ten opzichte van het gewicht der maan acht maal minder wegen dan de dampkring der aarde ten opzichte van het gewicht der aarde.

De dichtheid der lucht op eene planeet hangt van de aantrekking der planeet af. Ieder gewicht op aarde zou verdubbeld worden, indien de aantrekking op aarde verdubbeld werd; dit geldt evenzeer voor de lucht als voor iedere andere stof. Als de aantrekkingskracht op aarde even gering werd als op de maan, zoude de drukking en de dichtheid der lucht zes maal kleiner worden dan zij nu is; een bepaald gewicht aan lucht zou eene grootere ruimte innemen, en de geheele dampkring zou zes maal hooger zijn. Als dus op de maan een dampkring bestond met den onzen overeenkomende, zou deze zes maal hooger zijn dan op aarde; de drukking zou op de gemiddelde hoogte der maanvlakten zes maal minder bedragen dan bij ons aan de oppervlakte der zee. Gesteld dus, dat de maanbewoners op iederen vierkanten meter evenveel lucht hadden als wij, dan nog zoude die lucht voor de ademhaling van aardse wezens ongeschikt zijn.

Onderstellen wij daarentegen, dat de samenstelling der lucht op de maan van die op aarde verschilt, en dat zij uit eene zes maal dichtere stof bestaat dan bij ons, dan zou zij door de geringere aantrekkingskracht op de maan toch slechts dezelfde dichtheid hebben, als die welke wij inademen, en even hoog zijn als de dampkring der aarde.

Men heeft wel eens verschijnselen van schemering meenen op te merken bij de uitgestrekte oostelijke vlakte van de helderheidszee,

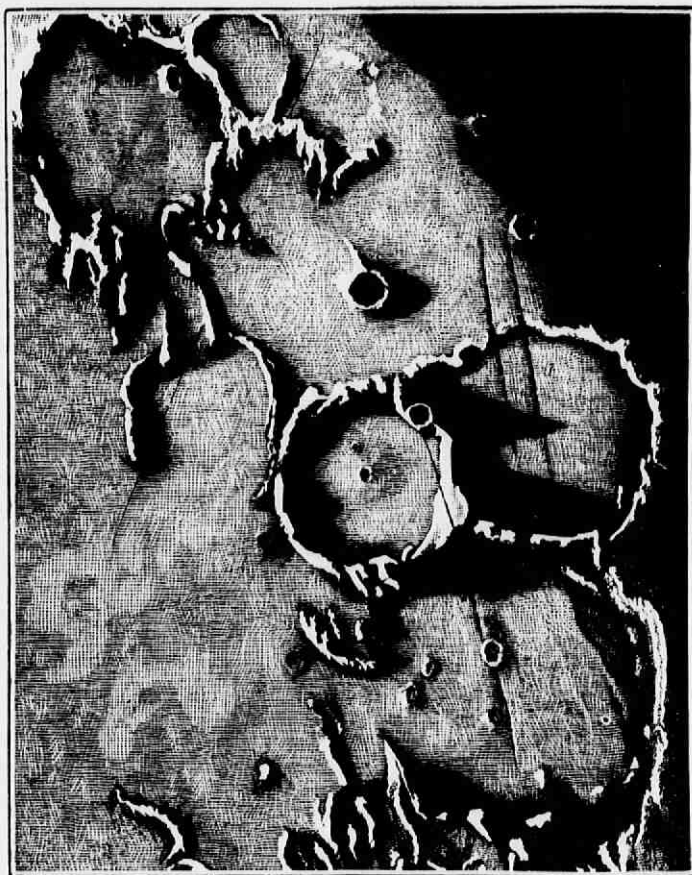


Fig. 70. — Schuin verlichte walvlakten op de maan bij zonsopgang.

den zesden dag na nieuwe maan. De verlichte rand der vlakte eindigt niet plotseling in eene duidelijke afscheiding van licht en schaduw, maar smelt langzaam weg in eene halve schaduw, die veel grooter is dan die, welke de zon zou teweegbrengen, en die 16 kilometers zoude bedragen. Bovenstaande teekening geeft van die langzame vermindering eene duidelijke voorstelling. (fig. 70).

Het is dus niet onwaarschijnlijk, dat op de maan een dampkring

bestaat van geringe dichtheid, en van eene andere samenstelling dan de onze. Misschien komen er ook enkele vloeistoffen zooals water op voor, maar dan toch in geringe hoeveelheid. Als er in het geheel geen lucht was, dan zou er ook geen enkele druppel water kunnen zijn, daar het water alleen onder den invloed van de drukking der lucht vloeibaar blijft en in het luchtledige dadelijk zoude verdampen. Het is mogelijk, dat het maanhalfmond, dat wij nooit zien, meer vloeistof bevat. In ieder geval gaat het niet aan, om met absolute zekerheid te verkondigen, dat de maan noch dampkring, noch vloeistoffen op hare oppervlakte heeft.

Hoe dicht de maan ook bij de aarde staat, zoo zijn toch de voorwaarden harer bewoonbaarheid geheel anders dan bij ons. Wij zagen reeds, dat de lichamen op hare oppervlakte bijna geen gewicht hebben, en dat alles daar gemakkelijk bewogen kan worden. Daar de dampkring op de maan zeker zeer ijl is, is er geen hemelgewelf, zooals bij ons en zijn er ook geene wolken; maar men heeft er eenen onpeilbaren, vormlozen, zwarten achtergrond, waarin een oneindig aantal sterren des daags evenzeer flikkeren als des nachts. Het licht en de warmte, van de zon afkomstig, hebben daar dezelfde kracht als hier, daar de maan en de aarde op gelijken afstand van de zon verwijderd zijn. (Wat toch beteekenen 384 000 op de 148 000 000 kilometers?); de uitwerking is echter eene geheel andere, omdat de dampkring het licht niet tempert. In de volle zon is het licht schel en vermoeiend, in de schaduw heeft men geen ander licht, dan hetgeen door de verlichte rotsen wordt teruggekaatst. Verstrooid licht kent men daar niet. In de volle zon is de warmte ondragelijk, in de schaduw heeft men ijzige koude. Op aarde werkt de dampkring als een reservoir, dat de warmte vasthoudt, die wij over dag ontvangen, terwijl de wind de uitersten in temperatuur nivelleert; op de maan daarentegen straalt al de warmte, des daags opgenomen, weder uit, zoodra de zon is ondergegaan, en heerscht er in den nacht eene ondragelijke koude. De wezens op de maan kunnen dus alleen blijven bestaan, als hunne organen ingericht zijn op het verdragen van die verbazende verschillen, waaraan ons lichaam geen weerstand zou kunnen bieden. Een lichaam, op de maan aan de zonnewarmte blootgesteld, zou op de maan eene temperatuur verkrijgen, gelijk aan die van kokend water, terwijl het des nachts eene temperatuur zou hebben van vijftig graden onder nul, waarbij kwik beviest. Waarschijnlijk zijn de verschillen nog veel grooter. De dagen en nachten zijn er toch bijna

dertig maal langer dan bij ons. Daar de maan in 29 dagen 12 uren 44 minuten om hare as wentelt, zoo is het etmaal daar 709 uren lang. De dagen en de nachten duren daar ieder gemiddeld 354 uren. Geen enkele wolk matigt daar den gloed van de brandende zon! In het geheele heelal kennen wij nergens zulke lange dagen en nachten.

De ijtheid van den dampkring is oorzaak, dat daar zoowel des daags als des nachts de sterren aan den hemel schitteren. Men ziet ze dus langzaam wentelen om de pool der maan, die in de nabijheid van onze pool der ecliptica gelegen is, in het sterrebeeld *de Draak*. De sterredag duurt ook daar korter dan de zonnedag, en wel 27 dagen, 7 uren, 43 minuten. Bij ons is het verschil tusschen sterredag en zonnedag 4 minuten, daar is het 53 uren.

Het jaar op de maan is korter dan dat op de aarde, het bevat 346 aarddagen of 11,74 maandagen.

Iemand, op de maan zich voortbewegend, zou zich bijzonder licht gevoelen, hij zou met groote snelheid de steilste bergen kunnen bestijgen, afgronden kunnen overspringen, en steenen verbazend ver kunnen werpen. Terwijl op de oppervlakte der zon ons krachtigst geschut eenen kogel nauwelijks eenige meters ver zou kunnen werpen, omdat hij dadelijk met kracht naar den grond togetrokken zou worden, zou een flinke straatjongen op de maan eenen steen over de hoogste bergen kunnen werpen.

Indien wij den tegenstand der lucht buiten rekening laten, zou een kogel, horizontaal geschoten uit een kanon, dat op den top van den hoogsten berg op aarde geplaatst was, nooit meer neerkomen, als hij eene snelheid had van 8000 meters in de secunde. Dan zou de middelpuntvliedende kracht juist evenwicht maken met de zwaartekracht en zou de aarde in den kogel eenen nieuwen wachter rijk geworden zijn (1).

Zoude men eenen kogel met zulk eene snelheid *vertikaal* kunnen

(1) Op de zon zoude die snelheid 430 000 kilometers in de secunde moeten zijn. Is die snelheid geringer, dan komt het lichaam op de zon neder. Was die snelheid 1,414 maal grooter en dus 608 000 kilometers, dan zou het lichaam niet meer aan de aantrekkingskracht der zon gehoorzamen, voor eeuwig aan de heerschappij der zon ontrukkt zijn, en zich vrij in de wereld voortbewegen. Indien dus de zon bij hare ontzaglijke uitbarstingen stoffen uitwierp met eene snelheid van 608 000 meters, dan zouden deze tot voorbij de loopbanen van alle planeten kunnen vliegen. Hadden zij eene snelheid van 578 000 meters, dan zouden zij op de aarde kunnen neerkomen met eene snelheid van 2980 meters in de secunde.

De snelheid der aarde om de zon bedraagt 29 450 meters in de secunde. Werd deze door de eene of andere oorzaak, bijvoorbeeld de aantrekking van een ander lichaam, 1,414 ($\sqrt{2}$) maal grooter, dan zouden wij ons voor altijd van de zon verwijderen, en zoude de aarde den eeuwigten nacht en den doodslaap ingetreden zijn, vóórdat de astronomen de berekeningen van de oorzaak van hun verderf voltooid hadden.

opschieten, dat zij nooit meer op aarde zou terugkeeren? De aantrekkingskracht der aarde vermindert, naarmate een lichaam zich verder van haar verwijderd, maar zij wordt nooit nul, tenzij het lichaam binnen de aantrekkende sfeer van een ander hemellichaam komt. Doch een lichaam, dat in *horizontale* richting eene beginsnelheid van 11 300 meters heeft, zal nooit meer op aarde terugkeeren, en zal evenmin om haar heenwentelen, maar voor goed uit haar gebied verdwijnen.

Keeren wij thans tot de maan terug. Terwijl een kogel op de zon eene horizontale snelheid van 430 000 meters en op de aarde eene snelheid van 8000 meters moet hebben, om niet meer op hare oppervlakte neer te vallen, maar om haar heen te blijven wentelen, behoeft die snelheid op de maan slechts 3200 meters te zijn. Indien men dus op den top van den berg Leibnitz eenen kogel met die snelheid horizontaal wegschoot, zoude die kogel als wachter om onzen wachter blijven wentelen. Was die snelheid weder 1,414 ($\sqrt{2}$) maal grooter, dan zou de kogel aan de aantrekkende werking der maan onttrokken worden. Was het geschut naar de aarde gericht, dan zou de kogel onze planeet bereiken. Zelfs zou dan die snelheid niet eens noodig zijn. Met eene snelheid van 2500 meters in de secunde zou de kogel reeds de aarde kunnen bereiken, omdat hij zich dan zoover van de maan zou verwijderen, dat de aantrekkende werking der aarde die der maan overtrof. Eene zoodanige snelheid kan men op aarde wel aan de lichamen mededeelen.

In het begin dezer eeuw beweerden reeds Olbers, Laplace en anderen, dat de aërolieten of meteorsteenen wel afkomstig konden zijn van de vulkanen der maan.

Opdat een kogel, op aarde vertikaal opgeschoten, de maan zou kunnen bereiken, zoude men dezen eene snelheid moeten geven van 10 900 meters. (Wij herhalen nog eens, dat deze redeneeringen berusten op de onderstelling, dat de geworpen lichamen geen tegenstand in de lucht ondervinden).

Indien over eenige duizenden jaren de staten van Europa, Azië, Afrika en Amerika tot ééne groote republiek vereenigd, en de laatste veldslag op aarde zal geleverd zijn, zullen de overwinnaars hunne krachten nog op de maan kunnen beproeven; indien men hunne eerezucht weet te prikkelen, zullen zij zeker de maan wel den oorlog verklaren. Maar wee dan de aardbewoners! Terwijl alle bommen, uit de maan geschoten, de aarde zullen bereiken, zal het grootste gedeelte van onze projectielen weer op onze hoofden neerkomen!

ZESDE HOOFDSTUK.

Is de maan bewoond?

Reeds van de vroegste tijden af heeft men zich met de bewoners der maan beziggehouden. Twee duizend jaren geleden schreef Plutarchus zijn werk: »*De facie in orbe lunae*» en Lucianus van Samosata zijne denkbeeldige reisbeschrijving naar de maan. Hun voorbeeld vond vooral navolging in den eersten tijd na de uitvinding der kijkers, zoodat er meer dan honderd reisbeschrijvingen bestaan, die echter niet alle getuigen van de wetenschappelijke kennis der schrijvers. Nog in de eerste helft onzer eeuw, in 1835, werd door geheel Europa eene brochure verspreid, die (natuurlijk ten onrechte) toegeschreven werd aan Sir John Herschel, waarin de maanbewoners voorgesteld werden, met vleermuisvleugels over de maanmeren vliegende. Edgar Poe laat eenen eerzamen Rotterdammer per ballon eene reis naar de maan doen, en tevens eenen maanbewoner Rotterdam bezoeken, om over die reis eenige wetenswaardigheden mede te deelen. Ook Jules Verne's fantasie heeft zich aan dat onderwerp gewaagd. De vele lezers van Verne's werken zullen zich echter herinneren, dat de reizigers de maanbewoners niet te zien gekregen hebben.

De meeningen over de maan hebben elkander ten allen tijde afgewisseld. Nu eens werd zij voorgesteld als een aardsch of zelfs hemelsch paradijs, bewoond door de edelste schepselen en met eenen heerlijken plantengroei bedeeld, dan weder als eene doodsche graf-tombe, ontdaan van elken zegen. Vóór de uitvinding der kijkers was men meestal geneigd, daarin een lichaam te zien, dat groote overeenkomst had met de aarde. Toen Galileï later zijnen kijker op onzen wachter gericht had en daarop bergen en dalen had leeren kennen, overeenkomende met die op aarde, en groote grijze vlekken, die men gemakkelijk voor zeeën kon houden, scheen de overeenkomst tusschen de aarde en de maan zoo treffend, dat men haar met menschen en dieren bevolkte. Men teekende de eerste kaarten, en noemde de groote vlekken *zeeën*, welken naam zij nog steeds behouden hebben.

Ten tijde van Huygens, Hevelius en Cassini maakte men kijkers van meer dan honderd voet lengte, en toch waren die kijkers, waarin de kleurschifting niet was opgeheven, lang niet zoo goed als de tegenwoordige van vijf meters.

Men meende toen, dat men de telescopen slechts grooter behoefde te maken, om meer vorderingen te maken in de kennis der maan.

Men stelde zelfs ten tijde van Lodewijk XIV voor, eenen kijker van 10 000 voet te vervaardigen, waarmede men zeker wel levende wezens op de maan zou kunnen onderscheiden.

Naarmate de kijkers verbeterd werden, bleek het duidelijker, dat de overeenkomst tusschen de maan en de aarde slechts schijnbaar was. Toen men voor het eerst duidelijk de oppervlakte der zeeën kon onderscheiden, zag men dat de oppervlakte niet vloeibaar of effen was, maar ruw en oneffen, met duizenden heuvels, valleien, walvlakten en ringgebergten. Met de beste toestellen kon men op de maan geene werkelijke zee of geen meer herkennen en vond men geen enkel bewijs voor de aanwezigheid van water, ook in den vorm van wolken, sneeuw of ijs. Eene aandachtige waarneming der sterren en planeten op het oogenblik harer bedekking door de maan, bewees, dat die sterren geene straalbreking ondervinden, als zij den rand der maanschiif aanraken, en dat de maan dus geenen merk-baren dampkring kon bezitten.

Zoo verdween de overeenkomst tusschen de aarde en de maan, en ging het leven op de maan weder in rook op; van toen af aan schreef men dan ook in alle handboeken der sterrenkunde: *»Er is geen leven mogelijk op de maan. Zij is dood.»*

Doch ook deze gevolgtrekking was voorbarig. Al beweren ook enkele natuurkundigen, dat, als op de maan kudden waren, overeenkomende met de buffelkudden van Amerika, of soldaten, die in slagorde optrokken, of rivieren, kanalen, spoorwegen of groote gebouwen, men ze met den grooten teleskoop van Lord Rosse moest kunnen onderscheiden, zoo is deze bewering toch ongegrond. Die teleskoop, welks spiegel eene middellijn heeft van 1,83 meters en die 16 meters lang is, moet 6000 maal vergrooten (fig. 71). Waar nu een verwijderd voorwerp vergrooten of dichterbijhalen hetzelfde is, zoo zou men de maan tot op 64 kilometers (iets meer dan de afstand van Arnhem tot Utrecht) kunnen bijhalen. Men vergeet echter, dat de teleskoop van Lord Rosse niet volmaakt is, en dat, zoo men de lichamen, scherp wil zien, de vergrooing 2000 maal niet kan overtreffen.

Hetzelfde geldt voor den spiegelteleskoop van Lassell, 11 meters lang, met eenen spiegel van 1,22 meters middellijn. De beste kijkers zijn het aequatoriaal te Washington, waarmede de manen van Mars ontdekt zijn, die van Mount Hamilton, die te Nizza, en de kijker van Yerkes-Observatory bij Chicago. De eerste is 10 meters lang en heeft een voorwerpglas, welks middellijn 60 centimeters bedraagt. Onder de gunstigste omstandigheden kan men daarmede geene sterkere vergrooting verkrijgen dan van 2000 malen. De tweede heeft een objectief van 97 centimeters en is 15 Meters lang; de derde heeft een objectief van 76 centimeters en is 18 Meters lang; de laatste heeft

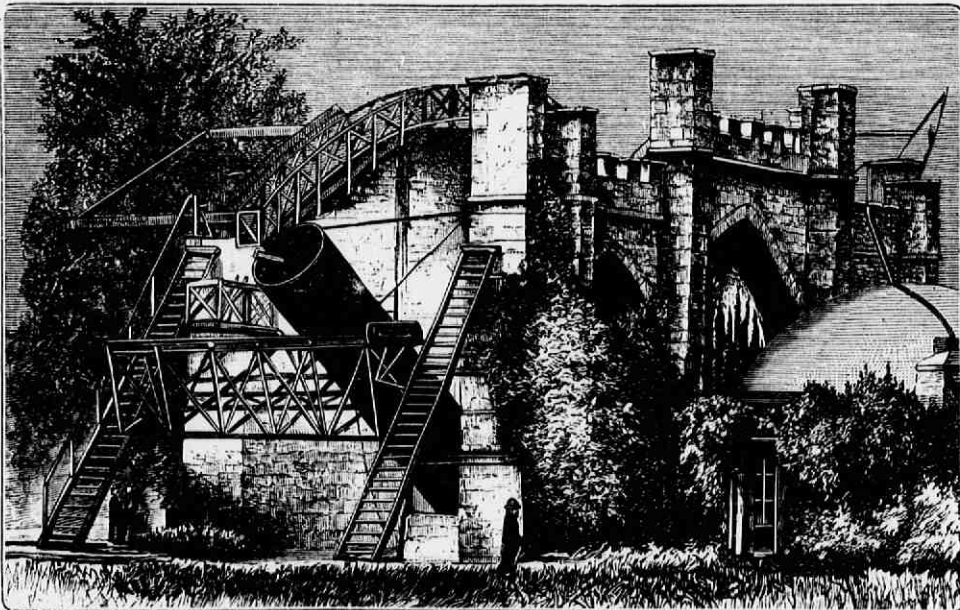


Fig. 71. — Groote spiegelteleskoop van Lord Rosse.

een objectief van 102 centimeters en is 21 meters lang. Wat beteekent eene sterkere vergrooting, als het beeld ophoudt zuiver te zijn? Onder de gunstigste omstandigheden kan men de maan niet meer dan 100 kilometers bijhalen. En wat kan men op eenen zoodanigen afstand onderscheiden? Het afbreken der pyramiden van Egypte zou op dien afstand onopgemerkt voorbijgaan. »Men ziet geene beweging op de maan» zegt men dikwijls. Geen wonder. Er moest al eene heftige aardbeving (of liever maanbeving) op de maan plaats hebben, als een astronoom op aarde, begunstigd door eenen helderen hemel en voorzien van eenen uitstekenden kijker, daar iets van zoude bemerken!

Indien men dus zegt, dat de maan onbewoond is, omdat men er

geen beweging ziet, dan maakt men zich eene verkeerde voorstelling van het vermogen der telescopen. Op eenige kilometers hoogte kan men in eenen ballon bij helder weder met het bloote oog steden, bosschen, weiden, rivieren of wegen herkennen; maar beweging ziet men niet, en men krijgt den indruk van stilte, eenzaamheid en dood. Levende wezens zijn niet meer te herkennen, en als wij niet wisten, dat er landbouwers op de akkers, kudden in de weiden, vogels in de bosschen, of visschen in het water waren, zouden wij dit zeker niet vermoeden uit hetgeen wij zien. Als dus de aarde reeds op eenige kilometers afstand levenloos schijnt, hoe kan men dan zeggen, dat de maan dood is, als wij haar op eenen afstand van meer dan honderd kilometers moeten waarnemen? Op dien afstand verdwijnen bosschen, weiden en steden voor ons.

Het eenige middel, om ons een nauwkeurig denkbeeld te vormen van de maan, is, dat wij met de meeste nauwkeurigheid bepaalde gedeelten waarnemen en teekenen, en dat wij van jaar tot jaar die teekeningen met de werkelijkheid vergelijken, terwijl wij rekening houden met het verschil in de gebruikte instrumenten. Men moet zelfs zijne aandacht vestigen op het onderscheid in gezicht van verschillende waarnemers en op de meerdere of mindere doorschijnendheid der lucht. Men mag niet uit het oog verliezen, dat eene andere verlichting een geheel ander beeld geeft, en dat, naarmate de zonnestralen schuiner op de maan vallen, de oneffenheden in het terrein beter te voorschijn treden. Om van dat verschil een denkbeeld te geven, wijzen wij op de hier bijgevoegde twee teekeningen van Piazzi Smith, directeur der sterrenwacht te Edinburgh; beide stellen *de buienzee* (Mare crisium) voor. (Zie pl. IV en V). Doch in het eerste geval wordt zij loodrecht verlicht, in het tweede geval valt het licht er schuin op.

Nu men in de laatste jaren deze methode toepast, wordt de onderstelling, als zoude de maan dood zijn, niet bevestigd. Veeleer zou men geneigd zijn, te besluiten, dat op de oppervlakte van onzen wachter nog steeds geologische en meteorologische veranderingen plaats grijpen. Het zou trouwens zeer te verwonderen zijn, indien de oppervlakte der maan niet evenzeer veranderde als die der aarde. Wel hebben wij op onze planeet nog altijd hevige vulkanische uitbarstingen en vreeselijke aardbevingen; wel knagen de golven der zee nog gedurig aan onze kusten en veranderen zij steeds de omtrekken van het vaste land; wel hebben wij de zon, de vorst, den wind, den regen, de rivieren, de planten, de dieren en de menschen, die

onophoudelijk de oppervlakte der aarde wijzigen. Maar op de maan zijn de warmte en de koude alleen reeds oorzaak van veel grootere en snellere wijzigingen. In den loop van iedere maand ondervindt onze wachter temperatuursverschillen zóó groot, dat op den duur de hoogste bergen daaronder moeten ineensorten. Gedurende den langen nacht moeten al de stoffen, waaruit de oppervlakte bestaat, onder den invloed der ijzige koude meer of minder samentrekken. Daarop volgt eene hitte, grooter dan die van kokend water, waarbij alle stoffen, die vijftien dagen te voren inkrompen, zich nu weder uitzetten. Wij behoeven slechts te letten op den invloed van de zomers en winters op de aarde, om ons een denkbeeld te vormen van de honderden malen sterkere uitwerking van uitzettingen en inkrimpingen op de maan, waar de stof veel minder samenhangend is dan op aarde. En als wij daar dan nog bijvoegen, dat die uitersten niet ieder jaar, maar iedere maand terugkeeren, dan is het te verwachten, dat nog altijd veranderingen plaats vinden op de oppervlakte der maan, en dat wij er volstrekt niet aan behoeven te wanhopen, om die wijzigingen waar te nemen.

Werkelijk schijnen dan ook op de maan nog steeds vulkanische werkingen plaats te vinden. In den loop van het jaar 1875 moet zich een vulkaan gevormd hebben, grooter dan de Vesuvius, of ten minste moet deze zoo zijn toegenomen, dat hij eerst toen zichtbaar is geworden in eene streek, bij de maanbeschrijvers anders genoeg bekend. Als de maan in haar eerste kwartier gekomen is, begint de zon de oppervlakte der *dampenzee* (Mare vaporum) te verlichten, die op het midden der maanschijf gelegen is. Men vindt daar den berg Hyginus (fig. 72) met zijne bekende rille. Ten noordwesten van Hyginus ziet men tegenwoordig eene walvlakte van 4500 meters middellijn, die nooit te voren was waargenomen. Een der astronomen, die de maan het ijverigst heeft bestudeerd, Klein uit Keulen, heeft haar den 19^{den} Mei 1876 voor het eerst opgemerkt. Al heeft men iets te voren nooit gezien, dan bewijst dit op zichzelf nog niet, dat het niet bestaan heeft. Doch indien een groot aantal astronomen met ernst en nauwgezetheid de maan hebben waargenomen en nooit die walvlakte opgemerkt hebben, die thans zoo bijzonder duidelijk is, dan is, gelooven wij, geen twijfel meer mogelijk.

In Engeland bestaat een genootschap, dat »trouw aan de maan» in hare banier geschreven heeft en haar geene enkele maand vergeet: het is *the Selenographical society*; dit genootschap heeft in

zijn tijdschrift de waarnemingen van Klein gepubliceerd, en sedert dien tijd wordt de nieuwe krater ieder oogenblik waargenomen op de plaats, door de letter β op onze kaart aangewezen, terwijl zij op geene enkele der oudere teekeningen voorkomt.

In de *Nectarzee* (Mare nectaris) is een kleine krater met eene middellijn van omstreeks 6000 meters, die nu eens zichtbaar, dan weder onzichtbaar is. Van 1830 tot 1837 was hij bepaald onzicht-

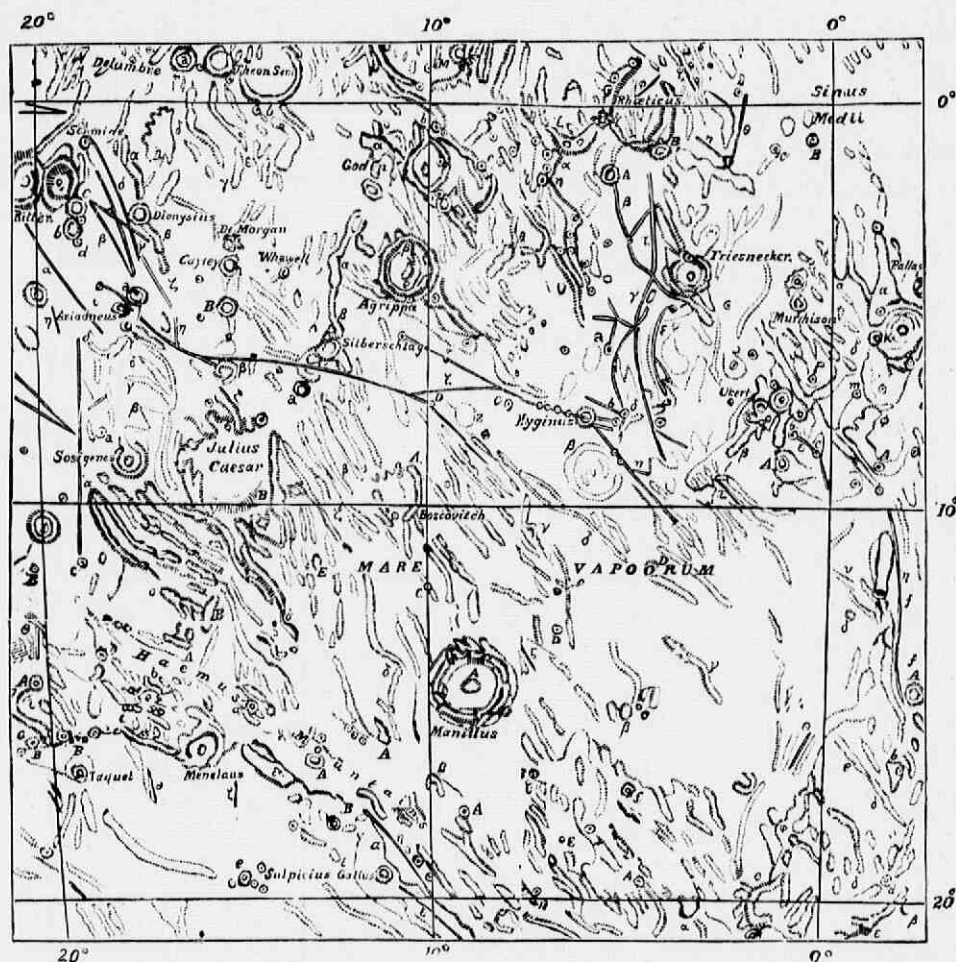


Fig. 72. — De omstreken van Hyginus en zijne rille.

baar, want noch Mädler, noch Lohrmann, die dat gedeelte der maan met de meeste zorg bestudeerd en in kaart gebracht hebben, en in de nabijheid van dien krater veel minder belangrijke bijzonderheden hebben opgemerkt, geven dien berg op hunne kaarten aan. Ook Schmidt heeft in 1842 en 1843 diezelfde streek onderzocht zonder

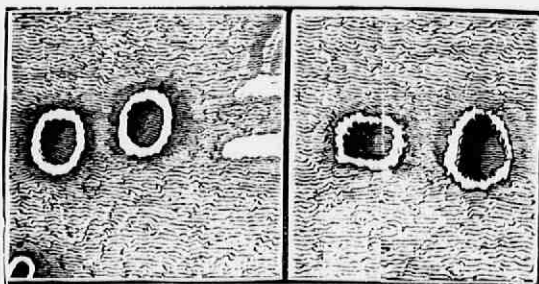
hem te zien. In 1851 zag hij hem voor het eerst. Op eene photographie van Rutherford, in 1865 genomen, komt hij daarentegen wel voor. Neison, die in 1875 die streek met de meeste nauwkeurigheid beschreef, uitmat en teekende, zag er geen spoor van. In 1879 was hij daarentegen weer goed zichtbaar. Het is mogelijk, dat die vulkaan van tijd tot tijd rook of dampen uitwerpt, die eenigen tijd daarboven blijven zweven en hem voor ons verbergen op dezelfde wijze als de Vesuvius voor den daarboven zwevenden luchtreiziger bedekt zou zijn, zoo dikwijls als hij werkt.

Wil men bovenstaande gevolgtrekkingen niet aannemen, dan zou men moeten besluiten, dat astronomen, bekend wegens de nauwkeurigheid hunner waarnemingen, ieder oogenblik verkeerd gezien hebben. Eene zoodanige conclusie is te ongerijmd, om aan te nemen. (1)

(1) In de vruchtbaarheidszee (Mare foecunditatis), eene vlakke, waaruit het water zich reeds sedert lang heeft teruggetrokken, ziet men eenen dubbelen krater, door Beer en Mädler van 1829 tot 1837 meer dan 300 malen waargenomen. Die dubbele krater draagt den naam van Messier naar den bekenden franschen kometenzoeker, omdat hij eene lichte streep achter zich heeft, die op den staart eener komeet gelijk. Zij hebben die kraters met de meeste nauwgezetheid bestudeerd en geteekend en daaromtrent het volgende medegedeeld: „De twee wallen zijn volmaakt aan elkander gelijk. Middellijn, gedaante, hoogte, kleur van binnen en aan den rand, alles is zoo volmaakt aan elkander gelijk, dat men dit alleen zou kunnen verklaren als het gevolg eener zonderlinge speling of van eene nog onbekende natuurwet. Die dubbele formatie is nog opmerkelijker door twee even groote, rechtlijnige naar het oosten loopende lichtstrepes.”

Van die nauwkeurige beschrijving kan men uitgaan, om vergelijkingen te maken. Maar nu is niets meer opmerkelijk en meer onverklaarbaar dan het resultaat dier vergelijkingen. Gruythuisen, een zeer bekwaam en nauwkeurig waarnemer, heeft in 1825 opgemerkt, dat de oostelijke krater tweemaal grooter was dan de westelijke, en van het westen naar het oosten uitgerekte. Den 13^{den} Februari 1826 zag hij in de lichte streep eene donkere strook, waarover lichtende punten verspreid waren, die telkens van plaats veranderden.

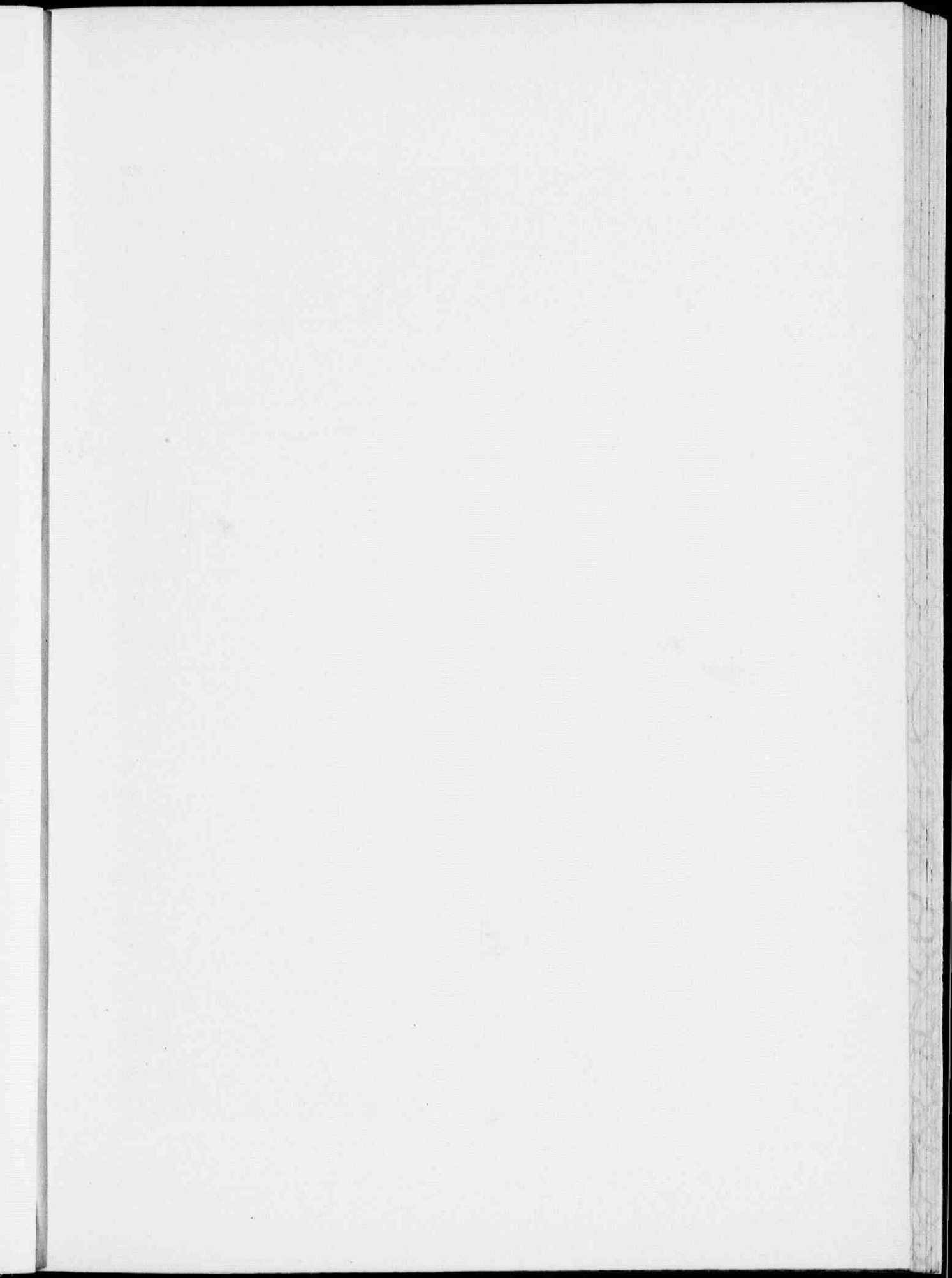
In 1855 zag Webb weer, dat de oostelijke krater de grootste was en dat de westelijke van het westen naar het oosten was uitgerekte. Latere waarnemingen (1857) toonden aan, dat de oostelijke krater onveranderd was gebleven, maar dat de westelijke krater eenigszins van vorm veranderd was en de gedaante van eene ellips gekregen had, wier groote as 18, en wier korte as 12 kilometers lang was. Van 1870 tot 1875 was de groote as 20, de korte as 15 kilometers. Neison zegt in 1876, dat het verschil in vorm en grootte tusschen beide kraters met de minst vergrootende kijkers merkbaar is. Klein daarentegen constateert in 1877 en 1878, dat dit toen niet het geval was. Het blijkt dus duidelijk, dat de eene krater telkens veranderd is. Wat kan daarvan de reden zijn? De teekening (fig 73.) doet ons zien, dat de groote as van den westelijken krater gedraaid is. Dat de wal, die den krater omgeeft, aan de noord- en zuidzijde naar binnen omgestort zoude zijn, aan de oost- en westzijde naar buiten, is niet aan te nemen, waar de beide kraters dan weer aan elkander gelijk zijn, dan weer verschillen. In ieder geval bewijzen deze feiten en nog eene reeks andere van denzelfden aard, dat de maan nog niet dood is.



In 1835. In 1875.
Fig. 73. — De twee kraters Messier.

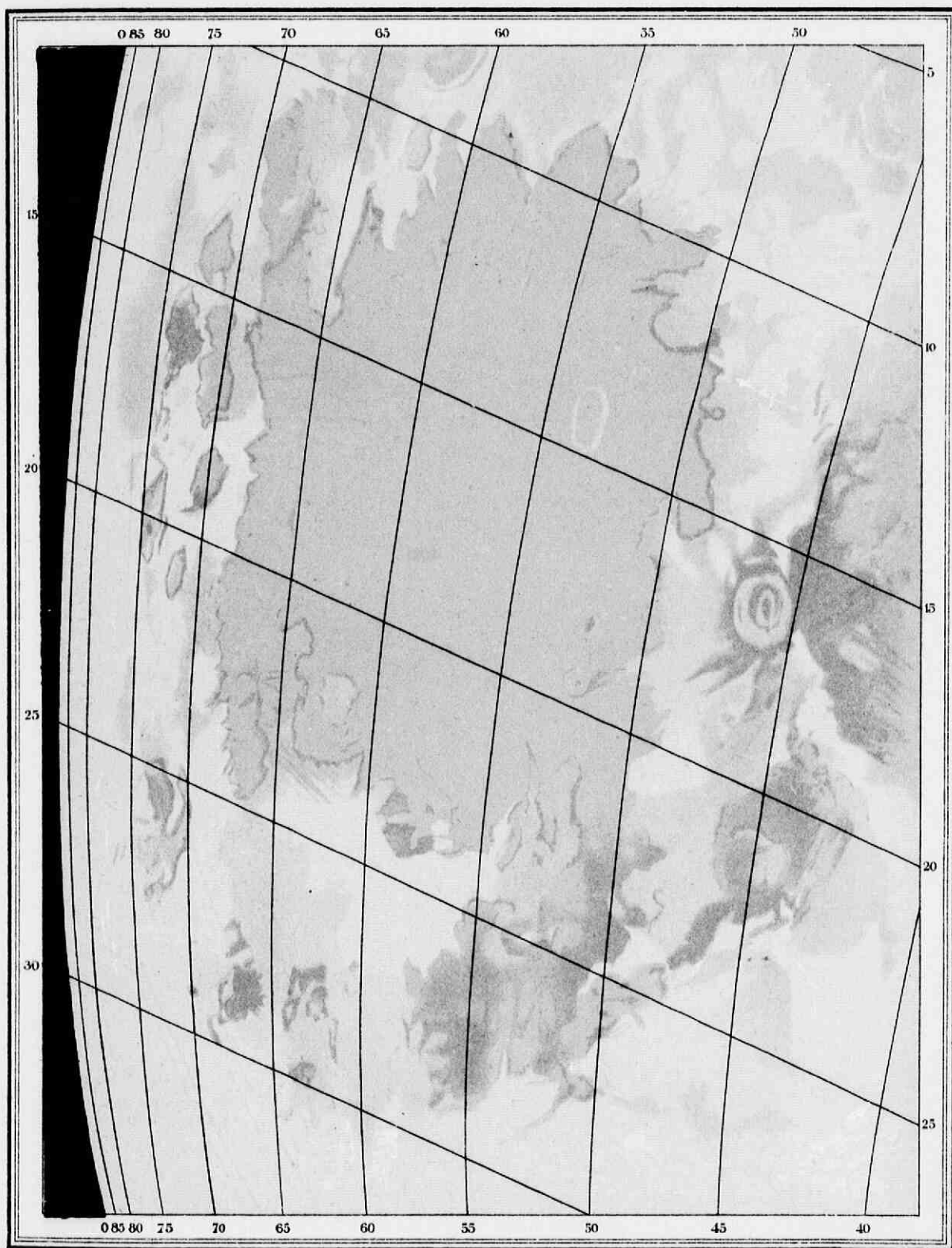
Bovenstaande feiten bewijzen, dat een nauwkeurig onderzoek naar de gesteldheid der maan lang niet van belang ontbloot is. Hoe dicht de maan ook bij ons is, zij verschilt veel meer van de aarde dan Mars, wier overeenkomst met onze planeet dan ook in het oog vallend is. Toch is het niet onmogelijk, dat ook op de maan een plantengroei bestaat, die met de flora der aarde vergeleken kan worden. Het zou mogelijk kunnen zijn, dat ook daar dichte wouden zich uitstrekken over uitgebreide streken, zooals dit bij ons in Centraal-Afrika en Zuid-Amerika het geval is. Op de maan is geen lente en herfst; wij behoeven ons dus niet voor te stellen, dat op de maan dezelfde veranderingen in de tinten der bladeren plaats vinden als bij ons, waar het prachtige voorjaarsgroen en de afvallende gele herfstbladeren elkander afwisselen. Daar volgt steeds na vijftien dagen de zomer op den winter; daar is de nacht de winter, de dag de zomer. De zon blijft daar vijftien maal vier en twintig uren onder den horizon; zoo lang duurt dus de nacht en de winter. Men begrijpt dus, dat daar geheel bijzondere omstandigheden den plantengroei beheerschen. In de tropen op aarde veranderen de bladeren niet van kleur. Ook in onze luchtstreek vinden wij planten en heesters, die met de seizoenen niet veranderen, en het gras der weiden blijft in den winter even groen als in den zomer. Het is dus moeilijk, een antwoord te geven op de vraag, of er op de maan georganiseerde stof bestaat, overeenkomende met onze planten, en als er planten bestaan, of die groen zijn; indien zij groen zijn, veranderen zij dan met de temperatuur van kleur, en als zij van kleur veranderen, kunnen wij dat dan van uit de aarde zien?

Heeft nu de waarneming met de kijkers van den tegenwoordigen tijd een antwoord op deze moeilijke vragen gegeven? Gedeeltelijk wel; er is op de maan geene enkele streek, zoo groen als eene weide of zelfs een bosch op aarde, maar toch zijn er wel verschillende en zelfs veranderende tinten. De helderheidszee heeft eene groene tint met eene onveranderlijke witte strook er in. Klein beweert, dat de groene tint, die van tijd tot tijd lichter wordt, door planten veroorzaakt wordt. Die planten kunnen zoowel mossen en zwammen als eiken en dennen zijn; de witte strook is dan een dorre en onvruchtbare gordel. De sterrenkundigen, die zich veel hebben beziggehouden met het fotografheeren der maan, zijn van meening, dat de donkere kleur der zeeën (zoo donker, dat zij nauwelijks de gevoelige plaat van den toestel aandoet, zoodat de donkere deelen





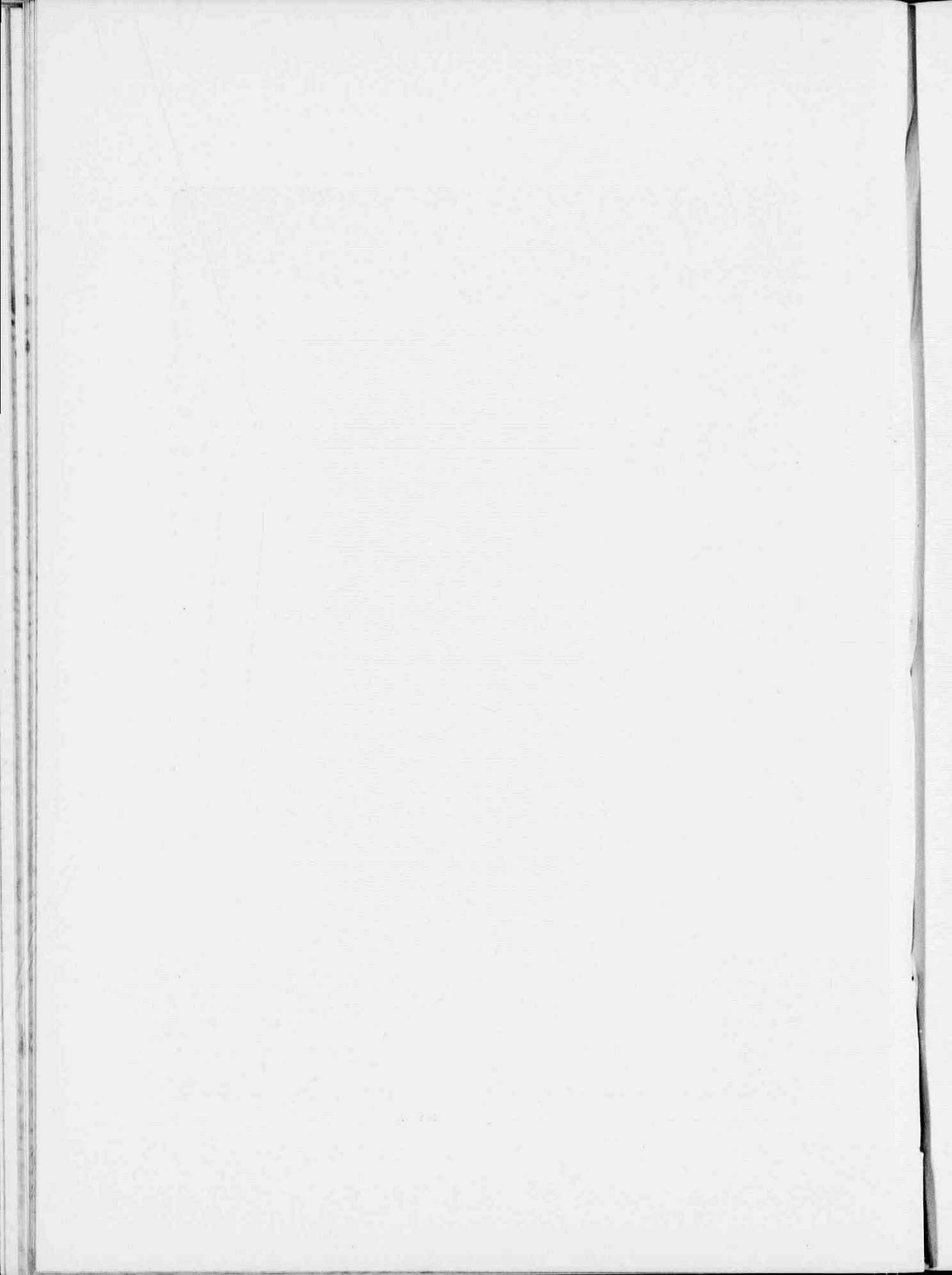
DE BUIENZEE, SCHUIN VERLICHT, NA NIEUWE MAAN.



DE BUIENZEE. LOODRECHT VERLICHT. BIJ VOLLE MAAN.



Berglandschap op de maan.



der maan eenen veel langeren tijd behoeven, om een beeld te vormen, dan het lichte gedeelte) het gevolg is van plantengroei. Die groene kleur der helderheidszee verandert wel eens min of meer. Andere zeeën zijn ongekleurd, met geelachtige stippen. Is dit nu de kleur van het terrein zelf, of wordt dit door planten veroorzaakt?

Er zijn vlakten, die van tint veranderen naarmate de zon ze anders verlicht, en wat het vreemdst is, de groote walvlakte *Plato* (fig. 75)



Fig. 75. — De walvlakte Plato.

wordt donkerder naarmate zij meer door de zon verlicht wordt, hetgeen in strijd schijnt met de leer van het licht. Na volle maan, (wanneer het dus op dat gedeelte der maan zomer is) is de oppervlakte daar veel donkerder dan op eenig ander deel der maan. Is het nu niet hoogstwaarschijnlijk, dat dit niet veroorzaakt wordt door het licht

der zon, maar wel door den invloed der warmte op den planten-groei? Men vindt hiervan nog een aantal andere voorbeelden op verschillende deelen der maan, waar de grond wit is, als de zon voor die plaatsen opkomt en al donkerder en donkerder wordt, naarmate de zon hooger komt, om weer wit te worden bij het ondergaan der zon.

Bovenstaande waarnemingen, moeilijk, ja zelfs onmogelijk te verklaren, als wij blijven volhouden, dat de oppervlakte der maan van zuiver delfstoffelijken aard is, doch die opgehelderd worden, zoodra wij aannemen, dat een plantenkleed over hare oppervlakte is uitgespreid, zullen onze lezers wel overtuigd hebben, dat het niet aangaat, te zeggen, dat er geen leven op de maan mogelijk is. Wij mogen gerust uit de gegevens afleiden, dat de maan eertijds de zetel van ontzaglijke geologische storingen geweest is, waarvan de sporen op hare oppervlakte nog steeds zichtbaar zijn, en dat die uitbarstingen nog niet geheel hebben opgehouden; dat de zeeën met water bedekt waren, en dat dit water nog niet volkomen verdwenen is; dat hare atmosfeer op het punt is te verdwijnen, maar nog niet geheel verdwenen is, en dat ook het leven nog niet volkomen is uitgebluscht. Voegen wij daarbij het geringe bedrag der zwaartekracht, den langen duur der dagen en der nachten, het verschil in temperatuur van den zomer (den dag) en den winter (den nacht), dan blijkt het, dat het leven op de maan zich in eenen geheel anderen vorm moet openbaren dan op aarde.

Van dat leven op de maan kunnen wij nog niets bespeuren. Onze beste verrekijkers halen de maan niet dicht bij dan tot ruim 100 kilo² meters; op dien afstand blijven niet alleen de maanbewoners zelf onzichtbaar, maar ook hunne wegen, kanalen, steden en gebouwen blijven voor ons verborgen. Wel worden van de maan prachtige photographieën gemaakt, waarop alles, wat op de maanoppervlakte voorkomt, in latenten (verborgen) toestand aanwezig is. Zijn er maanbewoners, dan staan zij op de photographie, met hunne woningen, steden en gewrochten. Wij staan aan den ingang van het beloofde land! Eene voldoende vergrooting dier platen zou ons alles doen zien, evenals men onder den mikroskoop de krioelende menigte van eenen waterdruppel herkent. Doch helaas! hoe prachtig die photographieën ook zijn, zij zijn niet volmaakt, wel kan men ze vijf, ja zelfs tien malen vergrooten, maar men vergroot dan tevens de oneffenheden van het collodium en de fouten van het beeld, zoodat alles veel minder duidelijk en veel onjuister wordt dan het oorspronkelijke beeld.

Vergeeten wij niet, dat al het voorgaande alleen geldt voor die helft der maan, welke naar ons toegekeerd is, en dat wij niets kunnen zeggen omtrent de andere helft. Zooveel is echter zeker, dat het gedeelte van de randen, dat door de libratie van tijd tot tijd zichtbaar wordt, met de ons bekende helft volkomen overeenkomt.

Al is de maan veel kleiner dan de aarde, zoo zullen toch de bewoners der maan, zoo die er zijn, langer zijn dan wij, en zoo zij gebouwen hebben opgericht, zullen ook deze grootere afmetingen bezitten. Wezens van onzen bouw zouden op de maan zes maal minder wegen, maar ook zes maal sterker zijn, en gewichten kunnen optillen, die op aarde 1000 kilogram wegen. Minder tegengehouden door de aantrekkingskracht der maan, dan wij door die der aarde, zullen zij waarschijnlijk forscher, steviger en langer zijn. Niet alleen zullen zij door hunne grootere lichaamskracht en door de geringe intensiteit der zwaartekracht hooge gebouwen kunnen oprichten, maar zij moeten die ook op breedere grondslagen optrekken, om daarvan den duur en de stevigheid te verzekeren.

Geven wij ons thans rekenschap van de wijze, waarop zich de aarde aan de maanbewoners moet voordoen, en van de beweging van den sterrenhemel, van de maan uit gezien.

Onderstellen wij, dat wij op de maan aankomen tegen het aanbreken van den dag. Geen dageraad kondigt aan, dat de zon op het punt is boven den horizon te verrijzen; want daar, waar in het geheel geen of slechts een ijle dampkring is, daar is ook geen schemering; alleen is het zodiakaallicht, dat bij ons zoo zelden voorkomt, daar altijd door zichtbaar en de voorlooper van den dag. Plotseling schiet de zon hare stralen uit den donkeren horizon en worden de toppen der bergen verlicht, terwijl de vlakten en valleien in het duister gehuld blijven. Het licht neemt langzaam toe; terwijl op aarde, op onze breedte, de zon in $2\frac{1}{4}$ minuut boven den horizon komt, verloopt daarmede op de maan ongeveer een geheel uur. Is na een half uur de zonneschijf half boven den horizon, dan is haar licht voor het bloote oog even fel, als wanneer zij geheel boven den horizon is gekomen. Het opgaan der zon is op de maan lang niet zoo indrukwekkend als bij ons. De zachte en liefelijke verlichting van den dampkring, de gouden en purperen kleur der wolken, de dauw op de velden, waarin het morgenrood speelt en de heerlijkste kleurschakeeringen tooverst, dat alles is op de maan onbekend. Daarentegen vertoont de zon zich daar met hare gloeiende atmosfeer en

hare protuberances. Zij rijst statig en langzaam aan den zwarten, vormloozen hemel, terwijl de sterren even helder blijven schitteren als des nachts, omdat geen sluier ze bedekt. Geen zee of meer weerkaatst den hemel in zijn gladden spiegel.

Luchtperspectief bestaat op de maan evenmin. De meest verwijderde voorwerpen zijn even duidelijk zichtbaar als de meest nabijzijnde, en alles schijnt daar in één vlak te liggen. Geene van die verschillende tinten, die op aarde de afstanden vergrooten door hun ineenvloeiend licht, geen blauw azuur, dat al bleeker wordt naarmate het den horizon nadert, en dat eenen doorschijnenden blauwen sluier over de verwijderde bergen uitspreidt, maar een hard, eentonig, schitterend licht valt op rotsen en bergen; geen verstrooid licht: al wat niet aan de zonnestralen zelf is blootgesteld, blijft in duisternis gehuld.

Evenals wij slechts ééne zijde van de maan kunnen zien, zoo worden ook wij alleen gezien door de ééne helft der maan. De maanbewoners, die naar ons toegekeerd zijn, zien aan den hemel een schitterend lichaam, welks middellijn vier maal zoo groot en welks oppervlakte veertien malen grooter is dan die der maan, van de aarde uit gezien. Dat lichaam is de aarde. Zij is bijna onbewegelijk aan den hemel. De bewoners van het midden van het voor ons zichtbare halfmond zien haar altijd in het zenith; hare hoogte neemt af, naarmate men verder van dat midden verwijderd is, terwijl men aan den rand der maan de aarde als het ware als een groote schijf op de bergen ziet liggen. Nog verder af kan men de aarde in het geheel niet zien.

De aarde vertoont aan de maanbewoners dezelfde schijngestalten als de maan ons aanbiedt, maar in omgekeerde volgorde. Bij nieuwe maan verlicht de zon het geheele halfmond der aarde, dat naar de maan is toegekeerd, en heeft men daar dus *volle aarde*; bij volle maan daarentegen is de niet verlichte helft der aarde naar de maan gekeerd en heeft men daar dus *nieuwe aarde*; is de maan in haar eerste kwartier, dan is de aarde in haar laatste kwartier en omgekeerd.

De maanbewoners zien de aarde in vier en twintig uren om eene as wentelen, of juist in 24 uren, 48 minuten, daar de maan eerst in dien tijd iederen meridiaan der aarde gepasseerd is. Die tijd wisselt echter af tusschen 24 uren, 42 minuten en 25 uren 2 minuten. Indien de maanbewoners sterrenkunde gestudeerd hebben, dan zullen zij begrijpen, dat die onregelmatigheid het gevolg is van de onregelmatige beweging der maan om de aarde, en dat de werkelijke omwentelingstijd der aarde om hare as 23 uren, 56 minuten bedraagt.



Volle aarde, van de maan gezien.

Op dat gedeelte der maan, dat naar de aarde is toegekeerd, heeft men somtijds prachtige zonsverduisteringen, waaronder totale verduisteringen, die twee uren kunnen duren. De groote donkere aardschijf, omgeven door eene lichtende stralenkroon, veroorzaakt door de breking van het zonnelicht in onzen dampkring, gaat langs de schitterende zonneshijf heen. Ook ziet men van tijd tot tijd partieele *aardverduisteringen*, dat wil zeggen, het verdwijnen van enkele deelen der door de zon verlichte aarde in den schaduwkegel der maan.

Door vele geleerden wordt aldus geredeneerd: »De maan, misdeeld van vloeistof en dampkring, vertoont geen enkel der meteorologische verschijnselen, die wij op aarde ondervinden: daar is geen regen, geen hagel, geen storm, geen onweer. Zij is eene vaste, dorre, woeste, doodsche massa zonder het minste spoor van plantengroei, waar *onmogelijk eenig dierlijk wezen kan bestaan*. Wil men met alle geweld aannemen, dat de maan bewoond is, dan moet het zijn met wezens zonder gevoel, zonder beweging, voor geene indrukken vatbaar; dan moeten het ruwe massa's zijn, rotsen, steenen, metalen, wat ook, maar in ieder geval levenlooze schepselen.»

Zoo zullen ook de geleerden op de maan op hunne beurt met doctorale deftigheid aldus leeraren: »De aarde bestaat uit zeer heterogene en vreemde elementen. De kern, die zich aan ons vertoont als eene verzameling van onveranderlijke vlekken, schijnt eenige vastheid te bezitten, maar zij is bedekt met eene andere stof, die de vreemdste eigenschappen vertoont; die stof schijnt niet de minste vastheid te hebben; zij heeft kleur noch dichtheid; zij neemt alle mogelijke vormen aan, beweegt zich in alle richtingen, geeft aan alle stooten gehoor, rekt uit, kort in, condenseert, komt te voorschijn en verdwijnt zonder bekende oorzaak. De aarde is de wereld der veranderlijkheid, de planeet der beroeringen; zij schijnt steeds in gisting en in ontbinding. Men ziet er slechts stormen, hoozen, orkanen en cyclonen. Er zijn er, die beweren, dat de aarde bewoond is, maar waar zouden die wezens dan moeten leven? »Op de vaste kern? Zij zouden daar verbrijzeld, vermorseld, verstikt worden door die andere stof, die van alle zijden op hen drukt. Moeten zij dan door de openingen in het beweegbaar gordijn den zuiveren ether des hemels inademen? Zouden zij niet ieder oogenblik van den grond gerukt worden door de hevige omwentelingen op hare oppervlakte? Of wil men soms, dat zij wonen in die bewegelijke en lichte laag, die zoo dikwijls de kern voor ons verbergt?

Hoe zouden zij zich kunnen in evenwicht houden in eene zoo on-samenhangende omgeving. Werkelijk, zoovele redeneeringen zijn niet eens noodig, om *met zekerheid vast te stellen*, dat de aarde wel is waar zeer groot is, maar toch geene plaats heeft voor bezielde wezens. Wil men echter met alle geweld, dat de aarde bewoond is, dan moet het zijn met fantastische wezens, die tot speelbal dienen aan alle krachten, die elkander op die oorlogzuchtige planeet be-strijden. Dit zouden de eenige bewoners der aarde kunnen zijn."

De geleerden op de maan bezitten, zooals men ziet, voortreffelijk de gave, om op onwederlegbare wijze aan hunne leerlingen duidelijk te maken, dat de aarde onbewoonbaar is, en dat *hare eenige be-stemming is, om te dienen als uurwerk voor de maanbewoners en tot verlichting gedurende den langen nacht*.

De maanbewoner ziet de verschillende deelen der aarde zeer ver-schillend verlicht. Aan de beide polen ziet hij twee groote witte vlekken, die periodiek grooter en kleiner worden. Naarmate de eene aangroeit, neemt de andere af; men zou meenen, dat de eene altijd zooveel aanwint als de andere verliest; de vlek aan de zuidpool is steeds veel uitgestrekter dan die aan de noordpool. Men verkondigt op de maan duizenden theorieën over die witte vlekken, maar men vermoedt in de verste verte niet de ware oorzaak.

De aarde is altijd grootendeels door wolken omgeven. Toch kun-nen de maanbewoners door nauwkeurige waarnemingen de beweging der aarde om hare as volgen.

Beschouwen wij de aarde op het oogenblik, waarop Amerika aan den oostelijken rand der aardschijf verdwijnt: men ziet dan van de maan uit op het donkere gedeelte de lange schaduwen van de Cordillera's en enkele lichte punten, verblindend wit. Daarop ontrolt zich gedurende eenige uren aan den tegenovergestelden rand eene groote, donkere vlek, die telkens breeder wordend naar het zuide-lijk deel der schijf afdaalt, totdat zij bijna de geheele schijf inneemt; het is de Groote Oceaan, bezaaid met eene menigte kleine eilanden, die zich als grijze punten in de duistere vlek vertoonen.

Daarop volgen dicht bij het zuidelijke ijs twee grijze vlekken, die voor de maanbewoners zich vertoonen als ééne uitgerekte vlek (de twee eilanden van Nieuw-Zeeland), en dan komt eene groote groene vlek te voorschijn, met alle kleurschakeeringen van den regenboog: het is het vaste land van Australië; aan de noordzijde zien wij de eilanden van den Indischen Archipel.

Maar tevens ziet men in het noorden, op den donkeren achtergrond van den Grooten Oceaan, eene grijze vlek, die in het zuiden spits eindigt (het schiereiland Kamschatka); die grijze vlek breidt zich al verder en verder westwaarts uit, afzakkende naar den aequator; zij heeft zeer onregelmatige omtrekken.

Wij hebben Azië onder ons. Ook daar is de kleur lang niet homogeen: ten noorden hebben wij de Siberische vlek, de sneeuw en het ijs.

Het midden dier vlek wordt ingenomen door eene schitterend witte streep, die aan hare noord- en zuidzijde omlijst schijnt door hooge bergen (het Altaï- en het Himalaya-gebergte). Die gordel begint bij de woestijn van Gobi, en strekt zich door Kaboel en Perzië tot de zandvlakten van Arabië uit. De Libysche woestijn en de Sahara zijn de voortzetting daarvan. Die groote woestenij verdeelt dus de geheele oude wereld in twee bijna gelijke gedeelten en kaatst het zonnelicht naar den hemel terug: het is de melkweg der aarde.

Beneden die zandstreek is een groot gedeelte van het Aziatische vaste land, ingesloten tusschen de bergen en den oceaan, dat een groen licht terugkaatst. Daartoe behoort het ten zuiden van Thibet en Mongolië gelegen China en Indië.

Boven de Sahara ziet men eene in alle richtingen vertakte, donkere vlek, de Middellandsche zee, die de zuidelijke grenslijn vormt van eene streek, wier kleur tusschen groen en grijs afwisselt. Die streek, in eilanden en schiereilanden verdeeld, die den maanbewoners weinig belang inboezemt, is Europa, dat de geheele wereld de wet voorschrijft. Men moet al uitstekende oogen hebben, om Nederland te herkennen. Met sterk vergrootende telescopen zou men Amsterdam kunnen vinden.

Europa is de uiterste westelijke grenslijn van de oude wereld. Nog eenige graden verder, en alle vaste land is verdwenen; de maanbewoners zien niets anders dan eene zwarte vlek, den Atlantischen Oceaan, totdat Amerika, waarmee wij begonnen zijn, voor hen weder te voorschijn treedt.

De maangeleerden hebben een groot voordeel boven onze aardrijkskundigen. Zij toch kunnen alle gedeelten der aarde waarnemen, ook die landen, die door ons nog niet bereikt zijn, zooals de poolstreken, die thans zoozeer onze belangstelling opwekken, en Centraal-Afrika, dat in onzen tijd voor het eerst voor de beschaving geopend wordt. Indien de maanbewoners des avonds die onherbergzame oorden

beschouwen, dan hebben zij geen denkbeeld van de groote gevaren, die wij te doorstaan hebben, om eene kennis op te doen, welke zij zoo gemakkelijk kunnen verwerven.

De vaste sterren en de planeten vertoonen zich aan de maanbewoners op dezelfde wijze als aan ons; het aantal sterren echter, dat bij hen zichtbaar is, is veel grooter, omdat de hemel bij hen veel helderder is. De van ons afgekeerde helft der maan, die nooit door de aarde verlicht wordt, biedt eene gelegenheid aan tot het doen van astronomische waarnemingen, die de astronomen op aarde zou doen watertanden. De vraag naar de bewoners der maan moge eenen tijdlang onze aandacht hebben bezig gehouden, voor hem, wiens geest den oneindigen tijd zoowel als de oneindige ruimte overziet, is zij van weinig belang. Of eene wereld gisteren bewoond was, heden bewoond is, of morgen bewoond zal zijn, wat beteekent dat voor de eeuwigheid? De maan is de wereld van gisteren; de aarde is de wereld van heden, Jupiter die van morgen. De onverbiddelijke wijzer van het hemeluurwerk blijft zich voortbewegen en het lot der werelden beheerschen. *Wij* mogen al spreken *van gisteren of morgen*; de natuur kent slechts *het heden*.

Vóórdat de mensch zijne blikken hemelwaarts richtte, bestond reeds het heelal, zooals het thans bestaat. Er waren reeds toen bewoonde planeten, schitterende zonnen, in evenwicht gehouden door de grondkrachten der natuur; zijn er niet sterren, zóóver van ons verwijderd, dat haar licht ons eerst na millioenen jaren bereikt? Zijn de lichtstralen, die ons oog thans treffen, niet reeds uitgezonden vóórdat de mensch op aard geschapen was, ja zelfs vóór het bestaan der aarde? In het samenstel der schepping is de mensch, die zich zoo gewichtig acht, en die zich God en het Heelal schiep naar zijn beeld, van niet het minste belang. Als de laatste mensch op aarde den laatsten snik zal gegeven hebben, als onze aarde, na gedurende zoo langen tijd de zetel geweest te zijn van het leven met zijne hartstochten, met zijne genietingen en smarten, met zijne liefde en haat, met zijne kerkelijke en staatkundige twisten, den slaap zal zijn ingetreden, waaruit de uitgedoofde zon haar niet meer zal wekken, dan nog zal het heelal even volmaakt zijn als thans, de sterren zullen er niet minder om schitteren, nieuwe zonnen zullen nieuwe planeten verkwikken, andere lentes zullen de knoppen van nieuwe bloemen en de illusien van jeugdige harten doen ontluiken; *want de schepping is eeuwig*.

ZEVENDE HOOFDSTUK.

Eb en Vloed.

Het water der zee rijst en daalt dagelijks door de regelmatige afwisseling van eb en vloed. Die beweging wekte zoozeer de verbazing der ouden op, dat men haar het graf der menschelijke nieuwsgierigheid noemde. Toch hadden zij reeds ingezien, dat er tusschen eb en vloed en de beweging der maan verband moest bestaan. Reeds Plinius en Plutarchus, om van ouderen niet te spreken, wezen op dat verband, dat echter door anderen ontkend werd. Zelfs Galilei en Keppler geloofden er niet aan. Het was weder aan Newton voorbehouden, den sluier op te heffen, en daarachter de aantrekende werking van de maan en de zon te herkennen.

De oppervlakte der aarde is voor een groot gedeelte met water bedekt, dat zich door zijne groote bewegelijkheid gemakkelijk onder den invloed der aantrekkelijke kracht van de maan verplaatsen kan. Niet al dat water is op gelijken afstand van de maan verwijderd en wordt dus niet even sterk door de maan aangetrokken. Het water, dat juist onder de maan gelegen is, wordt sterker aangetrokken dan het vaste gedeelte der aarde; het water daarentegen, dat van de maan afgekeerd is, wordt minder sterk aangetrokken, omdat het verder van de maan is verwijderd. Hieruit volgt, dat het water, dat naar de maan toegekeerd is, door die groote aantrekking opgeheven wordt, terwijl het water, dat van de maan is afgekeerd, bij het vaste deel der aarde achter blijft. Van daar, dat het water zich ophoopt aan de naar de maan toegekeerde zijde en daar eene verhooging vormt, die er zonder de aanwezigheid der maan niet zou bestaan, en er eene dergelijke verhooging moet ontstaan aan de tegengestelde zijde (fig. 77). Houdt men nu in het oog, dat door de wenteling der aarde om hare as in 24 uren en 48 minuten, de verschillende deelen der aarde achtereenvolgens naar de maan gericht worden, zoo volgt hieruit, dat men op eene bepaalde havenplaats in dien tijd twee malen vloed en twee malen eb moet hebben.

De zon veroorzaakt eene dergelijke werking; hoewel de massa

der zon ruim zes millioen maal grooter is dan die der maan, zoo heeft toch de werking der maan de overhand boven die der zon, omdat zij zoo-veel dichter bij ons geplaatst is. Het verschijnsel wordt dus beheerscht door den stand der maan met betrekking tot de aarde, terwijl de zon alleen het oogenblik van hoogwater vervroegt of verlaat of de hoogte van den vloed vermeerderd of vermindert, naarmate zij eenen anderen stand ten opzichte van de maan inneemt.

Indien men uit de massa's van zon en maan en hare afstanden tot de aarde den invloed dier lichamen op de aarde afleidt, dan vindt men voor den invloed der zon ongeveer de helft van die der maan. Aan den evenaar heft de maan alleen het water 50 centimeters op; de maan en de zon te zamen 74 centimeters, indien beide op haren gemiddelden afstand van de aarde verwijderd zijn. Die hoogte neemt af, naarmate men de polen nadert, aan de polen zelf blijft het water volkomen in rust.

De hoogste vloed of springtij heeft plaats ongeveer bij nieuwe en bij volle maan, omdat dan zon en maan samenwerken, terwijl de vloed het laagst is bij de kwartierstanden. Dan toch veroorzaakt de zon eb, op de plaats waar de maan vloed tweeegbrengt. Bij ons valt springtij ongeveer $1\frac{1}{2}$ dag na volle en nieuwe maan. Ook heeft men eerst hoog water eenigen tijd nadat de maan den meridiaan gepasseerd is.

De hoogte van den springvloed is aan den evenaar 74 centimeters. Er zijn plaatsen, waar die hoogte 13 meters be-

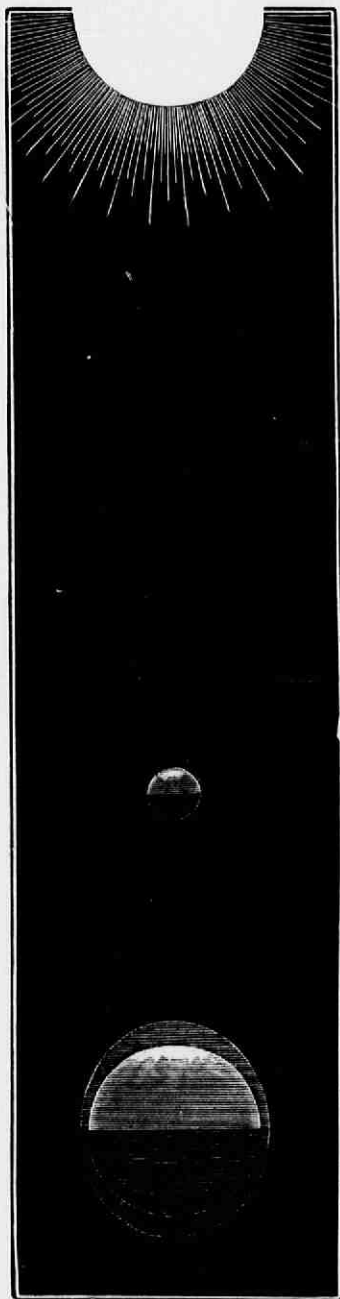


Fig. 77. — Eb en vloed.

draagt. Wij zullen zoo aanstonds zien, waaraan dit moet worden toegeschreven.

De kracht, die eb en vloed veroorzaakt, moet ook het gewicht der lichamen wijzigen. Stellen wij voor een oogenblik, dat de maan in het zenith staat, dan trekt zij de voorwerpen aan in eene richting juist tegengesteld aan de richting der zwaartekracht; die kracht is echter hoogstens $\frac{1}{16\,000\,000}$ van de zwaartekracht. Een lichaam van 16 kilogram zal dus, als de maan in het zenith staat, 1 milligram minder wegen. Hoe gering schijnbaar die kracht moge zijn, wij moeten niet vergeten, dat zij gedurende duizenden eeuwen twee malen per dag duinen en rotsen gebeukt heeft en daardoor den vorm der kusten langzaam doch onweerstaanbaar heeft gewijzigd.

Het zeewater, door het vasteland in eene begrensde ruimte ingesloten, slingert onder den invloed der storende werking van maan en zon heen en weer. Als de oppervlakte der zee dus door die werking rijzen moet, dan stroomt het water daarheen, maar verkrijgt daardoor eene zekere snelheid, die oorzaak is, dat het water niet ophoudt te stroomen, als het evenwicht hersteld is, maar dat het zich blijft voortbewegen, totdat die snelheid door de zwaartekracht en de wrijving is uitgeput; van daar, dat aan het strand der zee het water veel hoger stijgt, dan wanneer de zee ieder oogenblik in evenwicht was onder den invloed der krachten, die er op werken. Het is dus duidelijk, dat het water meer rijst en daalt, dan onder den invloed van de zon en maan alleen het geval zoude zijn, en dat het bij volle en nieuwe maan niet altijd hoog water is, op het oogenblik dat de maan den meridiaan passeert; wel is op dat oogenblik de aantrekkende kracht van zon en maan het grootst, maar door de snelheid, die het water gekregen heeft, blijft het water nog eenen tijd na den doorgang door den meridiaan stijgen. De vorm van sommige kusten is oorzaak, dat het water als het ware in bekkens wordt opgezameld en tot eene verbazende hoogte stijgen kan. Zeer sterk openbaart zich dit in het Kanaal. Als het te Brest hoog water wordt, dan gaat de vloedgolf langzaam naar het kanaal voort. Daar dit betrekkelijk nauw is, moet het water, dat in zijne beweging gestuit wordt, daar zeer hoog stijgen, zoodat b. v. te St. Malo de gemiddelde hoogte van de springtijden 11,36 meters en te Granville 12,30 meters bedraagt.

De volgende tabel geeft het haventij of tijd van hoog water aan op de dagen van nieuwe en volle maan voor eenige plaatsen van Nederland. Die tijd stelt tevens voor, hoeveel tijd na den doorgang der maan door den meridiaan het hoog water is.

Namen der plaatsen:	Haventij:
Brielle	2 ^u 49 ^m .
Brouwershaven	2 ^u 20 ^m .
Delfzijl	12 ^u 23 ^m .
Goes	2 ^u 0 ^m .
Harlingen	8 ^u 30 ^m .
Hellevoetsluis	3 ^u 0 ^m .
Kampen	4 ^u 30 ^m .
Nieuwediep	7 ^u 6 ^m .
Scheveningen	3 ^u 45 ^m .
Urk	12 ^u 0 ^m .
Veere	1 ^u 0 ^m .
Vlissingen	1 ^u 13 ^m .
IJmuiden	3 ^u 0 ^m .

In de mondingen der groote rivieren veroorzaakt de vloed dikwijls treffende natuurfataleeren. Zoo heeft men te Caudebec aan de monding der Seine bij springtij een prachtig verschijnsel, dat de bewondering opwekt van allen, die het bijwonen. De eerste golven, die zich voortbewegen in ondiep water, worden ingehaald door andere, die in dieper water voortgaan en die daardoor eene grootere snelheid krijgen. De snelheid toch neemt toe, naarmate het water dieper is. De achterste golven, op de voorgaande neervallende, veroorzaken die eigenaardige beweging van het water, welke in nevensgaande teekening wordt voorgesteld (fig. 78).

Indien de maan, wier massa 81 maal kleiner is dan die der aarde, reeds zulke getijden veroorzaakt, hoe groot moet dan niet de invloed der aarde op de maan geweest zijn, toen deze nog vloeibaar was! Daardoor is de maan in de richting der aarde uitgerek, en is zij gedwongen, steeds dezelfde zijde naar de aarde toe te keeren.

Zullen de zon en de maan in den dampkring der aarde niet evenzeer eb en vloed veroorzaken? Aan eene zoodanige werking valt niet te twifelen, al is deze ook uiterst gering.

Daar wij niet buiten den dampkring geplaatst zijn, zoo kunnen wij die getijden niet op dezelfde wijze waarnemen, als die van het water. Onder in den dampkring geplaatst, moet zich die werking voor ons op dezelfde wijze openbaren, als de eb en vloed, als wij op den bodem der zee stonden. Wij zouden dan niets anders ontdekken dan eene periodieke verandering in de drukking van het water tengevolge van de veranderingen in de hoogte van de boven ons staande waterzuil. Wij kunnen dus de getijden in den dampkring alleen leeren kennen uit periodieke veranderingen in de drukking van den dampkring, zooals zij zich openbaren in het rijzen en dalen van den barometer. Die veranderingen kunnen hoogstens eenige tienden van

eenen millimeter bedragen. Daar bij ons de barometerverschillen tot 40, 50 of 60 millimeters kunnen bedragen, aan geheel andere oorzaken toe te schrijven, zoo is het moeilijk, verschillen van tienden van millimeters met zekerheid aan te toonen, en is het zeker ongerijmd, uit die werking der maan weersvoorspellingen te willen afleiden, terwijl deze bij de grootste meteorologen nog altijd tot de pia vota behooren.

Het is niet onmogelijk, dat de maan niet alleen eb en vloed in het water en den dampkring veroorzaakt, maar ook in het inwen-

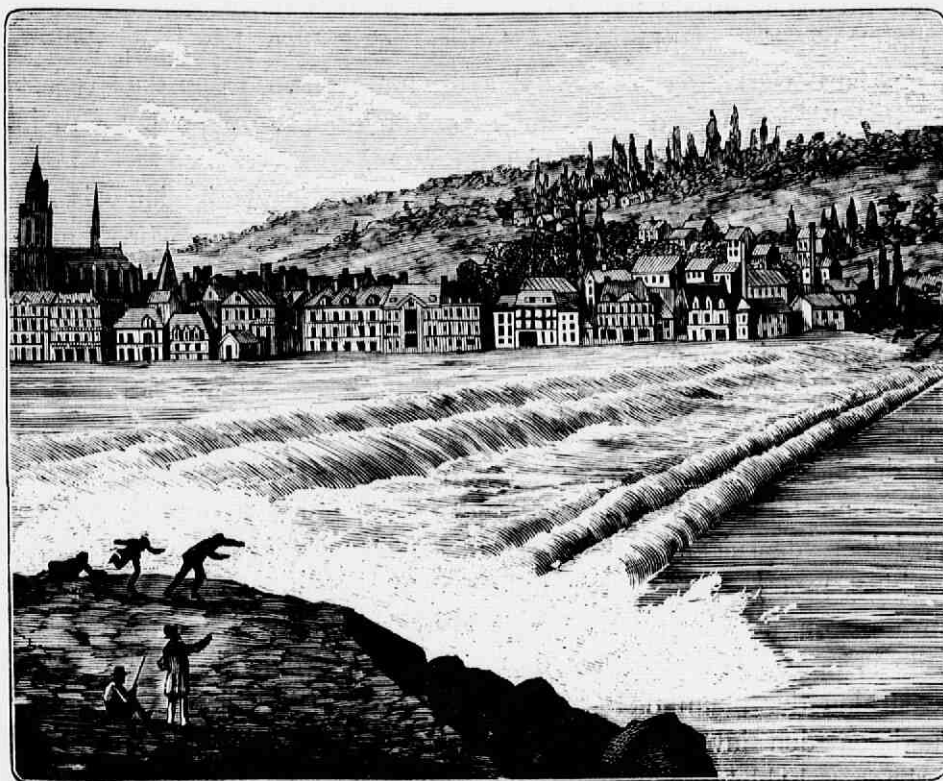


Fig. 78. — Springtij te Caudebec.

dige gedeelte der aarde. Daar de kern der aarde vloeibaar is, zoo zoude het mogelijk zijn, dat die dichte massa onder de aantrekkende werking der maan tegen de buitenste korst aandrukte en zoo de oorzaak was van vele aardbevingen. De statistiek der aardbevingen maakt het niet onwaarschijnlijk, dat de meeste plaats hebben bij volle en nieuwe maan, en op de tijdstippen, waarop de maan zoo dicht mogelijk bij de aarde geplaatst is.

ACHTSTE HOOFDSTUK.

De invloed der maan op het weer.

Indien de spreuk »*Vox populi vox Dei*» waarheid bevat, dan moet de maan op de aarde en hare bewoners eenen buitengewonen invloed uitoefenen. Men hoort immers algemeen beweren, dat de maan hare werking doet gevoelen op het weer, op den dampkring, op de dieren, op de menschen, op de kippen, op de planten, in één woord op alles. Wat is hiervan waar?

Men zegt bij voorbeeld, dat de maan, die in April nieuw is, en op het einde van April of in het begin van Mei vol wordt, eene nadeelige werking uitoefent op de jonge planten. De tuinlieden beweren, dat in dien tijd des nachts, als de lucht helder is, de bladeren en knoppen, aan het maanlicht blootgesteld, bevrozen, niettegenstaande de thermometer in de lucht eene temperatuur aanwijst van eenige graden boven nul. Zij voegen daar nog bij, dat bij dezelfde temperatuur de planten niet bevrozen, als de stralen der maan bij eene bedekte lucht de planten niet kunnen bereiken. Zij leiden daaruit af, dat de stralen der maan eene verkoelende werking moeten uitoefenen. Indien men echter het licht der maan opvangt en in één punt concentreert door middel van lenzen of holle spiegels, dan blijkt het, dat van die verkoelende werking van de stralen der maan niets te bespeuren valt. Terwijl nu de natuurkundigen den invloed der Aprilmaan naar het rijk der sprookjes verbannen hebben, blijven de landbouwers overtuigd van de juistheid hunner waarnemingen.

De Engelsche natuurkundige Wells is de eerste, die den strijd heeft opgelost. Hij toch heeft aangetoond, dat des nachts de voorwerpen eene temperatuur kunnen verkrijgen, die zeer veel verschilt van die der omringende lucht. Plaatst men in de lucht lapjes katoen, watten of andere stoffen, dan kan de temperatuur dier stoffen 6, 7 of 8 graden lager zijn dan die der omringende lucht. De oorzaak van dit verschijnsel is hierin gelegen, dat die voorwerpen hunne warmte in de oneindige ruimte uitstralen, door de lucht heen, die de

warmtestralen doorlaat, zonder zelf hare warmte te verliezen. Zoo stralen ook de planten warmte uit, terwijl de omringende lucht hare temperatuur behoudt. Men kan dus niet oordeelen over de temperatuur eener plant uit de aanwijzingen van eenen thermometer, in de lucht opgehangen. De plant kan bevroren zijn, terwijl de lucht niet onder nul was afgekoeld. Dit verschijnsel heeft alleen plaats bij heldere lucht. Als de lucht bedekt is, stralen de voorwerpen geene warmte uit en is hunne temperatuur dezelfde als die der lucht.

Nu is in April en Mei de temperatuur der lucht dikwijls slechts enkele graden boven nul. Het is dan licht mogelijk, dat de planten, blootgesteld aan het maanlicht, tot onder nul graden afkoelen, al blijft de thermometer boven nul graden aanwijzen, omdat de lucht dan helder is. Schijnt echter de maan niet, dat wil zeggen, is de lucht betrokken, dan daalt de temperatuur der planten niet onder nul, tenzij de lucht ook onder nul is afgekoeld. De tuinlieden hebben dus wel gelijk, indien zij beweren, dat bij dezelfde temperatuur der lucht de planten wel of niet bevriezen, naarmate de maan wel of niet schijnt; zij tasten echter mis, als zij dit aan den invloed der maan toeschrijven. Het maanlicht bewijst alleen, dat de lucht helder is; de oorzaak ligt uitsluitend in de helderheid der lucht en de uitstraling, die daarvan het gevolg is, het bevroren heeft even goed plaats, als de maan onder, als wanneer zij boven den horizon is. Door die nachtelijke afkoeling wordt de waterdamp uit de luchtlagen, die met den grond en de boomen in aanraking zijn, verdicht en worden deze dus met dauw bedekt. De dauw komt niet uit den grond en valt evenmin van boven neer, zooals sommigen beweren. De minste beschutting, zooals een blad papier, een doek of wat ook, is voldoende, om dauw of nachtvorst tegen te gaan.

Men schrijft evenzoo aan de maan het vermogen toe, om oude gebouwen te vernielen. De maan moet hier lijden voor hetgeen regen en zon misdreven hebben. Het is inderdaad waar, dat alle gebouwen aan de zuidzijde veel meer te lijden hebben dan aan de noordzijde. Maar men vergete niet, dat de zon aan den hemel denzelfden weg volgt als de maan, en het dus moeilijk is na te gaan, wat de zon en de maan ieder op haar geweten hebben. Bedenkt men bovendien nog, dat de regen en de wind gewoonlijk van diezelfde zijde komen, dan zal men er wel niet langer aan twijfelen, dat hier de maan weer de schuld draagt van wat door regen en zon veroorzaakt is.

Een ander punt: Zeelieden beweren dikwijls dat de maan de wolken verjaagt. (Ook John Herschel geloofde dit). Men zegt dan, dat wij, uit hetgeen wij op de oppervlakte der aarde waarnemen, niet moeten afleiden, dat in de hoogere luchtlagen de toestand dezelfde is. Als de maan vol is, dan is zij reeds eenige dagen door de zon verwarmd, en is het dus mogelijk, dat de verzadigde waterdamp onverzadigd, en dus onzichtbaar geworden is. Doch ook over dag zien wij dikwijls in enkele minuten wolken afnemen en verminderen, tengevolge van hare verandering in hoogte. Dit kan dus ook hier het geval zijn. De maan zou dan alleen in zooverre medewerken, dat zij ons in staat stelt, het verschijnsel waar te nemen.

Het maanlicht zendt chemische stralen uit. Men kan immers van de maan uitstekende photographieën maken.

Wat nu den invloed van de maan op het weer betreft, haar licht- en warmtegevend vermogen is zoo gering, dat daaruit onmogelijk kan worden afgeleid, dat er eene betrekking zoude bestaan tusschen de schijngestalten der maan en het weer. Bij nieuwe maan zendt zij ons geen licht of warmte; bij volle maan ontvangen wij van haar zooveel mogelijk licht en warmte. Tusschen die twee perioden in verandert die hoeveelheid langzaam en trapsgewijze; het is dus niet te verklaren, wat de oorzaak van de onderstelde plotselinge veranderingen zoude zijn. Bovendien moeten de waarnemingen dan toch die feiten hebben bevestigd, vóórdat men naar de verklaring er van gaat zoeken. Tot nu toe is dat verband nog altijd niet uit de waarnemingen aan te toonen. Terwijl toch de een uit eene reeks waarnemingen op de eene plaats gedaan, afleidt, dat de meeste regendagen vallen tusschen het eerste kwartier en volle maan, deelt een ander als resultaat zijner waarnemingen, ergens anders genomen, mede, dat het grootste aantal regendagen valt tusschen volle maan en laatste kwartier. Het waarschijnlijkste is dus, dat de maan hierop in het geheel geen invloed uitoefent. Trouwens het licht van volle maan is 300 000 maal zwakker dan dat der zon, terwijl de temperatuursverhooging, die zij te weeg brengt, niet meer bedraagt dan $0,000012^{\circ}$. Op de piek van Teneriffe, waar de dampkring veel ijler is dan op de oppervlakte der aarde, is de warmte van volle maan een derde van die eener waskaars, op 4,75 meters verwijderd.

Indien nog altijd zoovele landbouwers en zeelieden groote waarde hechten aan de vier schijngestalten der maan in verband met de

veranderingen in het weer, dan komt dit hierdoor, dat zij niet zoo nauwkeurig er op letten, of de verandering ook één of twee dagen vóór of na de verandering der schijngestalte heeft plaats gevonden, en dat zij iedere waarneming, die met hunne theorie overeenstemt, als eene bevestiging hunner leer beschouwen, terwijl zij niet letten op al de keeren, dat hunne voorspelling niet uitkomt.

De menschelijke geest heeft nu eenmaal behoefte aan theorieën, al steunen zij op geen en enkelen redelijken grondslag. Hoe dikwijls wordt er niet den geleerden een verwijt van gemaakt, dat zij niet op elke vraag een voldoende antwoord kunnen geven? Eene dame vroeg eens eenen beroemden astronoom: Wat ligt er achter de maan? — Ik weet het niet, mevrouw. — Maar vertel mij dan eens, waarom het van het jaar zoo vreeselijk veel regent? — Ik kan het u niet zeggen. — Zoudt gij denken, dat er op Jupiter menschen zijn, zooals wij? — Ik moet u hierop het antwoord schuldig blijven. — Maar mijnheer, wat hebt gij er dan aan, dat gij zoo geleerd zijt? — Om van tijd tot tijd eens te mogen zeggen, dat ik niets weet.

De Enkhuizer almanak heeft zijn debiet alleen te danken aan zijne dwaze weersvoorspellingen. Men is altijd zeker, te zullen slagen, als men op de goedgeloovigheid der groote menigte speculeert; al worden de voorspellingen ook nog zoo dikwijls gelogenstraft, toch blijft het groote publiek den almanak nog raadplegen. Wij zeiden het reeds zooveel, ééne enkele voorspelling, die toevallig uitkomt, maakt eenen diepen indruk, de negentig voorspellingen, die niet uitkomen, worden dadelijk vergeten (1).

De Berlijnsche academie had vroeger als voornaamste bron van inkomsten de opbrengst van den verkoop van haren almanak. Een beroemd geleerde, die zich er over schaamde, dat daarin de zotste voorspellingen voorkwamen, welke op geen en enkelen grondslag berustten, stelde voor, die voorspellingen in het vervolg weg te laten en te vervangen door juiste en duidelijke opgaven over onderwerpen, die naar zijne meening het publiek belang inboezemden. Toen men de proef een jaar genomen had, bleek het debiet van den almanak zoo verminderd te zijn en de inkomsten der academie

(1) Een Luiksche almanak van de vorige eeuw had zijn groot debiet te danken aan de mededeeling, dat uit den stand van Venus kon worden afgeleid, dat eene hooggeplaatste dame in April 1774 haren grooten invloed zou verliezen. Inderdaad verdween in April van dat jaar madame Dubarry van het hof, toen Lodewijk XV door hare schuld door de pokken was aangetast.

zoo ingekrompen, dat men genoodzaakt was, tot de oude voorspellingen terug te keeren, waaraan de schrijvers zelf niet de minste waarde hechtten.

Zelfs het uitstekende Fransche sterrenkundige jaarboek, dat reeds gedurende twee eeuwen jaarlijks de meest belangrijke astronomische verschijnselen opgeeft, heeft oorspronkelijk ten doel gehad, meteorologische voorspellingen te geven. Nog altijd draagt het den naam van »*Connaissance des temps*» (weerkennis), niettegenstaande er over het weer geene enkele mededeeling in voorkomt.

Onze lezers hebben zeker wel eens de geschiedenis gehoord van eenen geestelijke, die aldus tegen de loterij predikte: »Omdat men drie nummers (die hij opnoemde) gedroomd heeft, onthoudt men zijn gezin het allernoodzakelijkste, om zijn geld te kunnen verdubbelen.» Toen de preek geëindigd was, kwam er een oud vrouwtje naar hem toe, die zeide: »mijnheer de pastoor, de twee eerste nummers heb ik verstaan, wilt u mij ook zeggen, wat het derde nummer was?»

Het publiek moge al waarde hechten aan den invloed der maan op de zenuwen, op de boomen, op het broeden van eieren, op het innemen van snijboonen enz., niemand van die lichtgeloovige menigte heeft ooit ééne enkele proef genomen, om de juistheid zijner meening in het licht te stellen.

Al durven wij niet beweren, dat alle opvattingen van het groote publiek omtrent den invloed der maan in strijd met de waarheid zijn, gerust mogen wij zeggen, dat de juistheid van het volksgeloof door de waarnemingen niet is bevestigd. Wel mag een wetenschappelijk man niet zonder onderzoek de juistheid eener meening ontkennen maar evenmin mag hij iets als zeker aannemen, wat niet door feiten gestaafd is.

NEGENDE HOOFDSTUK.

De zons- en maansverduisteringen.

Wij zijn thans genaderd tot een der treffendste en indrukwekkendste verschijnselen aan den hemel. Wie is niet onder den indruk van het schouwspel, indien hij op eenen helderen dag bij eenen wolkenloozen hemel de zonneschijf langzaam ziet afnemen, als knaagde er een onzichtbaar monster aan, totdat zij geheel verdwenen is? En indien men dan niet wist, dat dit verschijnsel veroorzaakt wordt door eene tijdelijke bedekking door de maan, en dat het een noodwendig gevolg is van de beweging van onzen wachter, zoude men dan niet vreezen, dat die ongewone nacht bleef aanhouden, en het werk was van eenen boozen geest, of de uiting van Gods toorn? Het is dus niet te verwonderen, dat ten allen tijde de onbeschaafde volkeren eenen heiligen angst voor zonsverduisteringen gehad hebben, en dat zij werkelijk geloofden aan een monster, dat aan de zon knaagde. Al openbaarde zich die angst niet zoo hevig bij maansverduisteringen, ook daarbij was men onder den indruk van de schijnbare storing in de harmonie der beweging aan den hemel.

De eclipsen werden evenals de kometen steeds beschouwd als voorboden van dreigende rampen. De onkundige menigte zag daarin den vinger Gods, en de uiting van Zijnen toorn over de snoodheid der menschen. Zoo meenden sommigen, dat zij eenen nieuwen zondvloed voorspelden, of eene verbranding der aarde; anderen waren van oordeel, dat bij eene eclips de geheele aarde verpest werd door eenen ondragelijken stank. Zoozeer was de menigte overtuigd, dat bij eene totale eclips hun laatste uur geslagen was, dat men gewoon was, op dien dag ter biecht te gaan. Men verhaalt, dat in Frankrijk bij de eclips van het jaar 1564 het aantal biechtelingen zoo groot was, dat een dorpspastoor op den preekstoel afkondigde, dat de eclips uit hoofde van den grooten toevloed van biechtelingen veertien dagen was uitgesteld! Zelfs in het jaar 1851 werd te Weenen nog eene processie voorgeschreven, om de gevolgen van de eclips af te wenden!

De eclipsen hebben dikwijls eenen grooten invloed op den loop

der gebeurtenissen uitgeoefend. Alexander de Groote had vóór den slag van Arbela de grootste moeite, de orde onder zijne troepen te handhaven, die bij de verduistering der zon op het punt stonden, op de vlucht te slaan. Het leger van den Atheenschen veldheer Nicias op Sicilië werd vernietigd, en hij zelf kwam daarbij om, omdat hij gedraald had, handelend op te treden, toen eene maaneclips zou plaats vinden. Onze lezers kennen de historische bijzonderheid, dat Columbus, toen hij te Jamaica op het punt was met zijn klein leger van honger te sterven, zich van de inwoners voedsel wist te verschaffen door hen te dreigen, dat hij hun de maan voor goed zou ontnemen. Dit was de eclips van 1 Maart 1504, die ook in Europa door verschillende sterrenkundigen was waargenomen en te Jamaica te 6 uren 's avonds begon.

Thans, nu men weet, dat zij het noodzakelijk uitvloeisel zijn van de beweging van de maan om de aarde en van de aarde om de zon, behoeven de eclipsen niemand meer eenige vrees in te boezemen. Men kan door berekening alle mogelijke eclipsen voorspellen, en alle eclipsen, die vroeger hebben plaats gegrepen, terugvinden. Men kent den juisten datum van alle mogelijke eclipsen der laatste drie duizend jaren uit de berekeningen van eenen franschen astro-noom der vorige eeuw.

Indien de maan bij hare beweging om de aarde tusschen de zon en de aarde komt, veroorzaakt zij eene zoneclips; komt de aarde daarentegen tusschen de zon en de maan, dan heeft men eene maaneclips. Er is echter tusschen deze beide verschijnselen een karakteristiek onderscheid. Bij eene zoneclips wordt de zon geheel of gedeeltelijk op een klein gedeelte der aarde door de maan bedekt. Of de eclips totaal of ringvormig, dan wel gedeeltelijk is, hangt af van de plaats, waar wij ons bevinden; op plaatsen, iets verder afgelegen, is er geene zonsverduistering. Bij eene maansverduistering daarentegen is de maan geheel of gedeeltelijk van zonlicht beroofd, omdat de aarde het licht der zon onderschept; men kan dus eene maansverduistering waarnemen op alle plaatsen der aarde, die op dat oogenblik naar de maan zijn toegekeerd. Eene maansverduistering is dus eene werkelijke *verduistering*, terwijl eene zonsverduistering eigenlijk slechts eene *zonsbedekking* is.

Hieruit volgt, dat eene maansverduistering veel gemakkelijker kan voorspeld worden dan eene zonsverduistering. Bij de eerste toch heeft men alleen maar het verschijnsel in het algemeen af te leiden,

bij de tweede moet men ook rekening houden met de standplaats, die men op aarde inneemt. Men begrijpt dus, dat de ouden, die de beweging der maan lang niet zoo nauwkeurig kenden als wij, niet in staat waren, zoneclipsen met juistheid te voorspellen. De maan-eclipsen werden door hen afgeleid uit het feit, dat deze aan eene periode van 18 jaren en 11 dagen gebonden zijn; zoodat men slechts alle maansverduisteringen in die periode behoeft te hebben nagegaan, om ze voor iedere volgende periode te kunnen voorspellen.

Met de kennis, die wij tegenwoordig van de beweging der maan en der zon hebben, kunnen wij gedurende eeuwen vooruit niet alleen verduisteringen in het algemeen voorspellen, maar ook alle bijzonderheden eener zoneclips voor eene willekeurige plaats op aarde. Wij kunnen zelfs nagaan, onder welke omstandigheden eene vroegere eclips zich op eene willekeurige plaats heeft vertoond, en dikwijls heeft men den juisten datum van eene historische gebeurtenis kunnen terugvinden uit de mededeeling, dat er toen eene verduistering heeft plaats gevonden. Eene *totale* zonsverduistering is voor eene bepaalde plaats eene groote uitzondering. Herodotus verhaalt, dat eene totale zonsverduistering plaats had midden in een gevecht tusschen de Lydiërs en Mediërs. Nu waren de geschiedkundigen het er over eens, dat dit feit moet hebben plaats gegrepen tusschen de jaren 626 en 583 v. C. De astronomen hebben geleerd, dat de slag geleverd moet zijn den 28^{sten} Mei 585 v. C.

Trachten wij thans de eclipsen nader te verklaren.

Wij komen reeds terstond tot die verklaring, zoo wij opmerken, dat alle zoneclipsen plaats vinden bij nieuwe maan, en alle maan-eclipsen bij volle maan. Als bij nieuwe maan de maan juist tusschen de aarde en de zon doorgaat, kan zij een grooter of kleiner deel der zon voor ons bedekken. Bij volle maan is de aarde tusschen de zon en de maan gelegen, en kan zij dus beletten, dat de stralen der zon op de maan vallen.

Indien de maan zich om de aarde bewoog in hetzelfde vlak, waarin zich de aarde om de zon beweegt, dan zoude men bij iedere nieuwe maan zonsverduistering en bij iedere volle maan maansverduistering hebben (fig. 79). Gewoonlijk echter gaat de maan boven of onder den schaduwkegel door, terwijl zij alleen verduisterd wordt, indien zij in den schaduwkegel gekomen is.

In onze teekening is de zon boven geplaatst. Beneden ziet men de aarde, door de maan begeleid. Deze draait om de aarde heen.

Als zij bij volle maan (benedengedeelte van de baan) in den schaduwkegel der aarde gekomen is, ontvangt zij geen licht van de zon. Er is dan eene maaneclips, die totaal of gedeeltelijk is, naarmate onze wachter geheel of gedeeltelijk in den schaduwkegel gelegen is. Aan weerszijden van de kernschaduw heeft men eene bijshadow (waarvan men zich gemakkelijk reenschap kan geven, indien men slechts de stippellijnen volgt), waar slechts een gedeelte van het zonnelicht vallen kan. Eene tweede bijshadow wordt door onzen dampkring veroorzaakt.

Als bij nieuwe maan onze wachter langs de zonneschijf heengaat, dan valt hare schaduw op de aarde en teekent deze daarop een cirkeltje, dat zich bij de beweging der aarde om hare as over de verschillende landen verplaatst. Alle landen, waarover die schaduw heenstrijkt, hebben eene zonsverduistering; deze is totaal, als de maan zóó dicht bij de aarde geplaatst is, dat hare schijnbare middellijn grooter is dan die der zon; zij is ringvormig, indien de schijnbare middellijn der maan kleiner is dan die der zon; en partiëel, als de middelpunten van zon en maan niet samenvallen en de maan de zon slechts van ter zijde bedekt.

Dit is in hoofdtrekken de verklaring der eclipsen. Wij zullen thans beide in bijzonderheden bespreken en beginnen met de *maansverduisteringen*.

Hoewel de maan veel kleiner is dan de zon, zoo zijn de schijnbare middellijnen van zon en maan bijna even groot. Naarmate de afstanden van de aarde tot

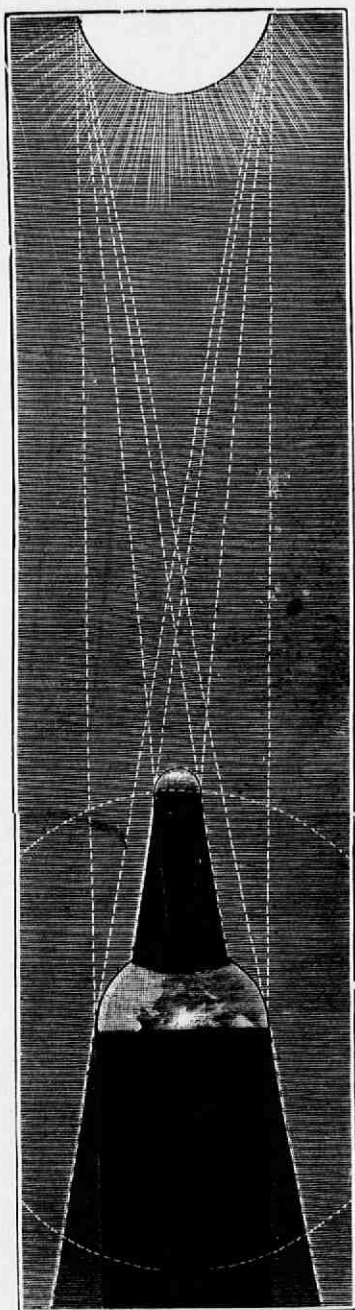


Fig. 79. — Verklaring der zons- en maansverduisteringen.

de zon en de maan veranderen, kan de maan de zon in schijnbare

grootte overtreffen of omgekeerd. De schaduwkegel der aarde is gemiddeld 108 maal de middellijn der aarde of 1 376 000 kilometers lang. Op den gemiddelden maansafstand (384 000 kilometers) is de schaduwkegel der aarde nog meer dan twee maal (2,2) breeder dan de maan. Onze wachter kan dus geheel in den schaduwkegel komen, en eene totale maansverduistering zal daarvan het gevolg zijn. Bij het begin eener totale maansverduistering bespeurt men eerst eene geringe, langzaam toenemende verzwakking van haar licht; de maan is dan in de bijschaduw getreden. Daarna vormt zich eene kleine uitsnijding, die zich langzamerhand over het geheele lichte gedeelte

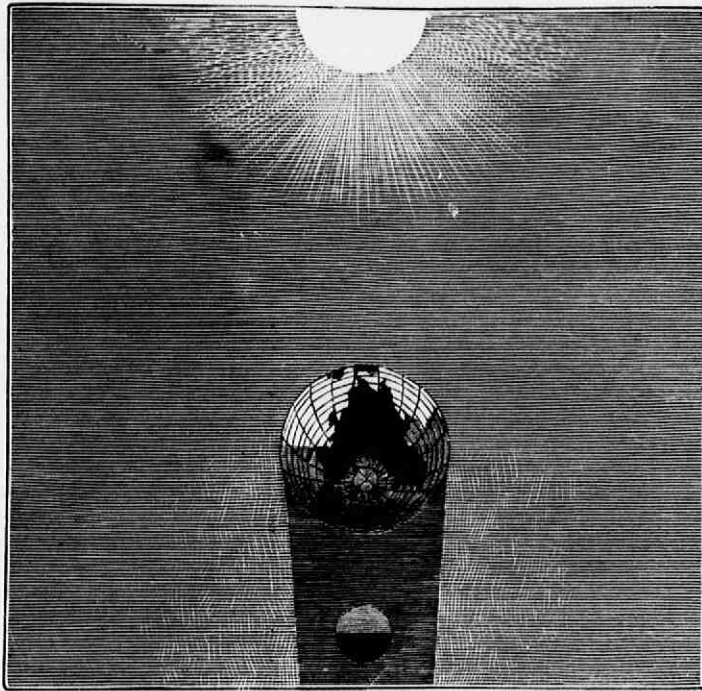


Fig. 80. — Maansverduisteringen.

der schijf uitstrekt. Zij heeft eene cirkelvormige gedaante, het gevolg van de bolronde gedaante der aarde.

De kleur der schaduw is eerst grijsachtig zwart. Wij kunnen dan van het verduisterde deel niets zien; naarmate echter de schaduw zich verder over de maanschijf uitstrekt, wordt deze met eene roode tint overgoten, die ons in staat stelt, de voornaamste vlekken te onderkennen. Zoodra de verduistering totaal geworden is, wordt het rood helderder en verspreidt het zich over de geheele schijf. Eene totale eclips kan bijna twee uren duren. Nadat de maan den ge-

heelen schaduwkegel der aarde doorloopen heeft, komt zij als eene smalle sikkel weder te voorschijn, die langzamerhand grooter wordt. Daar zij zich om de aarde beweegt van het westen naar het oosten (van rechts naar links) en sneller voortgaat dan de aarde, die zich in dezelfde richting beweegt, zoo moet de maan met hare linker- of oostzijde den schaduwkegel binnentreden en moet ook hare linkerzijde weder het eerst te voorschijn komen.

De maan verdwijnt bij eene totale verduistering bijna nooit geheel en al. Men geeft hiervoor de volgende verklaring. De zonnestralen worden, indien zij door de dichtere lagen van den dampkring heengaan, gebroken en naar de maan teruggekaatst. Bij de eclipsen van 1642, 1761 en 1816 was de maan geheel onzichtbaar. In 1703 en

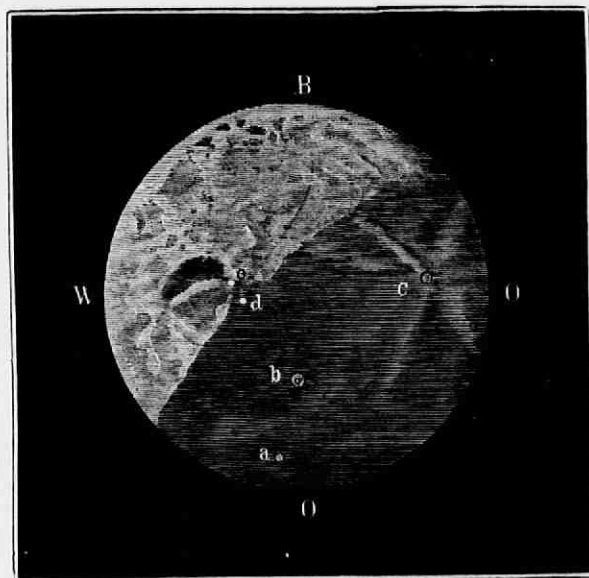


Fig. 81. — Maansverduistering van 25 October 1874.

a. Berg Aristarchus. *b.* Berg Copernicus. *c.* Berg Tycho. *d.* Berg Manilius.
e. Berg Plinius.

1848 daarentegen was zij zoo verlicht, dat men, zoo men het niet zeker geweten had, er aan zoude getwijfeld hebben, of zij wel verduisterd was. Den 4^{den} October 1884 was de maan wel zichtbaar, maar niet zeer duidelijk. De verklaring van dit verschil moet gezocht worden in den veranderlijken toestand van den dampkring op de plaatsen, waar de verduistering wordt waargenomen. (1).

(1) Schijnbaar in strijd met de theorie der eclipsen is het feit, dat men somtijds de zon en de maan bij eene maaneclips tegelijk boven den horizon ziet. Daar dus de zon nog niet onder

Daar de maansverduisteringen alleen het gevolg zijn van den bijzonderen stand, dien zon en maan aan den hemel innemen, zoo moet men uit de beweging dier lichamen vooruit kunnen bepalen, wanneer en onder welke omstandigheden eene maaneclips plaats heeft. Wij zullen trachten een denkbeeld te geven van den weg, die daartoe gewoonlijk wordt ingeslagen.

Wij zagen reeds vroeger, dat het vlak van de maanbaan eenen hoek van 5° maakt met het vlak der ecliptica, en dat men de lijn

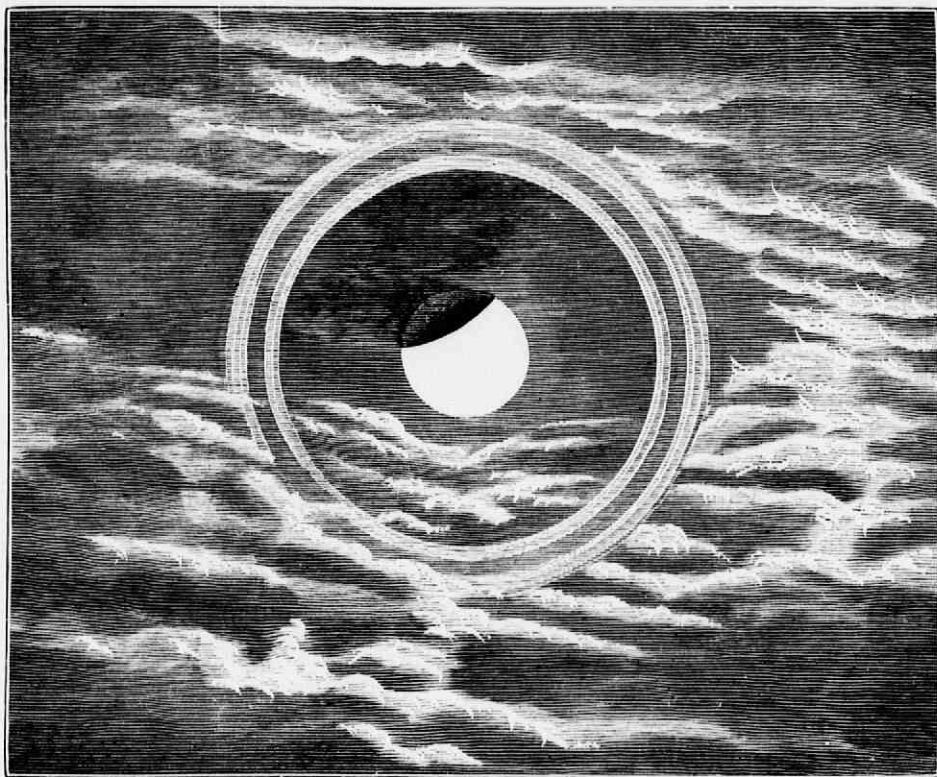


Fig. 82. — Maaneclips van 3 September 1876. (De maan omringd door eenen kring.)

van doorsnede dier beide vlakken de lijn der knoopen noemt. Die lijn, welke in 6793 dagen in het vlak der ecliptica ronddraait, heeft ten opzichte van de zon in 6585 dagen of 18 jaar en 11 dagen weder denzelfden stand hernomen. Daar de verduisteringen alleen plaats grijpen, indien volle maan of nieuwe maan op de lijn der knoopen valt, behoeft men slechts alle verduisteringen gedurende

is, als de maan opkomt, schijnen zon, maan en aarde niet in ééne rechte lijn te liggen. De oorzaak van deze schijnbare ongerijmdheid is in de straalbreking in den dampkring gelegen. Terwijl de zon reeds eenigen tijd onder is, wordt zij nog boven den horizon gezien.

die periode waar te nemen, om voor altijd de eclipsen te kunnen berekenen. Deze methode was reeds voor meer dan twee duizend jaren bij de Chaldeërs bekend onder den naam van *Saros*.

Het kan wel eens gebeuren, dat eene zeer kleine gedeeltelijke verduistering niet na 18 jaar en 11 dagen terugkeert, of dat er eene kleine gedeeltelijke verduistering plaats heeft, die 18 jaar en 11 dagen vroeger niet is waargenomen. Dit komt hier vandaan, dat de gegeven periode niet volkomen nauwkeurig is, waardoor de beide eclipsen, die 18 jaren en 11 dagen verschillen, niet volkomen identiek zijn. Het feit kan zich wel eens voordoen, dat de maan op een zeker oogenblik met een zeer klein gedeelte in den schaduwkegel der aarde komt, en zij over 18 jaren en 11 dagen juist boven of onder den schaduwkegel doorgaat. Ook kan eene totale eclips na 18 jaren en 11 dagen als eene partiële terugkomen. Het behoeft geen betoog, dat men bij de tegenwoordige hoogte der sterrenkunde volkomen zeker de grootte der verduistering bepalen kan.

Wij zullen thans de *zonsverduisteringen* bespreken.

Volkomen op dezelfde wijze, waarop maansverduisteringen voorspeld worden, kan men ook voorspellen, dat er op een bepaald tijdstip eene zonsverduistering zal plaats grijpen; maar wij kunnen daaruit niet afleiden, of de verduistering op eene bepaalde plaats zichtbaar zal zijn; evenmin kan men er de grootte der verduistering uit leeren kennen.

Onze lezers zullen zich herinneren, dat zons- en maansverduisteringen verschijnselen zijn van zeer verschillenden aard. Wij hebben reeds medegedeeld, dat bij de laatste de maan geen licht van de zon ontvangt. Van daar dan ook, dat eene maansverduistering kan worden waargenomen op alle plaatsen, waar de maan tijdens de verduistering boven den horizon is. Bij eene zonsverduistering daarentegen verliest de zon volstrekt niets van haar licht; alleen wordt een deel van hare oppervlakte voor sommige waarnemers door de maan bedekt; de grootte van dat bedekte gedeelte hangt af van de plaats van den waarnemer op aarde, terwijl de schaduw bij de dagelijksche beweging des hemels over de oppervlakte der aarde voortloopt.

Het verschijnsel kan zich wel eens voordoen, dat eene verduistering totaal is op de eene plaats en ringvormig is op eene andere plaats. Dit kan echter alleen geschieden, als de schijnbare middellijn van zon en maan zeer weinig verschillen. Daar de maan niet even ver

verwijderd is van alle plaatsen op aarde, zoo is het wel eens mogelijk, dat hare schijnbare middellijn voor de eene plaats iets grooter is dan die der zon, en op een ander punt der aardoppervlakte iets kleiner.

Men kan de omstandigheden, waaronder eene zoneclips zich zal voordoen voor de verschillende plaatsen der aarde, met de meeste nauwkeurigheid bepalen en eene kaart teekenen, waarop de loop der verduistering wordt aangegeven. Fig. 83 geeft den loop aan van de ringvormige verduistering van den 1^{sten} April 1764. De lijn ABC verbindt alle punten, waarop de eclips juist begon met het opkomen der zon; de lijn ADC verbindt de plaatsen, waar bij het

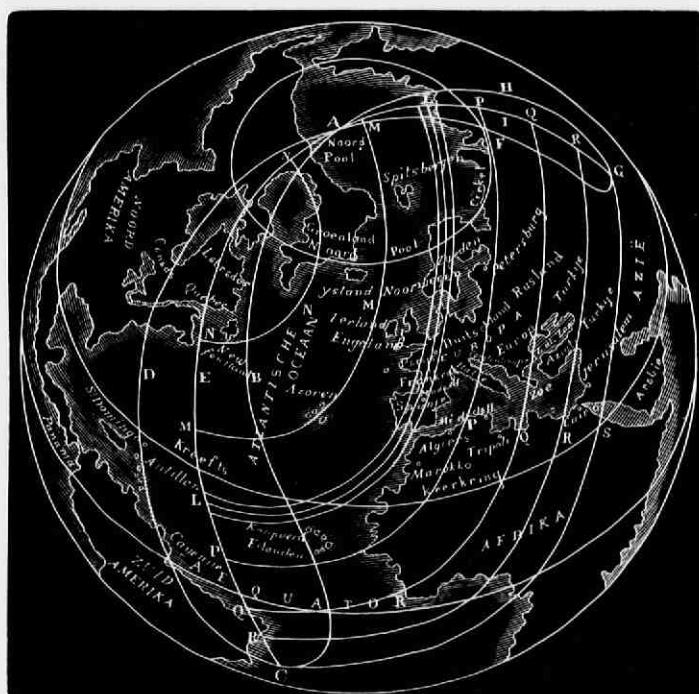


Fig. 83. — Kaart van den loop eener zoneclips en van hare grootte voor verschillende landen.

opkomen der zon de eclips eindigde. Voor alle plaatsen op de lijn AEC, die tusschen die beide lijnen inligt, kwam de zon op tegen het midden der eclips. Zoo verbinden de lijnen AFG, AHG, AIG de plaatsen, waar de zon onderging bij het einde, tegen het midden en bij het begin der eclips. De nauwe strook LL, door drie evenwijdige lijnen voorgesteld, is de weg, door den schaduwkegel der maan doorloopen. Die kegel heeft zich ten noorden van de Kaap-verdische eilanden over de Canarische eilanden en ten Zuiden van Madera verplaatst, daarna is hij over Portugal, Spanje, Frankrijk,

Nederland, Denemarken en Zweden heengegaan. De verduistering was centraal voor Lissabon, Madrid, Parijs, Nederland en een deel van Zweden. Aan weerszijden van die strook was de verduistering partiëel, en wel kleiner, naarmate eene plaats verder van die strook verwijderd was. Op alle punten der lijn MM was de verduistering $9\frac{1}{2}$ duim, op de lijn NN 7 duim (1). Zoo is ook de verduistering afgenomen in de richting der lijnen P, Q, R, terwijl voor de lijn G de randen van zon en maan elkander juist aanraakten. Voorbij G was de zon niet verduisterd, niettegenstaande zij boven den horizon was.

Voor iedere zonsverduistering wordt eene dergelijke kaart vervaardigd.

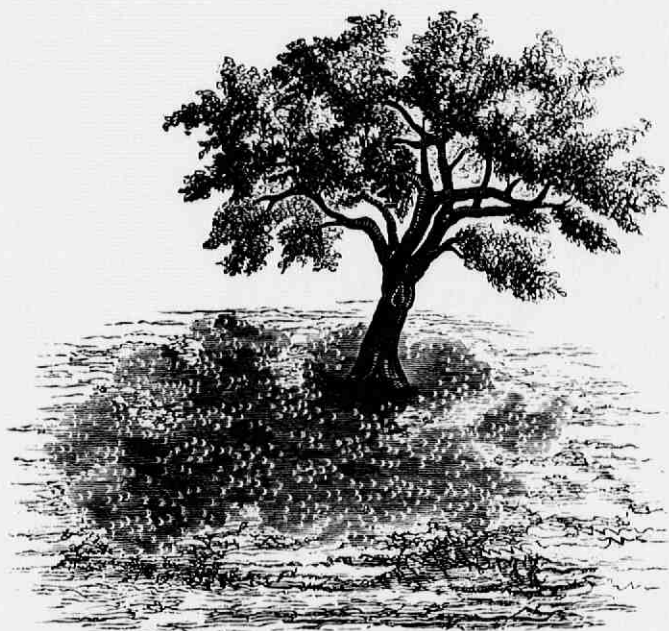


Fig. 84. — Beeld eener zonsverduistering, gevormd door de bladeren van eenen boom.

Als men bij eene partiëele verduistering een stuk papier met eene fijne opening er in aan de zon blootstelt en achter het papier een scherm plaatst, dan krijgt men op dat scherm een beeld der zonneschijf met de uitsnijding, door de maan veroorzaakt. Ook kan men dikwijls op den grond tusschen de schaduw van de bladeren der boomen kleine beelden der gedeeltelijk bedekte zon zien, alle met de uitsnijding naar denzelfden kant (fig. 84).

Gemiddeld kan men op de geheele aarde in 18 jaren 70 eclipsen waarnemen, en wel 29 maansverduisteringen en 41 zonsverduisteringen.

(1) Men noemt *duim* het twaalfde deel van de schijnbare middellijn van de zon of de maan.

Men heeft nooit meer dan 7 eclipsen in het jaar, en nooit minder dan twee. Indien er slechts twee zijn, zijn het beide zoneclipsen.

Het aantal zonsverduisteringen is grooter dan dat der maaneclipsen, de verhouding is bijna 3 : 2. Omdat echter iedere maaneclips zichtbaar is op alle plaatsen, die de maan boven den horizon hebben, en eene zoneclips slechts op een beperkt deel der aarde gezien wordt, ziet men op eene bepaalde plaats veel meer maans- dan zonsverduisteringen.

In iedere periode van 18 jaren zijn er gemiddeld 28 centrale zoneclipsen, die naar gelang van den afstand van zon en maan ringvormig of totaal zijn; daar echter de strook der aarde, waar

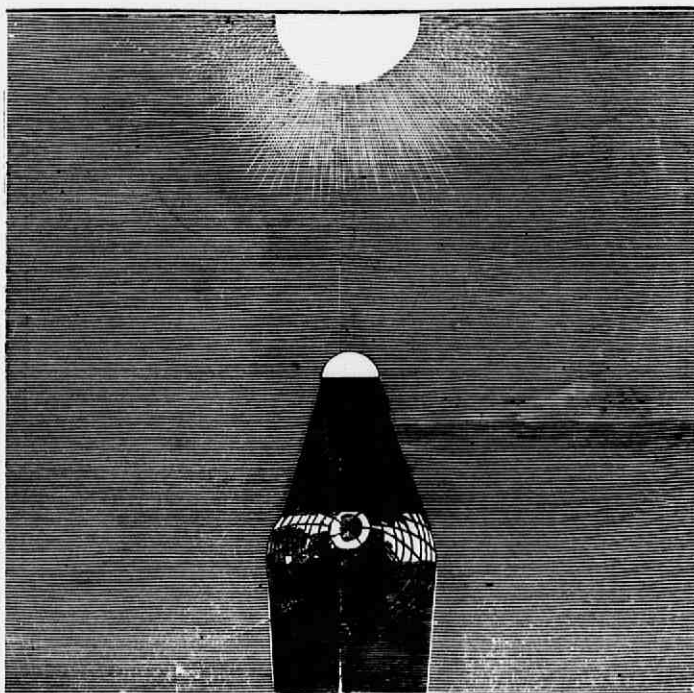


Fig. 85. — Zoneclipsen.

de eclips centraal kan zijn, zeer nauw is, zoo vindt men op eene bepaalde plaats slechts hoogst zelden eene totale of ringvormige zonsverduistering.

Halley vond, dat te Londen van het jaar 1140 tot 1715, dus in 575 jaren, geen totale zoneclips heeft plaats gehad, na 1715 is er evenmin eene totale zoneclips waargenomen. Te Montpellier heeft men in de laatste 500 jaren totale eclipsen gehad op den 1^{sten} Januari 1386, den 7^{den} Juni 1415, den 12^{den} Mei 1706 en den 8^{sten} Juli 1842.

Te Parijs heeft men in de laatste twee eeuwen eene totale zon-

eclips gehad in 1654 en 1724. In de negentiende eeuw is er geene enkele geweest en zal er ook geene enkele meer zijn.

In Nederland heeft de laatste totale zoneclips plaats gehad in 1724 en zal er ook hoogstwaarschijnlijk in de twintigste eeuw geene enkele plaats vinden. Den 19^{den} Augustus 1887 was er eene totale eclips zichtbaar te Berlijn en in een deel van Rusland en Siberië.

De berekening leert, dat eene zonsverduistering op eene plaats aan den evenaar nooit langer kan duren dan $4^u\ 30^m$ en in Nederland nooit langer dan $3^u\ 27^m$. Eene eclips kan aan den evenaar nooit langer dan 8^m totaal blijven, in Nederland nooit langer dan

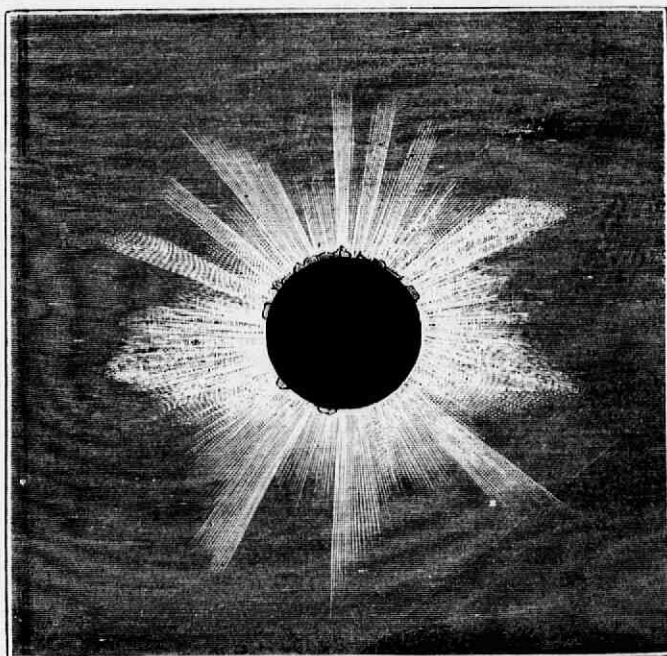


Fig. 86. — De totale zoneclips van 22 December 1870, op Sicilië waargenomen.

6^m . Bij ringvormige eclipsen blijft de maan aan den evenaar nooit langer dan $12\frac{1}{2}^m$ geheel vóór de zonneschijf, in Nederland nooit langer dan 10^m . Men begrijpt, dat er van eenen kortsten tijd geen sprake zijn. Beneden de gegeven tijdstippen vindt men naar gelang der omstandigheden alle mogelijke waarden.

Wij zullen in het volgende hoofdstuk zien, van hoeveel belang de zonsverduisteringen zijn voor het bestudeeren van den dampkring der zon. Dan is de gelegenheid het gunstigst, om de wonderlijke omgeving der zon te leeren kennen met hare onbegrijpelijke bewegingen en hare ontzaglijke ontploffingen en uitbarstingen.

Fig. 86, de eclips van 22 December 1870 voorstellende, geeft ons een denkbeeld van de protuberances, die aan den rand der zon zichtbaar zijn en van de corona, die haar omgeeft.

De eclipsen zijn onder andere van groot gewicht, om de omge-

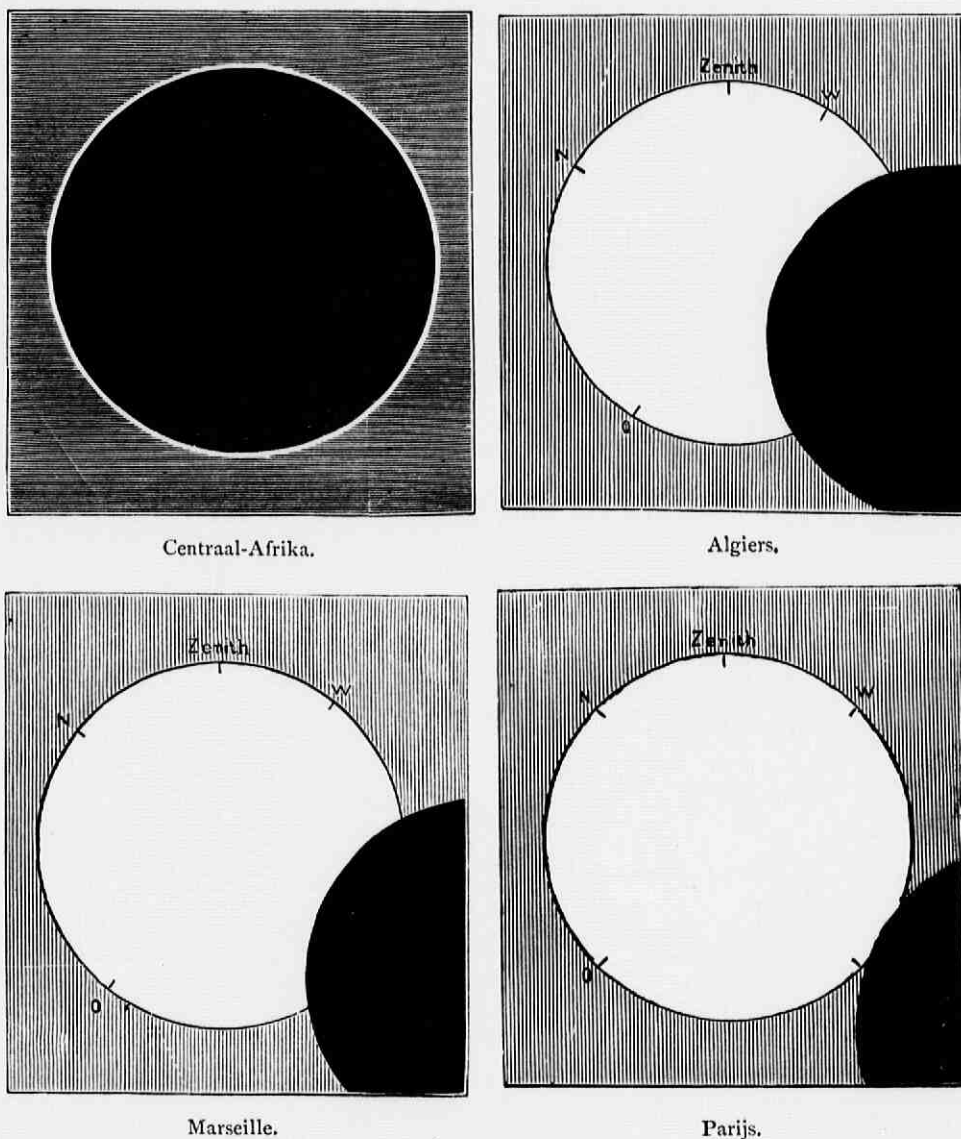


Fig. 87. — Ringvormige zonsverduistering van 19 Juli 1879.

ving der zon te leeren kennen. Zij hebben boven twijfel gesteld, dat de zon omgeven is door eenen uitgestrekten dampkring van veranderlijke hoogte, uit brandende waterstof bestaande, waarin

metaaldampen zweven, en waarin van tijd tot tijd de uitbarstingen van het inwendige gedeelte der zon eenen uitweg schijnen te vinden. Boven die atmosfeer zijn ontelbare lichamen in wentelende beweging om dien gloeienden haard. Wij kunnen ons geen denkbeeld vormen van die onstuimige beweging der losgelaten elementen, waarbij lichamen, grooter dan onze geheele aarde, in eenige minuten verplaatst, opgeworpen, verbrijzeld en samengevoegd worden. Doch loopen wij op het volgende hoofdstuk niet vooruit.

Om eene duidelijke voorstelling te geven van het verschil in grootte der verduistering op verschillende plaatsen der aarde, hebben wij in fig. 87 de ringvormige zoneclips van 19 Juli 1879 voor vier verschillende plaatsen der aarde geteekend. Zij was in centraal-Afrika en in de Indische zee centraal; ten zuiden en ten noorden der streek nam het verduisterde gedeelte af, ten zuiden tot aan de Kaapkolonie, ten noorden tot Frankrijk en Duitschland. Te Parijs was nog slechts 13 duizendsten van de zon door de maan bedekt, terwijl te Compiègne de randen van zon en maan elkander juist raakten. De noordelijke grens der eclips werd gevormd door eene lijn, die Frankrijk doorsneed van Quimper (in het noordwesten van Frankrijk) tot Rethel (in het noordoosten). Slechts zelden geschiedt het, dat de grens eener eclips over eene zoo bevolkte streek der aarde loopt. Hoe meer plaatsen van waarneming men heeft op de grenslijn der verduistering, des te beter is men in staat, de nauwkeurigheid der berekeningen te controleeren, omdat er in de nabijheid van die grens een groot verschil is in den duur der eclips. Terwijl toch te Parijs de verduistering twintig minuten aanhield, duurde die te Soissons slechts enkele oogenblikken.

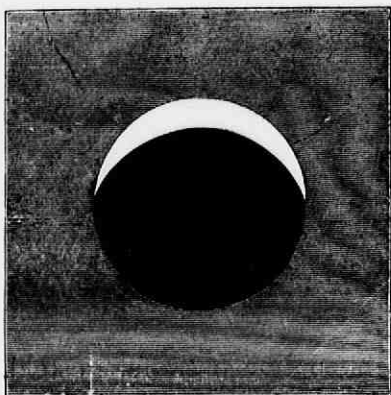


Fig. 88. — Zoneclips van 22 December 1870.

De zoneclips van 22 December 1870, die ook in Nederland zichtbaar was, is in de omstreken van Parijs waargenomen tijdens het beleg. De grootste verduistering was 10 duim. Terwijl te voren de vogels rondvlogen en zich luide lieten hooren, verstomden zij bij de verduistering en hielden zij zich schuil, zoodat men een kwartier lang niets anders hoorde dan het gebulder van het geschut.

Bij de zoneclips van 10 October

1874 kon men de gebergten Dörfel en Leibnitz (aan de zuidpool der maan gelegen) als schaduwbeelden op de zon zien.

Waar het oogenblik van het begin der verduistering met de meeste nauwkeurigheid kan bepaald worden, is er geen gevaar, dat men ooit eene verduistering verzuimt, als de weersgesteldheid hare waarneming toelaat. Men moet echter zorgen, dat men het voorbeeld niet volgt van eenen dommen en verwaanden markies tijdens de regeering van Lodewijk XV, die eenige adel-

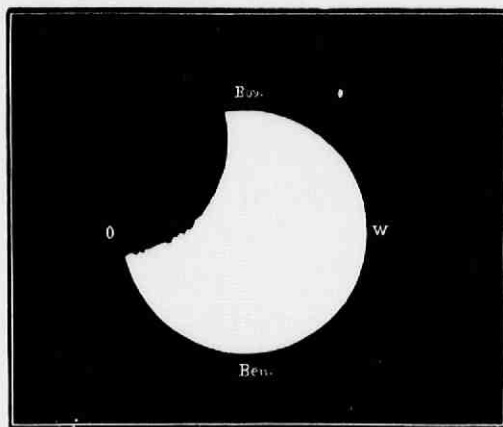


Fig. 89. — Zoneclips van 10 October 1874.

lijke dames naar de sterrenwacht zou geleiden, om eene zonsverduistering waar te nemen, waar men door den langen tijd, dien de dames aan haar toilet besteed hadden, eene halve minuut na het einde der verduistering aankwam. Daar de dames niet uit het rijtuig wilden stappen, omdat zij zich schaamden, dat zij door hare coquetterie het verschijnsel verzuimd hadden, zeide hij: Laat ons toch uitstappen, dames. Cassini is een mijner beste vrienden, hij zal zeker wel zoo beleefd zijn, de verduistering nog eens voor ons te herhalen!

Van alle astronomische verschijnselen, is er geen, dat meer op de verbeelding werkt, dan eene totale zonsverduistering. Wij kunnen ons den schrik voorstellen van hen, die op dit verschijnsel niet zijn voorbereid, als plotseling op het midden van den dag de zon voor hen verdwijnt, te midden van eene heldere lucht.

Toen de sterrenkunde nog in hare kindsheid was, werd eene zonsverduistering als iets onnatuurlijks beschouwd en zag men daarin eene openbaring van Gods toorn. Sedert de oorzaak van het verschijnsel bekend is en alle omstandigheden aan onze berekeningen volkomen beantwoorden, is ook alle bovennatuurlijke vrees bij ontwikkelde menschen verdwenen, maar niettemin maakt het op den waarnemer nog altijd eenen diepen indruk. Op het vooruit aangekondigde oogenblik ziet men een zwart lichaam over de zonnescijf heenschuiven; langzaam voortgaande knaagt het aan de zon, totdat niets meer van haar overblijft dan eene smalle lichte sikkels. Het

daglicht neemt af; een somber en flauw licht is in de plaats getreden van het vroolijk zonlicht, een droevig waas daalt op de aarde neder. Nog slechts een lichtboog blijft over; het is alsof de hoop de aarde nog niet verlaten wil, die zoolang door de zon verlicht geworden is. Aan eenen zijden draad schijnt het leven aan den hemel nog te hangen, doch zie, daar wordt de laatste zonnestraal uitgedoofd, en plotseling verspreidt zich diepe duisternis over de aarde. Daar zien wij de sterren flikkeren! Een kreet van verrassing ontsnapt onze borst; het is de laatste kreet, die gehoord wordt. Doodsche stilte heerscht om ons; de vogels, die nog zooeven hun liefelijk gezang deden hooren, verbergen zich bevend tusschen de bladeren der boomen; de hond vlucht naar zijnen meester; de kippen bedekken hare jongen met hare vleugels. Soms is de duisternis volkomen, enkele malen echter is de aarde nog flauw verlicht door eenen rooden schijn, naar ons teruggekaatst uit dat gedeelte van den dampkring, dat buiten den schaduwkegel der maan gelegen is. Soms kan men alle sterren van de eerste en tweede grootte, die boven den horizon zijn, zien schitteren, soms alleen de helderste sterren en de planeten. De temperatuur der lucht neemt eenige graden af.

Op de plaats, waar vroeger de zon gezien werd, ziet men eene zwarte schijf, omgeven door eene schitterende lichtkroon. In die kroon spreiden de stralen van de verduisterde zon zich uit, roodgetinte vlammen schijnen uit de donkere maan te stroomen. Gedurende twee, drie, hoogstens vier minuten bestudeert de sterrenkundige die vreemde omgeving, die alleen door den overgang der maan zichtbaar wordt, terwijl de menigte verbaasd en zwijgend, met angst het einde afwacht van een schouwspel, dat zij nog nooit gezien heeft en nooit meer zal zien. Plotseling kondigt een lichtstraal en een blijde kreet uit duizenden kelen het oogenblik aan, dat de zon weder is te voorschijn getreden. Het is, alsof die kreet de uiting is van de vreugde, die allen vervult, omdat de zon slechts tijdelijk bedekt geweest is en niet voor goed is verdwenen.

Arago geeft de volgende beschrijving van de indrukken, die de totale eclips van 8 Juli 1842, door hem bij Perpignan waargenomen, op de menigte maakte:

„Het oogenblik van het begin der verduistering naderde: Omstreeks twintig duizend personen, met een met lampzwart bedekt glas in de hand, beschouwden de zon, die aan den helderen hemel

schitterde. Nauwelijks zagen wij, die met uitstekende kijkers gewapend waren, een spoor van insnijding in den westelijken rand der zon, of een kreet uit twintig duizend kelen was voor ons het bewijs, dat wij het begin der verduistering slechts enkele secunden eer gezien hadden, dan de twintig duizend geïmproviseerde astronomen, die hun eerste proefstuk op astronomisch gebied met het bloote oog aflegden. Geprikkelde nieuwsgierigheid, wedijver, de begeerte, om de eerste te zijn, dit alles had het ongewapende oog eene ongewone scherptheit verleend. Tusschen dat oogenblik en de laatste secunden, die de totale verduistering vooraf gingen, leverden de toeschouwers geen stof tot bijzondere opmerkingen. Maar toen de zon nog slechts een spoor van licht over ons uitspreidde, maakte zich eene soort van angst van de menigte meester; een ieder had behoefte, zijne indrukken aan de hem omringende toeschouwers mede te deelen: een dof geraas, gelijk aan dat van de op eenen afstand ruischende zee was daarvan het gevolg. Het geraas werd sterker, naarmate de lichte sikkels kleiner werd. Eindelijk was de sikkels verdwenen: eene doodelijke stilte wees dat oogenblik even nauwkeurig aan, als de slinger van ons astronomisch uurwerk. Het grootsche schouwspel had de overwinning behaald op de dartelheid der jeugd, op de lichtzinnigheid der mannen, op de babbelsucht der vrouwen. Eene diepe rust heerschte in de lucht: het vogelenkoor had zijn gezang gestaakt. Na eene plechtige stilte van twee minuten begroette een gejuich, gelijktijdig uit duizenden monden losgelaten, het verschijnen der eerste zonnestralen. Op de ademlooze stilte, door het onbeschrijfelijke schouwspel teweeggebracht, volgde eene levendige vreugde, waarvan niemand de uiting trachtte in te houden. Voor de groote menigte was het schouwspel geëindigd. Het overige gedeelte der verduistering had geene andere oplettende toeschouwers dan de beoefenaars der sterrenkunde."

Bij alle verduisteringen hebben dergelijke, dikwijls eenigszins gewijzigde tooneelen plaats. Bij die van 18 Juli 1860 zag men in Afrika mannen en vrouwen naar huis vluchten of bidden. Ook zag men de dieren naar huis terugkeeren evenals bij het vallen van den avond, de eenden vereenigden zich in gesloten groepen, de zwaluwen zochten hare nesten op, de vlinders verborgen zich, de bloemen sloten hare kelken. De vogels, insecten en bloemen waren het sterkst onder den indruk der verduistering.

Bij de eclips van 18 Augustus 1868, die door Janssen in Engelsch

Indië werd waargenomen, gingen de inboorlingen, die ter zijner beschikking gesteld waren, om hem te helpen, juist op het oogenblik, waarop de eclips begon, op de vlucht, en sprongen in de rivier. Hun godsdienst schrijft hun voor, zich tot aan den hals in het water te dompelen, om den boozen geest te bezweren. Zij kwamen eerst terug, toen alles afgeloopen was.

Bij de eclips van 15 Mei 1877 schoten de Turken, die toen juist bezig waren met hunne oorlogstoebereidselen tegen de Russen, hunne geweren af tegen de zon, om haar uit de klauwen van den draak te verlossen. In de Fransche en Engelsche illustraties van die dagen vindt men daarvan aardige afbeeldingen.

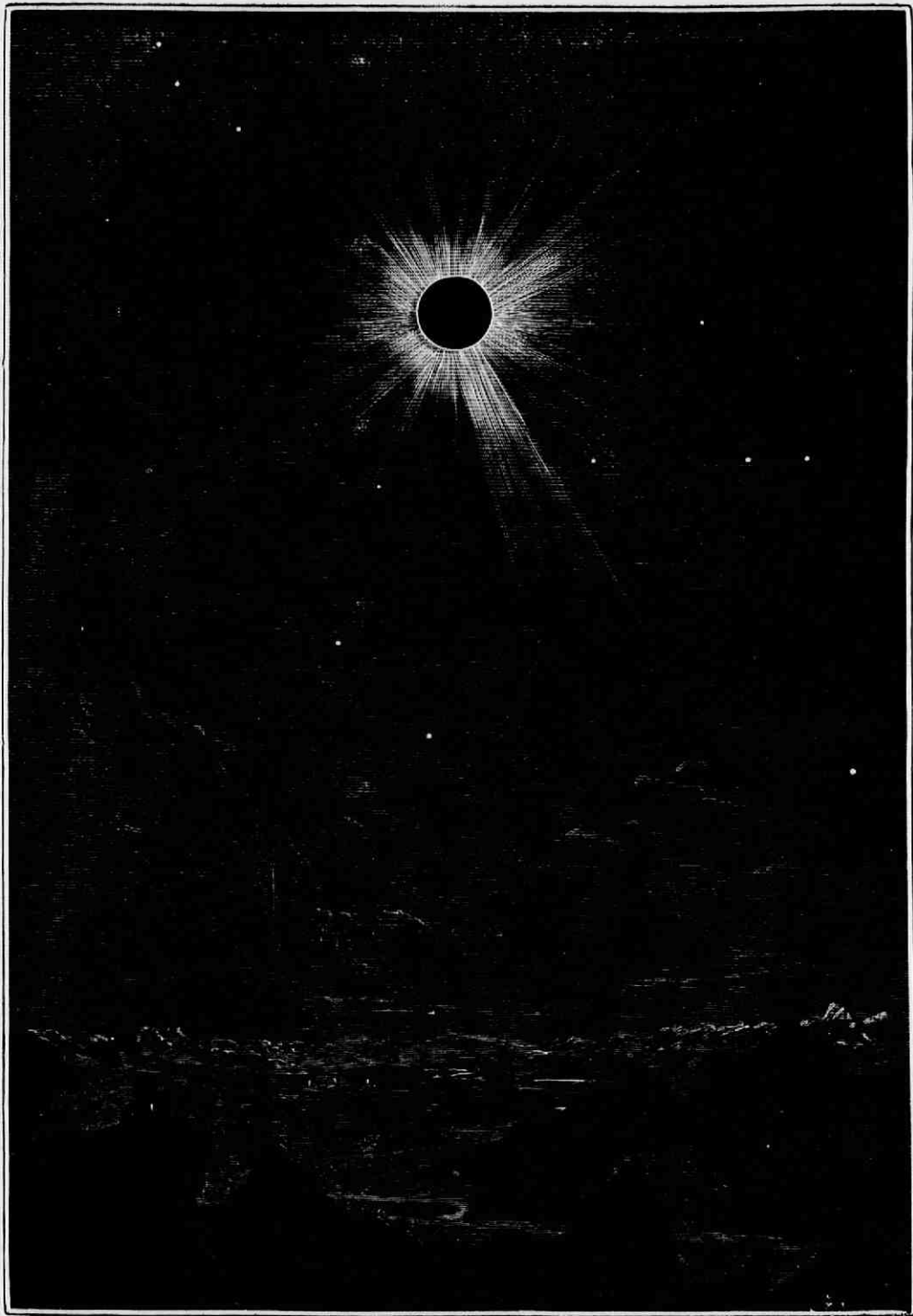
Bij de eclips van 29 Juli 1878, die voor de Vereenigde Staten van Amerika totaal was, verworgde een neger, die meende, dat het einde der dagen nabij was, in eene vlaag van waanzin zijne vrouw en kinderen. Wij geven van deze eclips nevensgaande teekening. Rondom de zon ziet men de lichtkroon, (de corona), en een aantal uitschietende stralen. Links van de zon zijn drie sterren zichtbaar: Mercurius, Regulus en Mars; rechts ziet men er twee: Castor en Pollux, ééne onder de zon: Procyon, en ééne rechts beneden: Venus. Men heeft toen gemeend, nog eene andere planeet te zien, wier loopbaan binnen die van Mercurius zou gelegen zijn; de waarnemingen bij latere zonsverduisteringen hebben dit echter volstrekt niet bevestigd.

Zelfs in het beschaafde Europa zijn er nog sporen van de oude vrees overgebleven; in Frankrijk heeft men nog bij de eclips van 6 Maart 1867 gebeden uitgeschreven ter afwending van den toorn des Heeren. Bij die van 22 December 1870 is dit niet geschied. Toch was toen het gezond verstand niet minder verduisterd dan de zon; twee beschaafde en ontwikkelde natiën vielen als razenden op elkander aan; twee honderd vijftig duizend menschen werden gedood en milliarden guldens werden weggeworpen. Eertijds zou men die rampen in verband gebracht hebben met de eclips of met het noorderlicht, dat toen zoo dikwijls scheen; thans begrijpt ieder, dat de eenige oorzaak daarvan geweest is: *de menschelijke dwaasheid*.

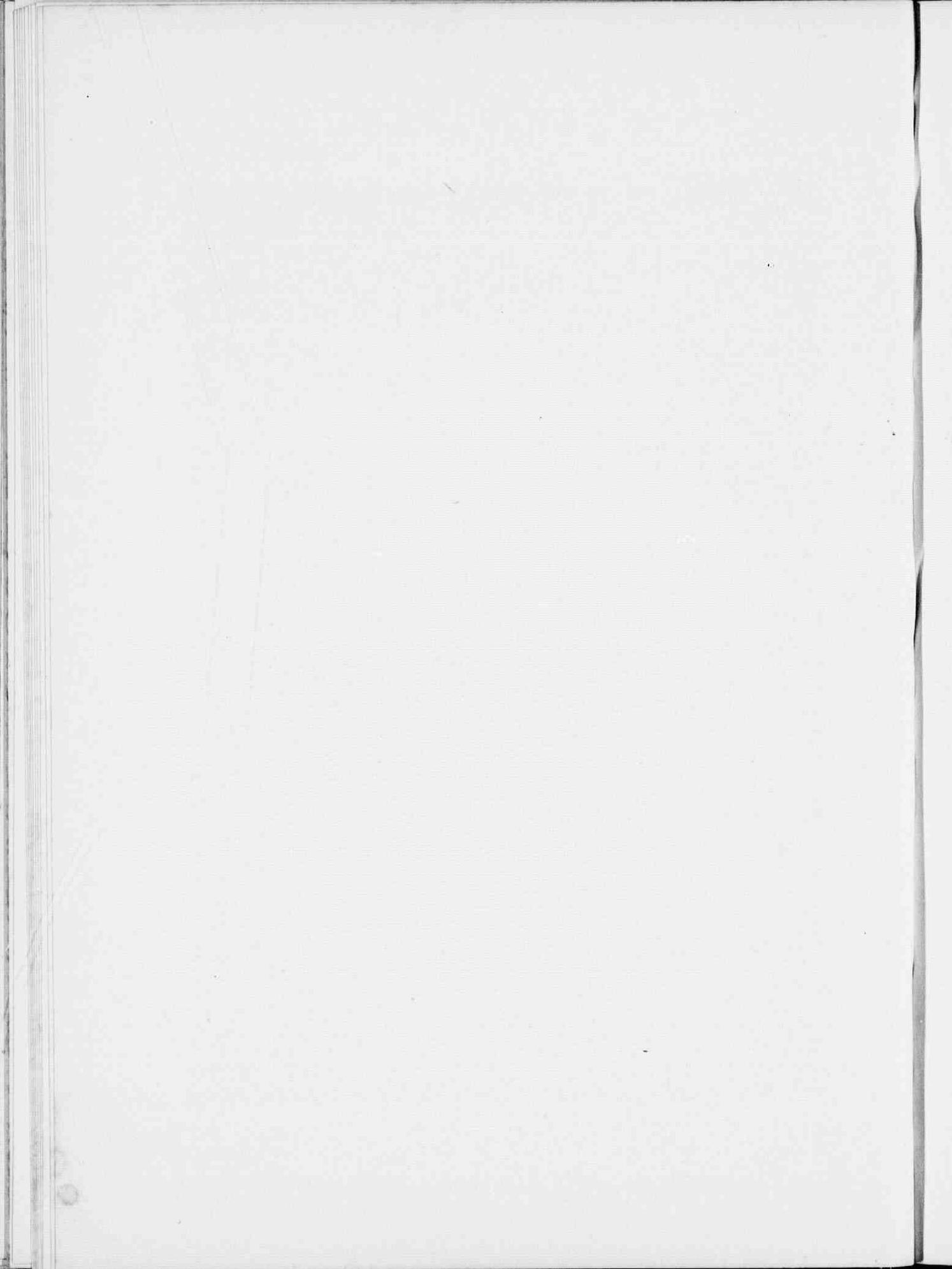
In deze eeuw zullen nog de volgende eclipsen plaats grijpen:

1898.

7 Januari . .	Partieele maaneclips ($1\frac{1}{2}$ duim) . .	in Nederland	zichtbaar.
22 Januari . .	Totale zoneclips.	„ „	onzichtbaar.
3 Juli . . .	Partieele maaneclips (11 duim) . . .	„ „	zichtbaar.
18 Juli . . .	Ringvormige zoneclips.	„ „	onzichtbaar.
27 December .	Totale maaneclips	„ „	zichtbaar.



De totale zoneclips van 29 Juli 1878, op het Rotsgebergte waargenomen.



1899.

11 Januari . . .	Partieele zoneclips	in Nederland onzichtbaar.
8 Juni . . .	Partieele zoneclips. (2 duim)	„ „ zichtbaar.
23 Juni . . .	Totale maaneclips	„ „ onzichtbaar.
17 December . .	Partieele maaneclips (11½ duim)	„ „ zichtbaar.

1900.

22 Mei . . .	Partieele zoneclips (6½ duim)	in Nederland zichtbaar.
28 November . .	Ringvormige zoneclips	„ „ onzichtbaar.

Al hopen wij allen het einde dezer eeuw te mogen beleven, toch zullen wij vóór dien tijd in Nederland geene totale zoneclips kunnen waarnemen; indien echter nieuwe uitvindingen op het gebied van stoom en electriciteit gedaan worden, zal de tijd wel aanbreken, dat men van hier naar Indië kan reizen met minder moeite, dan thans van Amsterdam naar Rotterdam, en zal dus voor een ieder de gelegenheid openstaan, het schitterende schouwspel bij te wonen. In Nederland zal men hoogstwaarschijnlijk geene totale eclips hebben vóór de 21^{ste} eeuw. Te Parijs zal dit in het jaar 2026 het geval zijn. In Londen geschiedt het in het jaar 2090, doch zal de eclips eerst een kwartier vóór zonsondergang totaal worden. Het is te hopen, dat de Londensche mist de waarneming dan niet belet.

Fig. 91—94 geeft eene teekening van vier totale verduisteringen, zooals zij in vier groote steden gezien zijn op het oogenblik, dat zij daar het grootst waren. (De laatste moet nog plaats hebben).

Wij verlaten nu de aarde en de maan en verplaatsen ons naar de zon, het middelpunt van ons zonnestelsel. Wij hebben ons eerst rekenschap gegeven van de plaats, die wij in de wereldruimte innemen, en onze aarde bestudeerd als bewegelijke basis voor onze waarnemingen. Daarna hebben wij den stand, de beweging en de gesteldheid van de maan, onzen trouwen wachter, nagegaan, en zijn toen geëindigd met het behandelen der eclipsen, die ons reeds een oogenblik in aanraking gebracht hebben met de zon, door ons haar protuberances en haren lichtenden dampkring te leeren kennen, zooals wij dien zien, indien de donkere maanschijf het felle zonlicht voor ons bedekt. Ook hebben wij reeds van de zon gesproken naar aanleiding van de jaarlijksche beweging der aarde, en gezien, dat zij ongeveer in het middelpunt der aardbaan geplaatst is. Om nader met de zon in kennis te komen, moeten wij thans nauwkeurig de betrekking leeren kennen tusschen haren afstand en dien der maan, onze eerste pleisterplaats.

Letten wij op fig. 95. Terwijl de baan der maan in de onmid-

dellijke nabijheid der aarde gelegen is, is de loopbaan der aarde ver van de zon verwijderd. Terwijl de aarde in één jaar om de zon wentelt, neemt zij de maan met zich mede, die in ééne maand

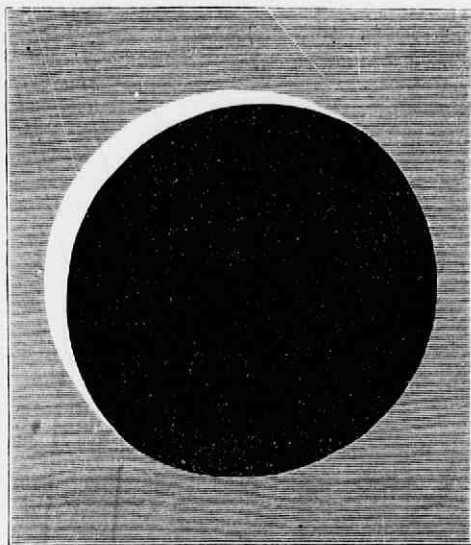


Fig. 91. — Weenen, 19 Augustus 1887.

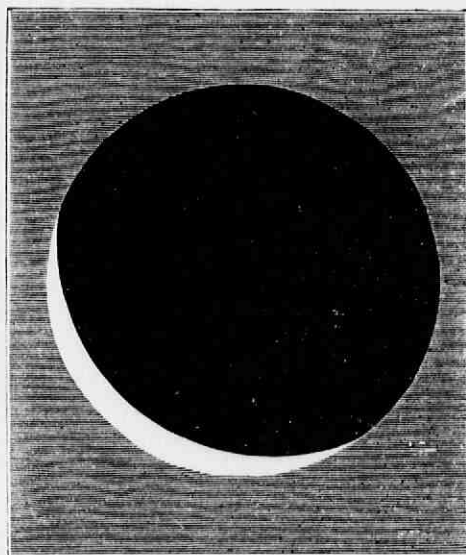


Fig. 92. — Rio de Janeiro, 16 April 1893.

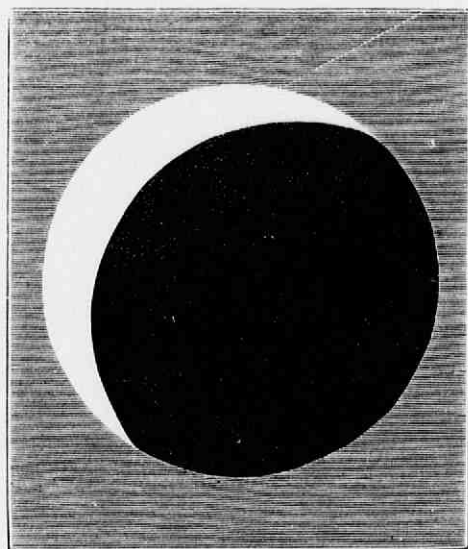


Fig. 93. — Petersburg, 9 Augustus 1896.

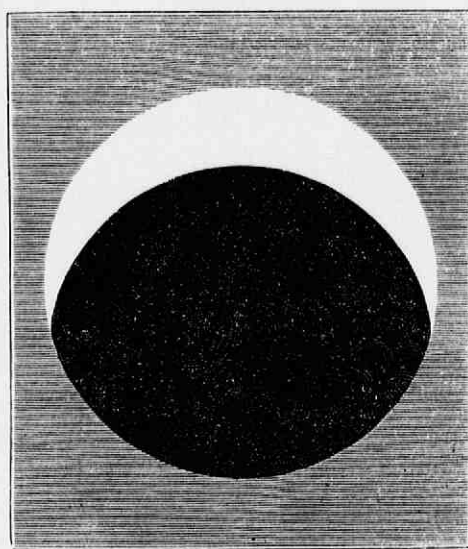


Fig. 94. — Rome, 28 Mei 1900.

hare baan om de aarde beschrijft. De verhouding tusschen die afstanden is in fig. 95 niet juist geteekend. De afstand der zon is immers 385 maal grooter dan die der maan. Indien wij den zons-

afstand voorstellen door eene lijn van 192,5 millimeters, dan is die der maan een halve millimeter. Wij hebben dit in fig. 96 voorgesteld. De aarde is daarin door een punt beneden in de figuur aangegeven. Daaromheen is een cirkeltje getrokken, de maanbaan voorstellende met eenen straal van eenen halven millimeter. Het lijntje, door de aarde gaande, dat weinig van eene rechte lijn verschilt, maar inderdaad een cirkelboog is, stelt een deel der aardbaan voor. Op eenen afstand van 385 maansafstanden is boven in de

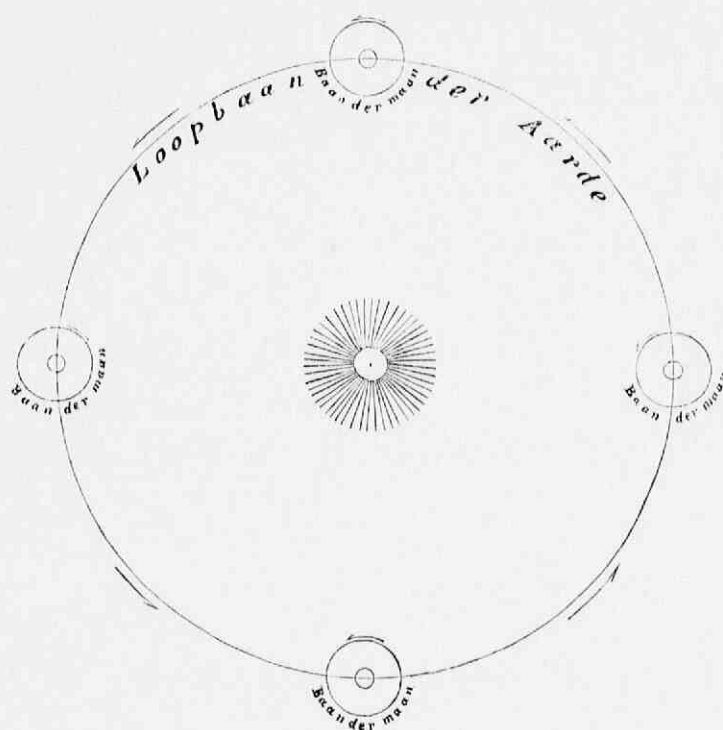


Fig. — 95. Loopbaan der maan en der aarde.

figuur de zon geplaatst, op haren waren afstand en op hare ware grootte. De middellijn der zon is immers twee maal grooter dan de middellijn der maanbaan. Uit deze figuur blijkt duidelijker dan uit alle redeneeringen, dat de maan als het ware de aarde raakt, en onder hare onmiddellijke heerschappij staat.

In werkelijkheid zijn die afmetingen de volgende:

De straal der aarde is 6371 kilometers.

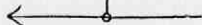
De afstand van de maan tot de aarde is 60 aardstralen.

De afstand van de zon tot de aarde is 23200 aardstralen.



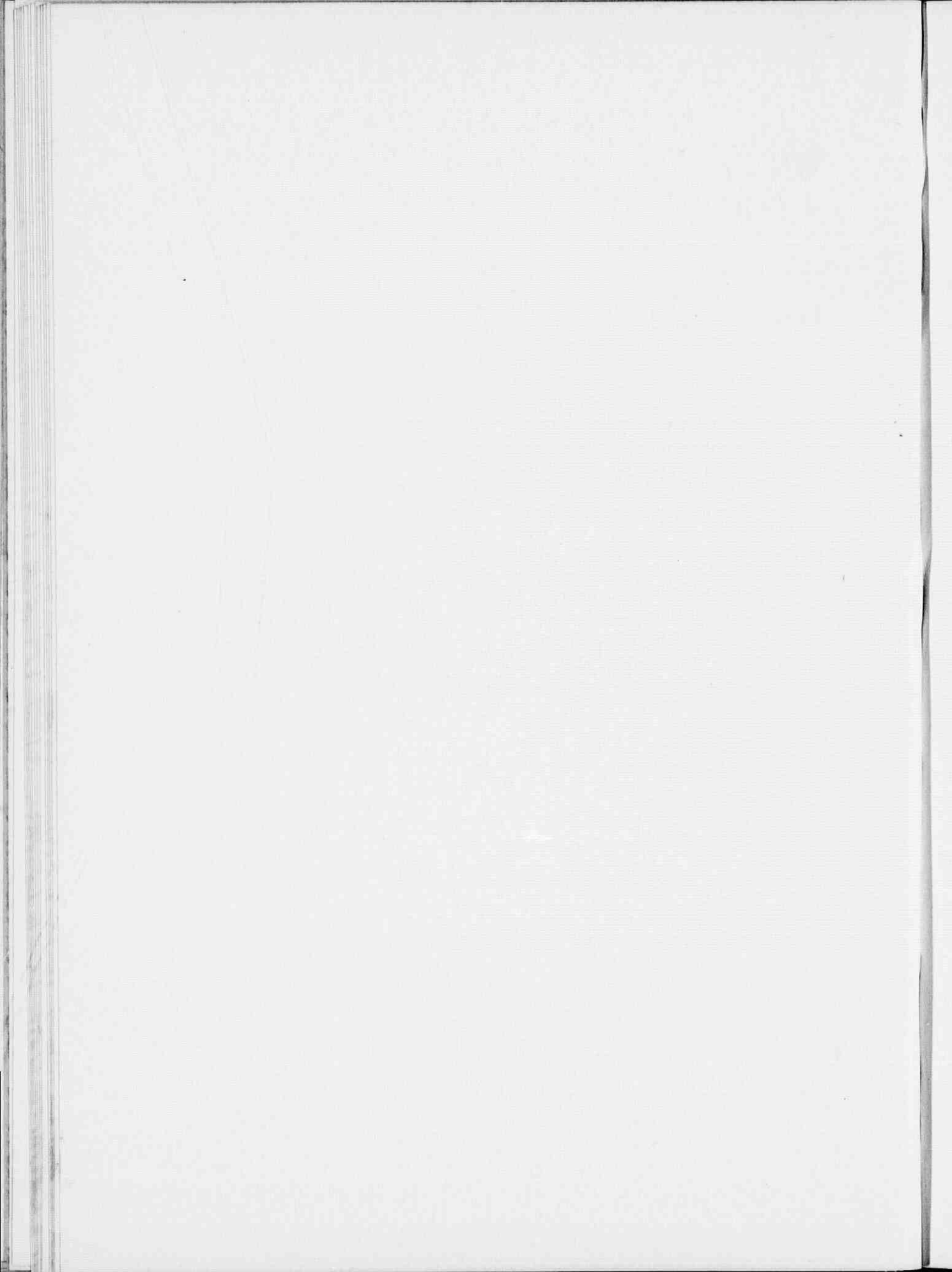
Een spoortrein, die met eene snelheid van 60 kilometers in het uur de maan zou bereiken in 38 weken, zou 266 jaar in eene rechte lijn moeten voortrijden, eer hij de hoofdplaats van ons zonnestelsel zou bereiken. Waren wij op eenen kanonskegel gezeten, die zich met eene snelheid van 500 meters in de secunde voortbewoog, dan zouden wij op den negenden dag onzer reis op de maan aankomen, doch eerst na negen jaren de zon bereiken. Maar ook dit duurt ons nog te lang. Laat ons voortvliegen, door eenen lichtstraal gedragen: in $1\frac{1}{3}$ secunde bereiken wij de maan, in acht minuten komen wij op de zon aan. — Welnu, begeven wij ons op reis en stappen wij op de zon af.

Fig. 96. — Afsand van de zon tot de aarde.



DERDE BOEK.

D E Z O N.





DERDE BOEK.
D E Z O N.

EERSTE HOOFDSTUK.

De zon, vorstin van het zonnestelsel.

Afmetingen van het zonnestelsel. De harmonie der getallen.

Van de oudste tijden af is de zon als bron van licht, warmte en beweging door het menschdom geëerd en gehuldigd. De leek bewondert haar, omdat hij hare macht ondervindt; de geleerde stelt haar op prijs, omdat hij hare beteekenis en hare rol in de natuur kent; de kunstenaar heeft haar lief, omdat hij in haar het beginsel van de harmonie der natuur begroet. Zij is het hart van het planetenstelsel;

ieder harer kloppingen doet naar onze aarde, die op 148 miljoen kilometers van haar verwijderd is, naar Neptunus, die op 4400 miljoen kilometers afstand om haar heen wentelt, naar de flauw verlichte kometen, die op milliarden kilometers kunnen verwijderd zijn, de levenskracht stroomen, die voor de instandhouding dier werelden noodig is. Die kracht, welke onophoudelijk van haar uitstraalt, verspreidt zich door het heelal met eene ongelooflijke snelheid; in acht minuten doorklieft het licht de ruimte, die ons van de zon scheidt. Hoe kunnen wij ons een denkbeeld vormen van dat reusachtige lichaam, welks middellijn ruim 108 maal, welks volume 1 283 720 maal en welks massa ruim 324 000 maal grooter is dan die der aarde?

Indien wij de aarde voorstellen door eenen bol van 1 meter middellijn, dan moeten wij ons de zon denken als eenen bol met eene middellijn van 108 meters. Men zal zich van eenen zoodanigen bol een denkbeeld vormen, als men zich voorstelt, dat de koepel van den dom van Florence, de grootste koepel der wereld, slechts eene middellijn heeft van 46 meters en die van de Pieterskerk te Rome eene middellijn heeft van 43 meters. Wij kunnen niet genoeg nadruk leggen op de beteekenis der zon en op hare meerderheid over de aarde. Wij geven daarom ook hier de teekening, die de verhouding dier beide lichamen zoo helder in het licht stelt. Wij vestigen hierbij tevens de aandacht op het korrelige van hare oppervlakte, waarop wij spoedig nader zullen terugkomen. (fig. 98).

Indien men de zon op eene der schalen eener balans zou kunnen plaatsen, dan moest men, om daarmede evenwicht te maken, op de andere schaal 324 000 planeten van de massa onzer aarde plaatsen.

De zon zetelt in het midden van het zonnestelsel en beheerscht van daar uit de planeten. In vergelijking met haar, zijn de planeten slechts kinderspeelgoed. Dit blijkt duidelijk uit de volgende tabel:

AFSTAND DER PLANETEN TOT DE ZON EN OMWENTELINGSTIJD.

Planeten.	Afstand van de zon.		Omwentelingstijd.
	De afstand van de zon tot de aarde 1 gesteld.	in miljoen-tallen kilometers.	
DE ZON	—	—	—
MERCURIUS	0.387	60	88 dagen
VENUS	0.723	104	225 „
DE AARDE (1 wachter)	1	148	365 „
MARS (2 wachters)	1.524	224	1 jaar 322 „
JUPITER (5 wachters)	5.203	768	11 „ 315 „
SATURNUS (8 wachters)	9.539	1420	29 „ 167 „
URANUS (4 wachters)	19.183	2840	84 „ 7 „
NEPTUNUS (1 wachter)	30.055	4440	164 „ 281 „

Men ziet, dat de verst verwijderde planeet van het stelsel, Neptunus, dertig maal verder van de zon verwijderd is dan de aarde, en bijna 80 maal verder dan Mercurius. Daar het licht en de warmte afnemen in de reden van de vierkanten der afstanden, ontvangt

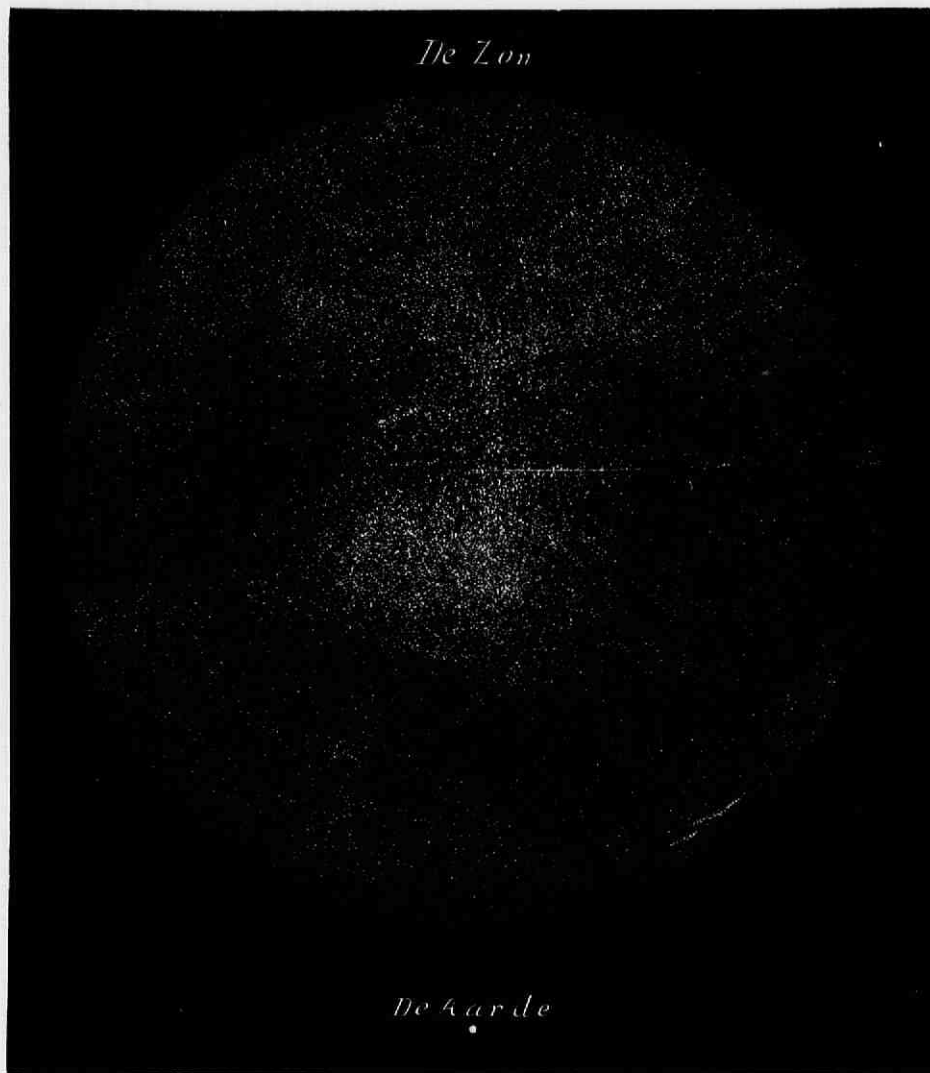


Fig. 98. — De zon en de aarde, Korrelige oppervlakte der zon.

Neptunus 6400 maal minder licht en warmte van de zon dan Mercurius. Het jaar op Neptunus is bijna 165 maal langer dan op aarde en 684 maal langer dan op Mercurius. Wij geven thans de grootte en het gewicht van de zon en de planeten, in eene afdalende reeks gerangschikt.

ONDERLINGE VERHOUDING DER GROOTTEN EN DER MASSA'S.

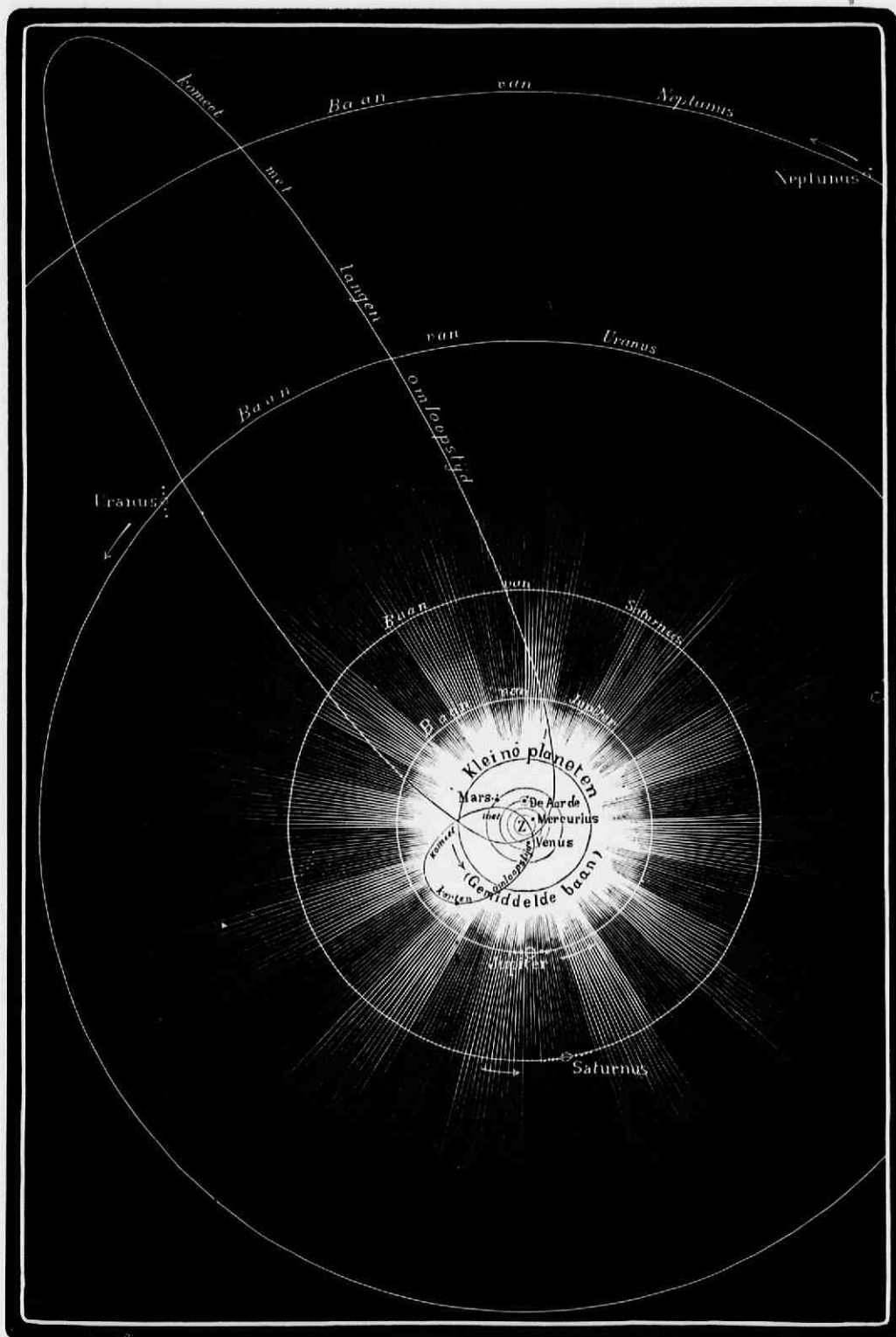
	middellijn	volume	massa
DE ZON	108,6	1283720	324439
JUPITER	11,1	1279	310
SATURNUS	9,3	719	92
NEPTUNUS	3,8	55	16,5
URANUS	4,2	69	13,5
DE AARDE	1	1	1
VENUS	1	0,98	0,79
MARS	0,53	0,15	0,11
MERCURIUS	0,37	0,05	0,06
(DE MAAN)	0,27	0,02	0,013

Men ziet, dat bijvoorbeeld Jupiter eene middellijn heeft, 11 maal grooter dan die der aarde, terwijl die van Mercurius 0,37 is. Terwijl de massa der zon 324 439 aardmassa's bedraagt, is die van Mercurius 0,06 en die van Neptunus 16 aardmassa's. Gaven wij in de eerste tabel de afstanden der planeten tot de zon, uitgedrukt in den afstand van de zon tot de aarde als eenheid, wij zullen thans die afstanden uitdrukken in zonstralen, omdat de zon het hoofdlichaam van het zonnestelsel is.

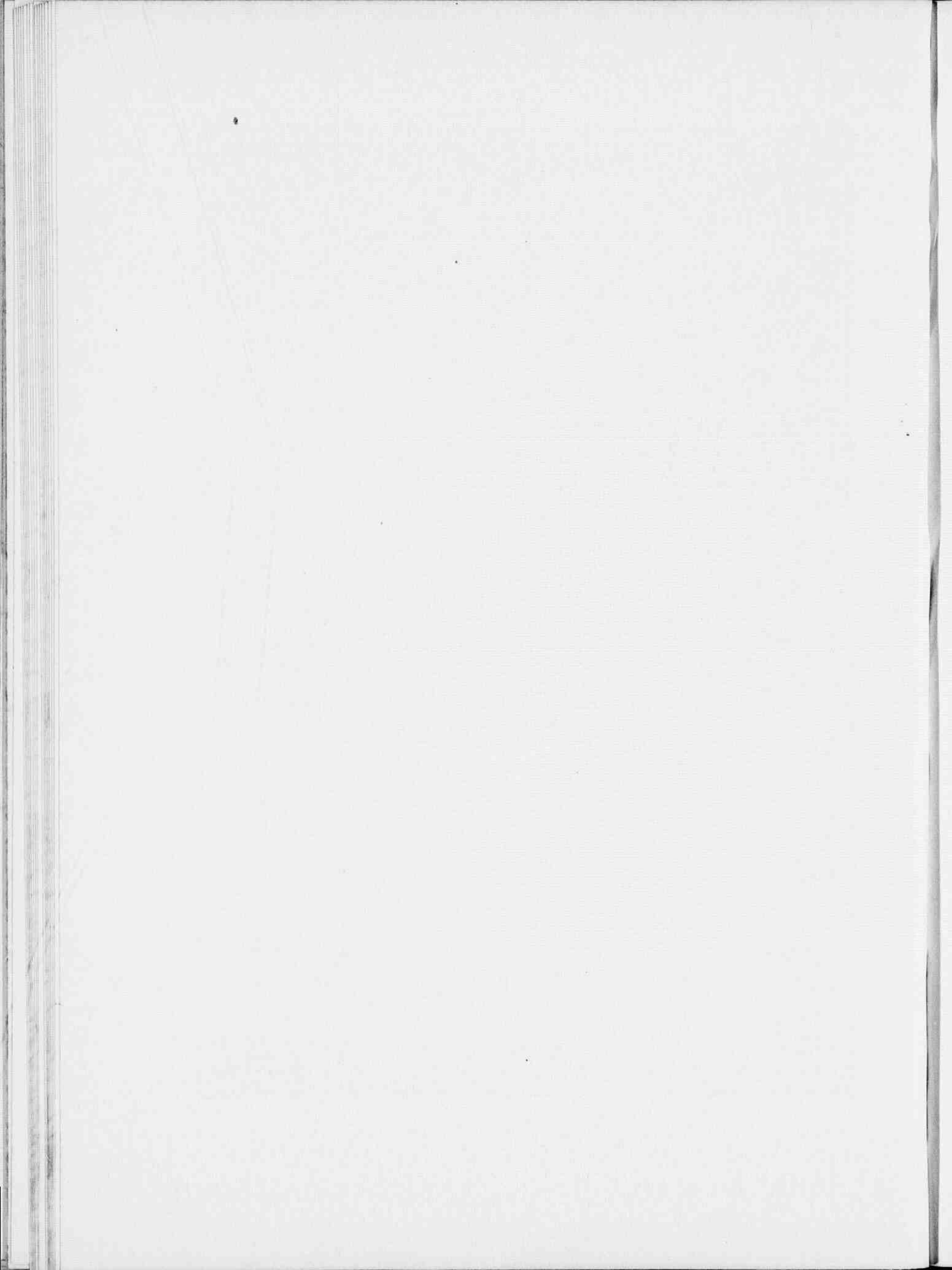
AFSTAND, MIDDELIJN EN MASSA DER PLANETEN.

	Afstand in zonstralen.	Middellijn (de middellijn der zon 1 gesteld).	Massa (de massa der zon 1 gesteld).
DE ZON	1	1	1
MERCURIUS	83	$2\frac{1}{2}$	5310000
VENUS	155	$1\frac{1}{5}$	412150
DE AARDE	214	$1\frac{1}{8}$	324439
MARS	322	$2\frac{1}{2}$	3093500
JUPITER	1116	9,7	1047
SATURNUS	2041	$11\frac{1}{4}$	3530
URANUS	4108	$2\frac{1}{4}$	24000
NEPTUNUS	6420	$2\frac{1}{5}$	19700

Uit deze tabel volgt, dat Mercurius van de zon verwijderd is op 83 zonstralen, Venus op 155 zonstralen, de aarde op 214 zonstralen; dat de middellijn van Mercurius $\frac{1}{282}$ is van die der zon, die van Jupiter $\frac{10}{97}$; dat men ruim 5 miljoen bollen als Mercurius of 324 439 bollen als de aarde zou moeten nemen, om een gewicht te verkrijgen, gelijk aan dat der zon. Jupiter weegt 310 maal meer dan de aarde, maar 1047 maal minder dan de zon. Hare middellijn is 11 maal grooter dan die der aarde, maar 9,7 maal kleiner dan die der zon. Hoewel dus Jupiter in volume en massa tusschen de aarde en de zon inligt en dus inderdaad verbazend groot is, zoo weegt toch de zon nog *zeven honderd* maal meer dan alle planeten



Het planetenstelsel (op eene schaal van 1 millimeter op 40 millioen kilometers).



te zamen. Uit de massa's en volumina kan men gemakkelijk de dichtheid der lichamen van het zonnestelsel afleiden:

VERHOUDING TUSSCHEN DE DICHTHEDEN (DE DICHTHEID DER AARDE
I GESTELD).

MERCURIUS	1,173	DE ZON	0,253
DE AARDE	1	JUPITER	0,242
VENUS	0,807	NEPTUNUS	0,300
MARS	0,711	URANUS	0,195
DE MAAN	0,615	SATURNUS	0,128

Men ziet hieruit, dat de dichtheid van Mercurius het grootst en die van Saturnus het kleinst is.

Wij hebben in geene enkele dezer tabellen rekening gehouden met de kleine planeten, tusschen de banen van Mars en Jupiter gelegen. Wij komen op die opmerkelijke lichamen, waarvan enkele slechts eenige kilometers middellijn hebben, en waarvan er thans (October 1898) bijna 440 bekend zijn, in een afzonderlijk hoofdstuk terug.

Onze lezers kunnen de afstanden der verschillende lichamen van het zonnestelsel nog beter beoordeelen uit nevensgaande teekening, (fig. 99) waarop de loopbanen der planeten geteekend zijn op eene schaal van 1 millimeter op 40 millioen kilometers. Op den derden cirkel zijn *wij* geplaatst. Vreemde gewaarwording. Op dat kleine punt worden alle sociale, godsdienstige en politieke vraagstukken van aarde en maan behandeld en beslist! . . .

Men kan uit die teekening geene regelmaat in de afstanden bespeuren. Terwijl de onderlinge afstand der planeten in het algemeen hoe langer zoo meer toeneemt, is dit met Uranus en Neptunus niet het geval. Neptunus is even ver van Uranus verwijderd als Uranus van Saturnus. De astronoom Titius had in de vorige eeuw opgemerkt, en Bode heeft deze opmerking gepubliceerd (waarom zij ook de wet van Bode genoemd wordt), dat men de afstanden der planeten tot de zon door eene eenvoudige reeks kan voorstellen. Wij schrijven daartoe de getallen:

3, 6, 12, 24, 48, 96.

welke eene meetkundige reeks vormen. Wij voegen dan daaraan toe als eersten term *nul* en tellen bij iederen term 4 op, dan krijgen wij de volgende reeks van getallen:

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100.

Het blijkt nu, dat als men den afstand van de zon tot de aarde 10 stelt, de afstanden der overige planeten ongeveer met die getallen overeenkomen, zooals uit de volgende opgave volgt:

Mercurius,	Venus,	Aarde,	Mars,	Kleine planeten,	Jupiter,	Saturnus.
3,9	7,2	10	15,2	20—35	52	95

De planeet Uranus, eerst na dien tijd ontdekt, ligt op eenen afstand 192, welk getal weinig verschilt van 196, dat wij als volgenden term der reeks zouden gevonden hebben ($2 \times 96 + 4 = 196$). Maar Neptunus, die op eenen afstand van $2 \times 192 + 4 = 388$ zou moeten liggen, is slechts op eenen afstand van 300 van de zon verwijderd en dus veel te dicht bijgelegen. Men ziet dus, dat de wet van Bode slechts een spel van het toeval is en geene werkelijke wet.

De aantrekkingskracht der zon is oorzaak, dat alle planeten om haar heenwentelen. Zij draaien alle met eene verbazende snelheid rond. Hoe dichter zij bij de zon gelegen zijn, des te sneller volbrengen zij haren loop. Wij hebben reeds vroeger bij de maan gezien, dat de snelheid der planeten in hare baan ze juist zooveel van de zon verwijderd, als zij door haar worden aangetrokken, waardoor zij op denzelfden afstand van de zon verwijderd blijven.

Toen wij over de beweging der maan om de aarde en over de onderzoekingen van Newton omtrent de oorzaak van de beweging der hemellichamen handelden, merkten wij reeds op, dat de aantrekkende kracht afneemt in de reden van de vierkanten der afstanden. Op eenen twee maal grooteren afstand is die kracht vier maal minder, op eenen drie maal grooteren afstand negen maal minder enz. Het is dus gemakkelijk, na te gaan, hoe groot de aantrekkende kracht der zon is op den afstand van ieder der planeten, en daaruit af te leiden den weg, dien ieder der planeten in de eerste secunde naar de zon zou afleggen, indien zij in hare beweging om de zon gestuit werden.

VALRUIMTE IN DE 1^{ste} SECUNDE.

Op de oppervlakte der ZON	134	meters.
Op den afstand van MERCURIUS	0,0196	„
„ „ „ „ VENUS	0,0056	„
„ „ „ „ DE AARDE	0,0029	„
„ „ „ „ MARS	0,0013	„
„ „ „ „ JUPITER	0,0001	„
„ „ „ „ SATURNUS	0,000032	„
„ „ „ „ URANUS	0,000008	„
„ „ „ „ NEPTUNUS	0,000003	„

De snelheid, waarmede de planeten naar de zon zouden vallen, wordt tijdens den val hoe langer hoe grooter; zij zouden op het oogenblik, dat zij op de zon neerkwamen, eene snelheid gekregen hebben van 600 kilometers! En toch zou de aarde in de eerste secunde

slechts 2,9 millimeters, Jupiter $\frac{1}{10}$ millimeter en Neptunus $\frac{3}{1000}$ millimeter afleggen! De tijd, waarin ieder der planeten op de zon zoude neerkomen, bedraagt voor:

MERCURIUS . . .	15,55 dagen.	JUPITER . . .	765,89 dagen.
VENUS . . .	39,73 „	SATURNUS . . .	1902,03 „
DE AARDE . . .	64,57 „	URANUS . . .	5424,57 „
MARS . . .	121,44 „	NEPTUNUS . . .	10628,73 „

De snelheid van de aarde om de zon bedraagt 29 kilometers in de secunde, die van de maan om de aarde 1 kilometer. De snelheid is voor:

MERCURIUS	47 kilometers in de secunde of 4 048 000 kilometers per dag.		
VENUS	35 „ „ „ „	3 000 000	„ „
DE AARDE	29 „ „ „ „	2 544 000	„ „
MARS	24 „ „ „ „	2 072 000	„ „
JUPITER	13 „ „ „ „	1 115 000	„ „
SATURNUS	10 „ „ „ „	820 800	„ „
URANUS	7 „ „ „ „	578 800	„ „
NEPTUNUS	5 „ „ „ „	464 000	„ „

De aarde beweegt zich dus om de zon met eene snelheid, die 75 maal grooter is dan die van eenen kanonskogel, die den loop verlaat met eene snelheid van 400 meters. De snelheid van Mercurius is nog $1\frac{1}{2}$ maal grooter dan die der aarde. De snelheid der planeten is zoo verbazend groot, dat indien twee planeten elkander in haren loop zouden ontmoeten, zij niet alleen door den schok zouden verbrijzeld worden, maar door de omzetting der beweging in warmte zulk eene temperatuursverhooging zouden ondergaan, dat water, planten, levende wezens, gesteenten, in één woord alles, tot damp zoude overgaan en eene nevelvlek zoude vormen.

Tengevolge van hare verschillende snelheden veranderen de planeten ieder oogenblik in stand ten opzichte van elkander.

Wij hebben reeds vroeger gezien (blz. 20), dat de aarde eene ellips om de zon beschrijft, en tevens hebben wij duidelijk gemaakt, hoe Newton uit de beweging der maan de wetten van de aantrekkingskracht der stof heeft afgeleid. Wij kunnen, toegerust met de opgedane kennis, thans de drie wetten leeren kennen, die de beweging der planeten bepalen. Zij zijn de volgende:

I. *De planeten bewegen zich om de zon in ellipsen, waarvan de zon een der brandpunten inneemt.*

II. *De oppervlakken der sectoren, door de voerstralen doorloopen, zijn evenredig met de tijden, waarin zij doorloopen worden.*

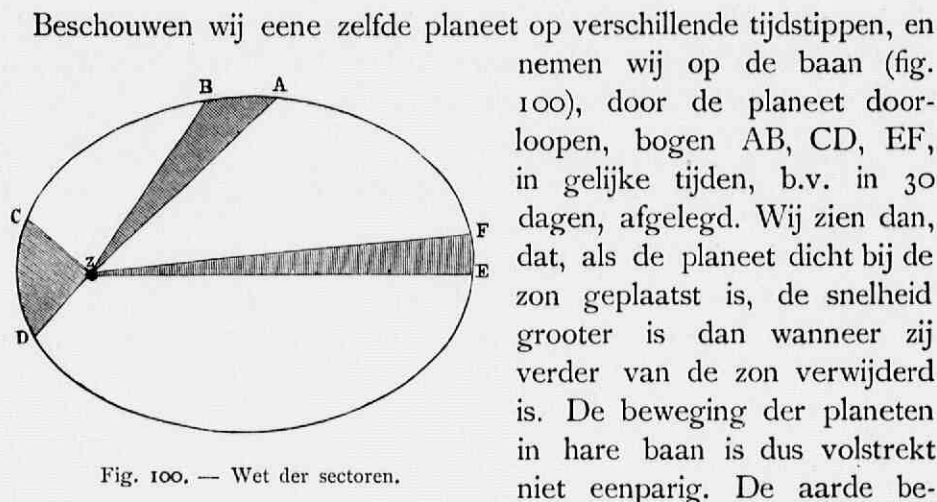


Fig. 100. — Wet der sectoren.

Beschouwen wij eene zelfde planeet op verschillende tijdstippen, en nemen wij op de baan (fig. 100), door de planeet doorloopen, bogen AB, CD, EF, in gelijke tijden, b.v. in 30 dagen, afgelegd. Wij zien dan, dat, als de planeet dicht bij de zon geplaatst is, de snelheid grooter is dan wanneer zij verder van de zon verwijderd is. De beweging der planeten in hare baan is dus volstrekt niet eenparig. De aarde beweegt zich het snelst in Januari, als zij in het perihelium geplaatst is, het langzaamst in Juli, als zij in het aphelium is gekomen. De in denzelfden tijd doorloopen bogen zijn kleiner, naarmate de planeet verder verwijderd is. Maar de oppervlakte der sectoren, gevormd door de lijnen, die uit de zon naar de uiteinden der in gelijke tijden doorloopen bogen getrokken zijn, zijn onderling gelijk. De aarde heeft dus evenveel tijd nodig, om van E naar F te gaan, als van C naar D, hoewel de eerste boog veel kleiner is dan de tweede. Men noemt de lijnen ZD, ZF, ZA, uit de zon naar de planeet getrokken, *voerstralen*. De oppervlakken der sectoren, door die voerstralen doorloopen, zijn evenredig met de tijden, waarin zij doorloopen zijn; in den dubbelen tijd zijn de oppervlakken der sectoren twee maal grooter.

III. *De tweede machten van de omloopstijden zijn evenredig met de derde machten der afstanden.* (1).

De omloopstijden der planeten worden grooter, naarmate de afstanden tot de zon toenemen; de omloopstijden groeien echter sneller aan dan de afstanden.

Neptunus b.v. is 30 maal verder van de zon verwijderd dan de aarde.

(1) De tweede macht of het vierkant van een getal is hetzelfde als een getal met zichzelf vermenigvuldigd. De tweede macht van 3 is 3×3 of 9; van 4 is de tweede macht 4×4 of 16. De tweede macht van 3 wordt geschreven: 3^2 . De derde macht of de cubus van een getal is hetzelfde als een getal tweemaal met zichzelf vermenigvuldigd. De derde macht van 3 is $3 \times 3 \times 3$ of 27; van 4 is de derde macht $4 \times 4 \times 4$ of 64. De derde macht van 4 wordt geschreven: 4^3 .

Zelfs onder het ontwikkelde publiek worden er velen gevonden, die eenen zekeren angst voor de wiskunde koesteren, en toch is die wetenschap zoo eenvoudig en helder.

De derde macht van 30 is $30 \times 30 \times 30 = 27000$. Nu is 27000 de tweede macht van 165. De omlooptijd van Neptunus is dus 165 maal grooter dan die der aarde. Wij zien dus, dat een 165 maal grootere omlooptijd overeenkomt met eenen 30 maal grooteren afstand.

De verhouding der omlooptijden van de aarde en van Mars is als 365,2564 : 686,9796 en de verhouding der afstanden tot de zon als 100 000 : 153 369. Nu is :

$$\frac{(365,2564)^2}{(686,9796)^2} = \frac{(100000)^3}{(153369)^3}$$

De drie genoemde wetten, door Keppler ontdekt, zijn een noodzakelijk uitvloeisel van de wet, door Newton gevonden :

De stoffen trekken elkander aan met eene kracht, evenredig met het product der aantrekkende massa's, en omgekeerd evenredig met de tweede macht van haren afstand.

Fig. 101 zal ons duidelijk maken, hoe eene kracht afneemt in de

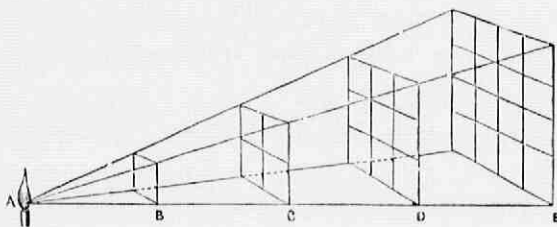


Fig. 101. — Vermindering der kracht in de reden van het vierkant van den afstand.

reden van het vierkant van den afstand. Zij A eene kaars, en zijn B, C, D, E schermen, op afstanden van 1, 2, 3, 4 decimeters van A verwijderd, dan ziet men, dat het licht op den dubbelen afstand zich over eene vier maal grootere oppervlakte verspreid heeft, op eenen drie maal grooteren afstand over eene negen maal grootere oppervlakte, op eenen vier maal grooteren afstand over eene zestien maal grootere oppervlakte.

Wat het *wezen* dier aantrekkingskracht van de stof is, weten wij niet. Wij kennen alleen hare uitwerking. Die aantrekkingskracht is niet de *oorzaak* der beweging; zij *regelt* die alleen. Oorspronkelijk toch moeten de planeten reeds eene beweging bezeten hebben, anders zouden zij door de aantrekkingskracht naar de zon gevallen zijn.

De geheele beweging kan tot twee bewegingen worden teruggebracht.

De ééne dier bewegingen is het gevolg der zwaartekracht of aantrekkingskracht; deze is de neiging, die de lichamen hebben, om zich naar

elkander toe te bewegen; het is dezelfde kracht, die de lichamen op de oppervlakte der aarde doet vallen, welke, als zij *alleen* werkte, de maan op de aarde, en maan en aarde samen op de zon zoude doen neerkomen.

Maar die aantrekkingskracht is niet de eenige factor, die de beweging der planeten bepaalt; zij hebben nog eene tweede beweging, en wel door de oorspronkelijke snelheid, aan de planeten medegedeeld, toen zij van de nevellek werden losgerukt. Uit die twee bewegingen heeft Newton de werkelijke beweging afgeleid en bewezen, dat deze overeenkomt met die, welke Kepler door waarneming heeft gevonden.

Dit zijn de wetten, die de beweging der planeten bepalen. Wel moet men met eenige aandacht de redeneering volgen, maar zij is noch duister noch dubbelzinnig. Men hoort dikwijls beweren, dat de mathematische werken lang niet de helderheid en sierlijkheid der zuiver litterarische geschriften bezitten; doch inderdaad is niets sierlijker dan een streng mathematisch betoog. Het is niet moeilijk, bij de beste dichters dwaasheden te vinden, die men in de geschriften van werkelijk bekwame wiskundigen nooit vinden zal.

Wij hebben de beweging der planeten om de zon en die der wachters om de planeten besproken; maar het zonnestelsel bevat nog andere lichamen, die zich ook volgens de voorgaande wetten bewegen, en waarvan sommige zeer gerekte banen beschrijven, wier aphelium buiten de loopbaan van Neptunus gelegen is: wij bedoelen de kometen. De komeet van Halley kan zich zelfs 35 maal verder dan de aarde van de zon verwijderen. (Neptunus ligt, zooals wij zagen, 30 maal verder van de zon af dan de aarde); de kometen van 1532, 1661, 1862 bewegen zich, evenals de zwerm van vallende sterren van 10 Augustus, tot op eenen afstand van bijna 7 milliard kilometers, en op dien onmetelijken afstand, dien het geluid eerst in 668 jaren zou doorloopen, gehoorzamen zij nog aan de stem der zon, en keeren zij weder terug tot de haar roepende vorstin, om wie zij hare wenteling volbrengen. Ook daar liggen nog niet de grenzen harer aantrekkende werking. Hare kracht strekt zich uit tot op eenen oneindigen afstand, en nooit geeft zij hare macht prijs, tenzij het lichaam op zijnen weg eenen anderen gebiedster ontmoet, die niet op milliarden, maar op duizenden van milliarden kilometers afstand zetelt.

Iedere vaste ster heeft haar gebied, waarin zij haren scepter zwaait; eene reeks van trawanten gehoorzamen aan hare bevelen;

slechts enkele onderdanen verlaten haren dienst, om zich aan de macht eener andere gebiedster te onderwerpen. Die ontelbare vorstinnen, die de oneindige ruimte bevolken, houden elkander in bedwang door de algemeene aantrekkingskracht der stof.

Heerlijke en aanbiddelijke harmonie der schepping! De sterren, atomen van de oneindige ruimte, bewegen zich voort onder den invloed eener zelfde kracht. De maan wentelt om de aarde, de aarde om de zon, de zon voert de planeten en hare wachters met zich mede naar het sterrenbeeld Hercules, en al die bewegingen hebben plaats volgens bepaalde wetten, in de schoonste harmonie, als de beweging van eenen wijzer van een uurwerk of als de ronde kringen, welke in de effen watervlakte gevormd worden, als een enkel punt in beweging wordt gebracht. Al kunnen wij die heerlijke harmonie niet in werkelijkheid hooren, zooals Pythagoras meende, de ooren van onzen geest vangen die reine harmonie der natuur met verrukking op.

Wanneer de klankvolle modulatiën van het orgel of de reine tonen van het lied ons een tijd lang de ketenen doen vergeten, die ons aan het stof gekluisterd houden, en ons in het rijk der idealen verplaatsen, als het «*Wilhelmus van Nassouwe*» onze soldaten in het rijk van Insulinde met nieuwen moed ten strijde doet gaan, of het «*Stabat mater*» ons tranen van weemoed uit de oogen perst, dan spreekt de trilling der lucht hare geheimzinnige taal tot ons. Als de bloemen van het grasperk hare schitterende kleurenpracht ten toon spreiden, dan is het weer de ether, welks trillingen ons netvlies treffen. In het violette licht volbrengen de etheratomen 740 biljoen trillingen in de secunde; het roode licht volbrengt in dienzelfden tijd 380 biljoen trillingen. De violette kleur is voor het licht, wat de hooge tonen voor het geluid zijn, de roode lichtstralen komen overeen met de lage tonen. Evenals een lichaam, drijvend op het water, gehoor geeft aan de golven, die het treffen, zoo trilt het etheratoom onder den invloed van het licht en de warmte, de luchtmolecule onder den invloed van het geluid, en gehoorzamen de planeten met hare wachters aan de aantrekkingskracht der stof.

Overall in de natuur heerscht de schoonste harmonie. Voor hem, die de leer der trillingen bestudeerd heeft, leveren de golvingen in eene watervlakte een treffend schouwspel op. Door het samenkomen van verschillende golfbewegingen wordt de ruimte, waar die golven elkander ontmoeten, dikwijls verdeeld in een mozaïek van rhythmische bewegingen, als het ware eene zichtbare muziek. Als men de opper-

vlakte van het kwik in trilling brengt, en dat oppervlak door eenen lichtbundel krachtig verlicht, dan kan men die harmonische trilling van het kwik op een scherm zichtbaar maken. De vorm van het vat bepaalt den vorm der voortgebrachte figuren. Op een cirkelvormig oppervlak krijgt men figuren van de gedaante van fig. 102. Als men het kwik beweegt met de punt eener naald, in eene richting, concentrisch met den omtrek van het vat, dan draaien de lichtlijnen rond en vertoonen zij de wonderlijkste combinatiën. De eenvoudigste oorzaken leveren de treffendste resultaten op. De geluidtrillingen

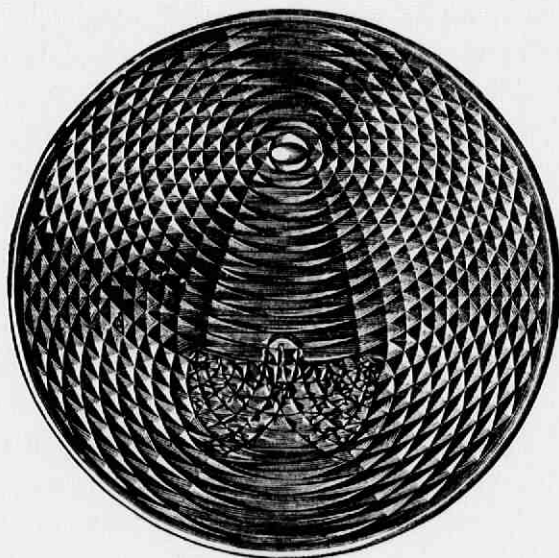


Fig. 102. — Harmonie der golvingen.

kunnen evenzoo zichtbaar gemaakt worden in figuren, die niet minder harmonie vertoonen dan de vorige.

Nemen wij, op het voorbeeld van Chladni, eene glazen plaat, of eene dunne koperplaat, die wij met fijn zand bestrooien (fig. 103). Strijken wij met eenen strijkstok het midden van ééne der zijden aan, terwijl wij met twee vingers der linkerhand de tegenovergestelde zijde aanraken, dan zullen wij het zand in trilling zien geraken, zich zien ophoopen op bepaalde plaatsen en naar gelang van de voortgebrachte tonen ééne der hier geteekende figuren voortbrengen (fig. 104). Men kan, door de hand te verplaatsen, naar willekeur andere figuren doen optreden.

De tonen van den toonladder onderscheiden zich alleen door het

aantal trillingen, die op eenvoudige wijze samenhangen. Op eene bepaalde wijze verbonden, brengen zij het groot accoord voort. De

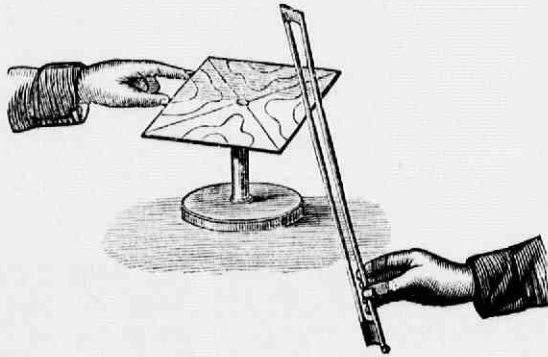


Fig. 103. — Trillende platen.

leer der harmonie is slechts eene leer van cijfers. Indien wij twee stemvorken aan het trillen brengen, waarvan de ééne horizontaal,

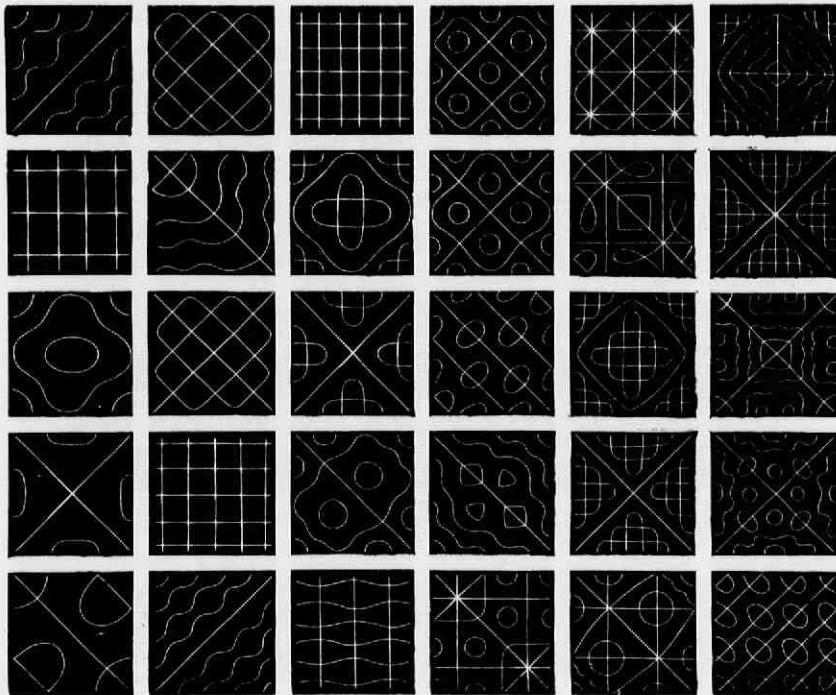


Fig. 104. — Harmonie der trillingen.

de andere vertikaal geplaatst is, terwijl beide stemvorken van een spiegeltje voorzien zijn, dan kunnen wij een lichtend punt, dat op die spiegeltjes teruggekaatst is, op een scherm projecteeren. Indien

de beide stemvorken denzelfden toon voortbrengen, dan zien wij ééne der figuren van de bovenste rij (fig. 105). De duur der trillingen verhoudt zich hierbij als 1 : 1. Als de ééne stemvork het octaaf der tweede voortbrengt, dan ontstaat ééne der figuren van de tweede rij. De trillingstijden verhouden zich dan als 1 : 2. Indien de twee stemvorken tonen voortbrengen, die zich verhouden als 1 : 3, b.v. *c* en de *g* van het volgende octaaf, dan ontstaan de figuren der derde rij. Verhouden zich de trillingen als 2 : 3, b.v. als de tonen zijn *c* en *g* van hetzelfde octaaf, dan brengen zij de figuren

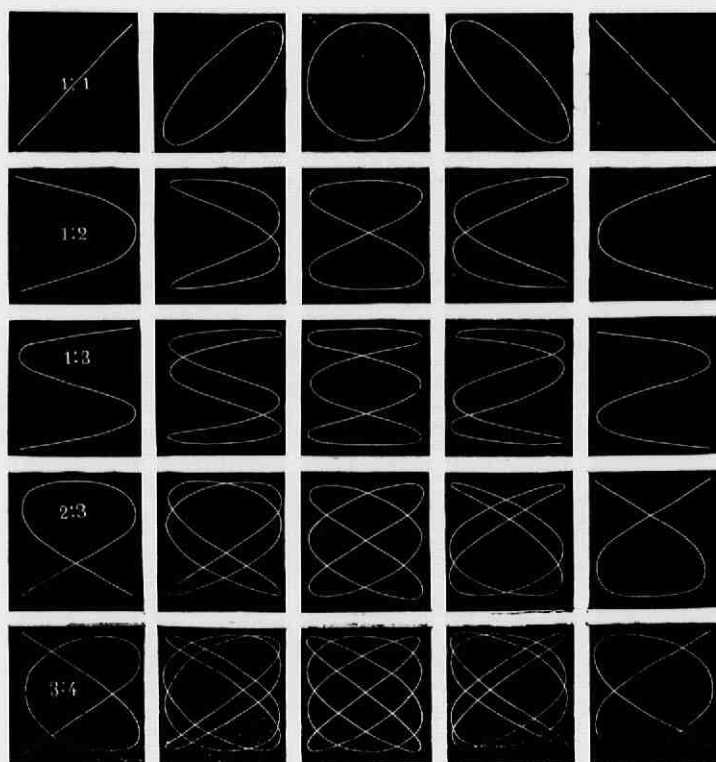


Fig. 105. — De meetkunde in de muziek.

der vierde rij voort. Als eindelijk de trillingen zich verhouden als 3 : 4, b.v. als de tonen zijn *c* en *f*, dan ontstaan de figuren der vijfde rij. De leer der muziek is slechts de leer der getallen.

De natuur openbaart echter niet alleen hare harmonie in de leer der tonen, in de schitterende kleuren van den regenboog of in den glans der ondergaande zon; op eenen somberen winterdag, als de sneeuwvlokken op de oppervlakte der aarde neervallen, openbaart zich die harmonie der natuur nog in den regelmatigigen vorm der

sneeuw. Beschouwen wij de sneeuwvlokken onder den microscoop, dan treft ons de rijke verscheidenheid dier kleine kristallen, wier symmetrische vormen getuigenis afleggen van de harmonie der schep-

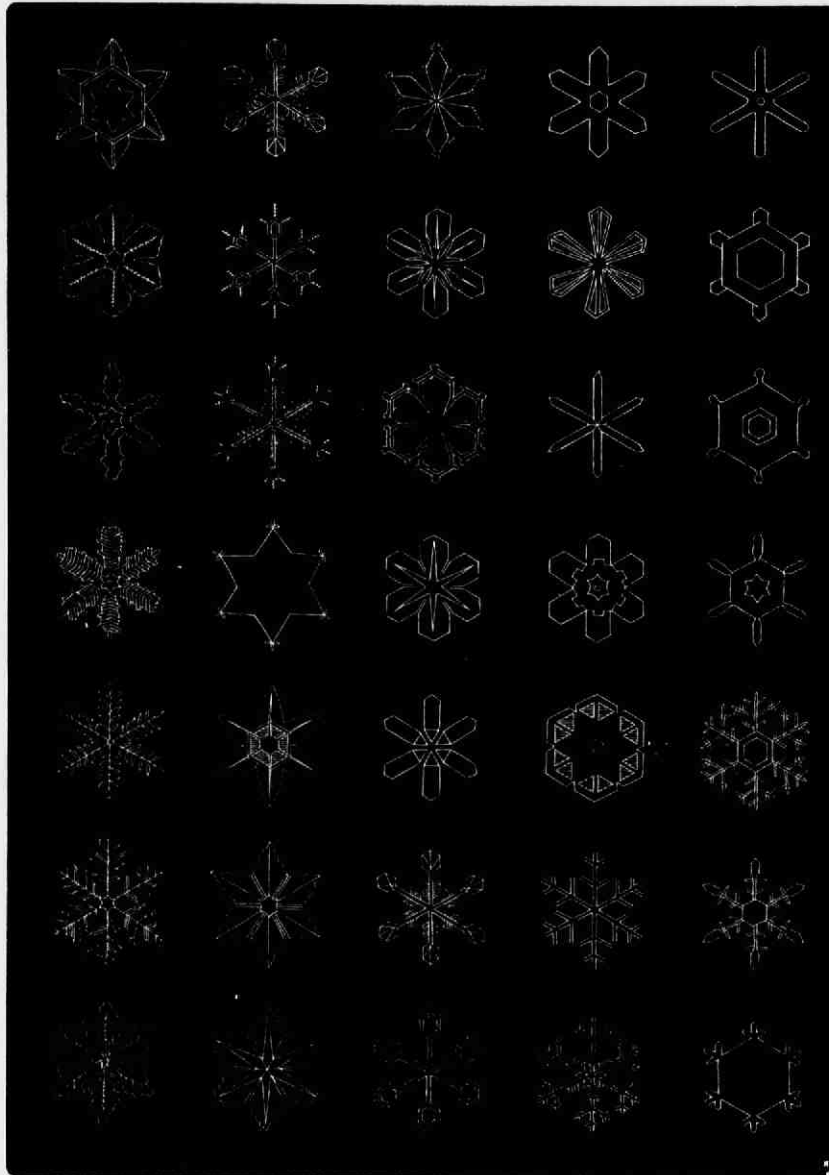


Fig. 106. — De meetkunde in de sneeuwvlokken.

ping. Reeds Pythagoras gaf aan die gedachte uitdrukking, door te zeggen: *de Godheid werkt altijd meetkundig.* (ΑΕΙ Ο ΘΕΟΣ ΓΕΩΜΕΤΡΕΙ).

TWEEDE HOOFDSTUK.

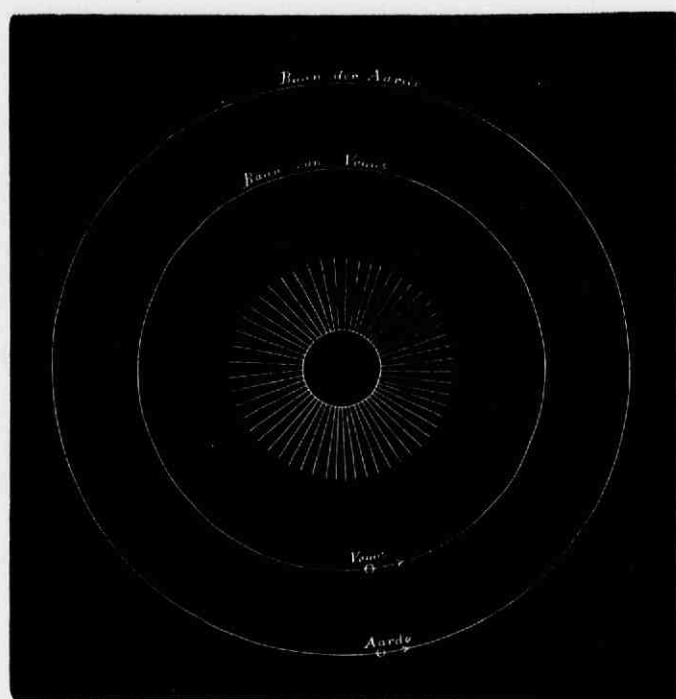
Het meten van den afstand der zon. De overgangen van Venus. Gewicht en grootte der zon.

De getallen, die wij in het vorige hoofdstuk gegeven hebben voor de grootte, de massa en den afstand der zon en voor de afmetingen van het zonnestelsel, zijn alle afgeleid uit de meting van den afstand van de zon tot de aarde. Die afstand is de maat, waarin het geheele heelal is uitgedrukt. Wel blijven de betrekkelijke afstanden dezelfde, hoe groot ook de werkelijke afstanden zijn; maar de ware afmetingen, die inderdaad van groot gewicht zijn, kunnen wij alleen kennen, als de eenheid, waarin alle maten uitgedrukt zijn, nauwkeurig is vastgesteld. Wij weten bij voorbeeld, dat de afstand tot de zon van de uiterste planeet van het zonnestelsel, Neptunus, 30 maal grooter is dan die van de aarde tot de zon; evenzoo weten wij, dat de meest nabijzijnde vaste ster minstens 275 000 maal die eenheid van ons verwijderd is, maar zoolang wij onze eenheid niet nauwkeurig hebben bepaald, kennen wij den waren afstand dier lichamen niet. Het is dus natuurlijk, dat de astronomen aan die bepaling groot gewicht hechten.

Wij hebben vroeger (blz. 108) gezien, hoe men den afstand der maan heeft bepaald. Als men diezelfde methode zou willen toepassen, om den afstand van de zon te bepalen, zoude men zijn doel niet bereiken. Die afstand is te groot. De geheele middellijn der aarde is veel te klein in vergelijking met dien afstand, om als basis van eenen driehoek te kunnen dienen.

Onderstellen wij, dat wij uit de twee uiteinden eener middellijn van de aarde twee lijnen door het middelpunt der zon trekken, dan zullen die lijnen als evenwijdig kunnen beschouwd worden, daar in vergelijking met den afstand van de zon tot de aarde, die middellijn slechts een punt zou zijn. Die afstand toch is bijna twaalf duizend maal de middellijn der aarde! Het is, alsof men eenen driehoek wilde construeeren, welks basis één millimeter en wiens opstaande zijden 12 meters lang waren. Men begrijpt, dat de beide hoeken aan de basis niet merkbaar van negentig graden zouden verschillen.

Men moest dus die moeilijkheden trachten te vermijden, hetgeen in het begin der vorige eeuw den astronoom Halley gelukt is. Deze stelde voor, de overgangen van Venus langs de zonneschijf daartoe te gebruiken. Wij zagen reeds vroeger, dat Venus dicht bij de zon gelegen is dan de aarde, en dat dus hare baan binnen de baan der aarde moet vallen. In fig. 107 zijn de beide loopbanen geteekend op eene schaal van 1 millimeter op 4 miljoen kilometers. Indien nu Venus tusschen de zon en de aarde gekomen is, zullen twee waarnemers, op de uiteinden eener zelfde middellijn der aarde geplaatst, de

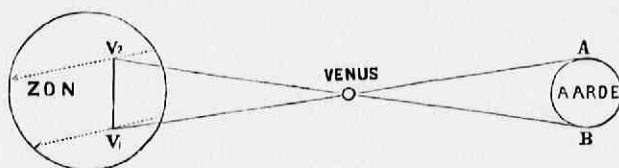


107. — Loopbanen van Venus en de aarde om de zon.

planeet niet op hetzelfde punt der zonneschijf geprojecteerd zien; het verschil in stand van Venus op de zonneschijf leidt tot de kennis van eenen hoek, die den afstand der zon bepaalt. Onderstellen wij, dat twee waarnemers op de uiteinden eener middellijn der aarde geplaatst zijn, dan zal Venus voor ieder van hen eenen verschillenden weg over de zonneschijf afleggen. Dit is een verschijnsel van perspectief. Als wij eenen van onze vingers vertikaal vóór ons houden, dan bedekt deze andere voorwerpen, wanneer wij het rechteroog sluiten, dan wanneer wij het linkeroog dicht houden. In het eerste geval bedekt de vinger voorwerpen rechts gelegen, in het tweede geval voorwerpen

links gelegen. De afstand der beide projecties hangt af van den afstand, waarop wij onzen vinger plaatsen. De afstand onzer beide netvliezen vervult hier de rol der beide waarnemingsplaatsen op aarde, de beide netvliezen zijn de beide waarnemers; onze vinger is Venus, en de beide projecties van onzen vinger stellen de beide plaatsen voor, waarop de astronomen de planeet op de zonnescijf geprojecteerd zien. Wilden wij de vergelijking nog juister maken, dan moest men in de plaats van den vinger uit te strekken, eene speld met grooten knop op eenen bepaalden afstand van het oog houden, zoodanig, dat die knop gezien werd tegen eene schijf papier, op eenige meters van ons geplaatst. Indien wij dan dien speldeknoop langs de schijf voortbewegen, dan stelt de koorde, die deze over de schijf schijnt te doorloopen, beurtelings met beide ooggen gezien, den weg voor, dien Venus voor ieder der beide waarnemers over de zon doorloopt (1).

(1) Zijn A en B twee waarnemers, op de oppervlakte der aarde zoo ver mogelijk van elkander verwijderd, dan ziet de eerste Venus in V_1 , de laatste in V_2 op de zonnescijf. Verbinden wij die twee punten door eene rechte lijn, dan stelt die lijn den afstand der beide punten op de zon voor. Indien wij dan de lijnen BV_2 en AV_1 trekken, dan ontstaan twee driehoeken, waarvan de eene zijne basis op de zon heeft en zijnen top in Venus. De tweede driehoek heeft eveneens Venus tot top en tot basis de lijn AB.



Van den laatsten driehoek is AB gegeven. Deze stelt den afstand der beide waarnemers op aarde voor en is bekend, omdat men alle afmetingen op aarde nauwkeurig bepaald heeft. Bovendien kan men uit de derde wet van Keppler afleiden, dat de afstand van Venus tot de aarde $\frac{37}{100}$ is van den afstand van Venus tot de zon, en dat dus AB $\frac{37}{100}$ is van V_1V_2 . Wij kennen dus de lengte V_1V_2 . Indien wij dan tevens weten, hoe groot de hoek is, waaronder wij van uit Venus de lijn V_1V_2 zien, dan kan daaruit de afstand van Venus tot de zon gemakkelijk worden afgeleid. De derde wet van Keppler geeft ons dan tevens den afstand van de aarde tot de zon.

Door waarneming heeft men gevonden, dat de hoek, waaronder men van Venus de lijn V_1V_2 ziet, $48''$ bedraagt. Hieruit volgt, dat de hoek, waaronder men van Venus de middellijn der aarde zou zien, eveneens $48''$ bedraagt, en dat dus de hoek, waaronder die middellijn van uit de zon zou gezien worden, $0,37 \times 48''$ of $17,76''$ is. Daar een voorwerp van een zekere lengte, op eenen afstand van 206265 maal die lengte, gezien wordt onder eenen hoek van $1''$, zoo is de zon $\frac{206265}{17,76}$ of 11614 maal de middellijn der aarde. Met andere woorden: de zon is op 23228 aardstralen van ons verwijderd.

Men noemt: de *parallaxis der zon*, den hoek waaronder men van de zon den straal der aarde zoude zien. De parallaxis der zon is dus $\frac{1}{2} \times 17,76''$ of $8,88''$.

Halley kwam reeds in 1678 op 22 jarigen leeftijd op het denkbeeld, om langs dien weg den afstand van de zon tot de aarde te bepalen. Opmerkelijk is het, dat hij wist, dat zijne methode eerst eene eeuw later, in 1761, voor het eerst zou kunnen worden toegepast.

De overgangen van Venus hebben slechts zelden plaats. Zij treden steeds paarsgewijze op met eene tusschenruimte van acht jaren, om zich dan eerst te herhalen na $113\frac{1}{2} + 8$ of $113\frac{1}{2} - 8$ jaren. De eerste overgang na de uitvinding der kijkers had plaats in December 1631, de volgende weder acht jaren later, in December 1639. Daarop is die van Juni 1761 gevolgd, d. i. $113\frac{1}{2} + 8$ jaren later; toen kwam die van Juni 1769. Na $113\frac{1}{2} - 8$ jaren, in December 1874, werd de volgende waargenomen en 8 jaren later, in December 1882, de laatste. Er zal nu geen overgang plaats vinden vóór Juni 2004 (na $113\frac{1}{2} + 8$ jaren), die gevolgd zal worden door dien van Juni 2012. De overgangen hebben alleen plaats in Juni en in December, omdat alleen dan de aarde in of in de nabijheid van een der beide snijpunten van de aardbaan met de baan van Venus gekomen is, zoodat Venus dan in eene

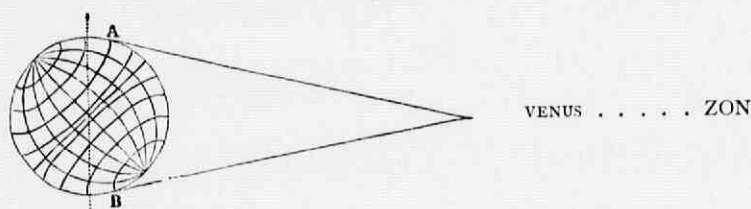


Fig. 109. — Helling der aarde bij de overgangen van Venus langs de zonnescijf.

rechte lijn met de zon en de aarde kan staan. Niet altijd echter hebben de overgangen op dezelfde datums plaats, omdat Venus ook langs de zonnescijf kan heengaan, als zij niet juist in een der beide snijpunten van hare baan met die der aarde gelegen is. Op die datums is de helling der aardas met betrekking tot de lijn van de zon naar de aarde getrokken zeer groot, waaruit volgt, dat twee waarnemers A en B het verschijnsel kunnen waarnemen van uit twee tegenovergestelde meridianen (fig. 109) met de pool tusschen beiden in gelegen.

Wij geven hier alle overgangen, sedert de uitvinding der kijkers tot aan het einde der dertigste eeuw. De astronomen zijn dus op het verschijnsel voldoende voorbereid. De sterrenkunde is trouwens de eenige wetenschap, die even nauwkeurig de toekomst kent als het verledene.

OVERGANGEN VAN VENUS, VAN DE 17^{de} TOT DE 30^{ste} EEUW.

	Jaar.	Datum.	Duur.
	1631	6 December	3 ^u 10 ^m
235 jaren	1639	4 „	6 ^u 34 ^m
	1761	5 Juni	6 ^u 16 ^m
235 jaren	1769	3 „	4 ^u 0 ^m
	1874	8 December	4 ^u 11 ^m
235 jaren	1882	6 „	5 ^u 57 ^m
	2004	7 Juni	5 ^u 30 ^m
235 jaren	2012	5 „	6 ^u 42 ^m
	2117	10 December	4 ^u 46 ^m
235 jaren	2125	8 „	5 ^u 37 ^m
	2247	11 Juni	4 ^u 16 ^m
235 jaren	2255	8 „	7 ^u 12 ^m
	2360	12 December	5 ^u 25 ^m
235 jaren	2368	10 „	4 ^u 59 ^m
	2490	12 Juni	2 ^u 4 ^m
235 jaren	2498	9 „	7 ^u 33 ^m
	2603	15 December	5 ^u 53 ^m
235 jaren	2611	13 „	4 ^u 30 ^m
	2733	15 Juni	kort.
235 jaren	2741	12 „	7 ^u 46 ^m
	2846	16 December	6 ^u 14 ^m
235 jaren	2854	14 „	3 ^u 48 ^m
	2976	17 Juni	zeer kort
	2984	14 „	7 ^u 52 ^m

Van den overgang op 9 December 1882 was in Nederland het begin zichtbaar.

De omstandigheden, waaronder de overgangen van 7 Juni 2004 en 5 Juni 2012 zullen plaats vinden, zijn reeds nu besproken en overwogen. Men zou zelfs kunnen zeggen, dat de verschillende expedities gereed staan om te vertrekken, en dat alleen nog de namen der astronomen moeten worden ingevuld.

De overgang van 1874 is de eerste, die door middel van de hulpmiddelen der moderne wetenschap kon worden waargenomen. Van daar dan ook, dat reeds jaren te voren alles in gereedheid

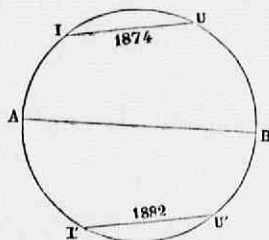


Fig. 110. — De overgangen van Venus in onze eeuw.

gebracht was, om het verschijnsel zoo goed mogelijk waar te nemen. Frankrijk zond zes expedities uit, en wel naar Nagasaki, Peking, Saïgon, Noumea, het eiland St. Paul en het eiland Campbell. Engeland zond waarnemers naar Indië, Egypte, Perzië, Syrië, China, Japan, de Kaap de Goede Hoop, Tasmania, Java en de Sandwicheilanden. De Amerikaansche expedities waren verdeeld over Siberië, China, Japan, Nieuw-Zeeland, de eilanden Kerguelen, Chatham en Tasmania. Italië zond eene expeditie naar Bengalen. De Duitschers deden hunne waarnemingen in Perzië, Egypte, China,

Nieuw-Zeeland, de Aucklandeilanden, Kerguelen en Mauritius. De Russen hadden stations opgericht over de geheele lengte van hun uitgestrekt gebied tot aan de Behringstraat. Nederland zond eene expeditie naar Reunion.

Men had vooruit berekend, op welke plaatsen de waarnemingen konden gedaan worden. In westelijk Europa kon het verschijnsel in het geheel niet worden waargenomen, daar de overgang gedurende den nacht plaats vond. Ditzelfde was in Amerika het geval.

In 1882 werden de waarnemingen herhaald, hoewel niet op zoo groote schaal. Uit Nederland werd geene expeditie uitgezonden, doch aan de officieren van een te Curaçao gestationeerd oorlogsschip werd

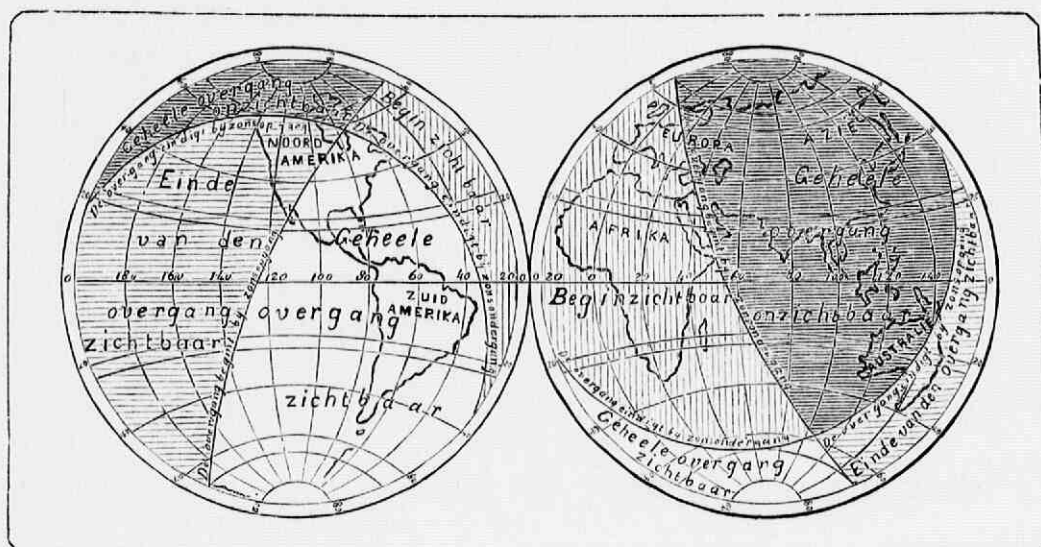


Fig. 111. — Kaart van den overgang van Venus op 6 December 1882.

opgedragen, de noodige observaties te doen. Fig. 111 is eene kaart van den overgang, zooals hij toen plaats vond.

Niet alle expedities zijn door het weder begunstigd; een tal van astronomen zijn in hun vaderland teruggekeerd zonder de zon te hebben gezien, daar zij door regenwolken bedekt was; andere meer begunstigde waarnemers daarentegen zijn teruggekeerd met eene rijke verzameling van metingen en photographieën. Bekend is het, hoe Venus met hen, die de overgangen in de vorige eeuw zouden waarnemen, den spot gedreven heeft. Le Gentil kon er van medespreken. Deze vertrok uit Frankrijk in 1760, om den overgang van 1761 waar te nemen; de oorlog tusschen de Engelschen en Franschen in Indië belette hem echter aan wal te gaan, hij betrad Pondichéry eerst,

nadat het verschijnsel had plaats gegrepen. Blakend van ijver voor de sterrenkunde, neemt hij het manmoedig besluit, om acht jaren te Pondichéry te verblijven, ten einde den volgenden overgang in 1769 waar te nemen! . . . Daar in Juni in die streken de lucht bijna altijd helder is, twijfelt hij niet aan den gunstigen uitslag; hij bouwt daarom een observatorium, leert de taal van het land en schaft zich prachtige instrumenten aan. Eindelijk breekt het lang verwachte jaar aan. Gedurende de maand Mei is het weder prachtig, in de eerste dagen van Juni schijnt de zon met ongekenen luister. Ook op den morgen van den overgang is de lucht helder . . . Doch zie, daar betreft de lucht, op het oogenblik van het uittreden van Venus is de zon bedekt, en . . . enkele minuten na haar uittreden schittert de zon weer in vernieuwden glans, en blijft zij dagen achtereen onbedekt! Daar hij den volgenden overgang (1874) niet kan afwachten, besluit de ongelukkige geleerde, naar Frankrijk terug te keeren; op reis lijdt hij tweemaal schipbreuk; eindelijk komt hij in zijn vaderland terug; daar blijkt het, dat men hem reeds lang dood gewaand had, en in de Academie van wetenschappen eenen opvolger voor hem had gekozen; zelfs hadden zijne erfgenamen zijne bezittingen reeds verdeeld, en kon hij zijn vermogen niet meer terug krijgen. Het is niet te verwonderen, dat hij spoedig daarna van verdriet stierf!

De laatste overgangen hebben geleerd, dat de straal der aarde van de zon uit gezien wordt onder eenen hoek, gelegen tusschen 8,80" en 8,86". Dit is dus de parallaxis der zon.

Men kan den afstand der zon bepalen langs verschillende wegen, die geheel van elkander onafhankelijk zijn, en de uitkomsten der verschillende methodes met elkander vergelijken. Wij zullen de voornaamste dier methodes bespreken.

Men weet, dat het licht eenen zekeren tijd behoeft, om zich voort te planten, en dat het van 30 tot 40 minuten noodig heeft, om van Jupiter de aarde te bereiken. Die duur hangt af van den afstand van Jupiter tot de aarde. Bij het waarnemen van de verduisteringen van Jupiter vindt men, dat naarmate de aarde zich verder van Jupiter verwijderd, elke volgende verduistering later wordt waargenomen, omdat het licht telkens grootere afstanden moet afleggen. Zoo is er ruim zestien minuten tijdsverschil tusschen de tijdstippen, waarop die verduisteringen worden waargenomen, als Jupiter in de richting van de zon staat, en die, waarop zij aan de tegengestelde zijde geplaatst

is. Het licht heeft dus ruim zestien minuten noodig, om de middellijn der aardbaan te doorloopen, en dus ruim 8 minuten of 496 secunden om van de zon de aarde te bereiken. Daar nu uit de proeven van Foucault, Fizeau en Cornu gebleken is, dat de snelheid van het licht ongeveer 300 000 kilometers is, zoo volgt hieruit, dat de afstand van de zon $496 \times 300\,000$ of ruim 148 millioen kilometers bedraagt.

Eene derde methode berust eveneens op de snelheid van het licht.

Een eenvoudig voorbeeld zal die methode duidelijk maken. Onderstellen wij, dat wij onder eene verticale regenbui geplaatst zijn; blijven wij onbewegelijk staan, dan moeten wij onze parapluie vertikaal houden; als wij loopen, moeten wij haar schuin houden, en wel schuiner, naarmate wij sneller vooruitgaan. De helling der parapluie hangt af van de verhouding tusschen de snelheid van onzen gang en die van de waterdruppels. Eene zelfde redeneering geldt voor het licht. In den tijd, waarin het licht der sterren onzen kijker doorloopt, verplaatst zich de aarde door hare beweging om de zon; wij moeten dus onzen kijker doen hellen in de richting, waarin zich de aarde beweegt; uit de grootte dier helling volgt, dat de snelheid der aarde $\frac{1}{10000}$ van die van het licht is. Men kan dus uit de snelheid van het licht de snelheid der aarde vinden; deze bedraagt bijna 30 kilometers in de secunde; daaruit kunnen wij de lengte der geheele aardbaan, die in ruim 365 dagen doorloopen wordt, berekenen, waaruit de middellijn dier baan kan worden afgeleid; de helft dier middellijn stelt den afstand der zon voor. De zooeven besproken afwijking heet *de aberratie van het licht*.

Eene vierde methode berust op de beweging der maan. Deze wordt gewijzigd door de aantrekking der zon; daar die aantrekking verandert in de reden van het vierkant van den afstand, zoo moet men uit den invloed der zon op de beweging der maan haren afstand kunnen afleiden, zooals ook inderdaad Laplace en Hansen gedaan hebben.

Ook kan de afstand der zon gevonden worden uit de massa's der planeten, wier beweging bepaald wordt door de massa en den afstand der zon. De planeten oefenen storingen uit, die men door waarneming leert kennen; als men dus langs eenen weg, volkomen onafhankelijk van die storingen, de massa's der planeten bepaald heeft, dan kan men uit het bedrag der storingen de afstanden der planeten tot de zon afleiden. Deze methode is door Le Verrier toegepast.

Eene zesde methode berust op den stand van Mars of eene der kleine planeten ten opzichte van de vaste sterren, voor twee ver-

schillende waarnemers op aarde; indien wij toch van twee verschillende plaatsen, die zoover mogelijk van elkander verwijderd zijn, eene dier planeten waarnemen, dan worden zij van uit beide plaatsen aan verschillende punten van den hemel gezien. De hoekafstand dier beide punten aan den hemel hangt af van den afstand der beide plaatsen op aarde, en dien der planeet. Men heeft deze methode in 1832, 1862 en 1877 op Mars toegepast, in 1874 op Flora en in 1877 op Juno.

De verschillende methodes leiden tot resultaten, die treffend met elkander overeenstemmen. Men vindt uit :

De overgangen van Venus in 1769	eene parallaxis van 8,91"
„ „ „ „ „ 1874 (gemiddeld) „ „ „	8,85"
„ „ „ „ „ 1882	8,82"
„ verduisteringen der manen van Jupiter „ „ „	8,86"
„ snelheid van het licht	8,86"
„ aberratie van het licht	8,80"
„ beweging der maan	8,85"
„ massa's der planeten	8,86"
Den stand van Mars, Flora enz.	8,86"

Nemen wij nu aan, dat de parallaxis 8,86" de juiste is, dan is de afstand der zon 11640 maal de middellijn der aarde, of in ronde getallen : 148 millioen kilometers.

Om ons dien verbazenden afstand voor te stellen, denken wij ons eenen kanonskogel, voortgeschoten met eene snelheid van 500 meters. Indien die kogel zijne snelheid behield, zou hij eerst *na negen jaren en acht maanden* de zon bereiken.

Wij zullen zoo aanstonds zien, dat de zon de zetel is van verbazende uitbarstingen. Als de ruimte tusschen de zon en de aarde het geluid zou kunnen voortplanten met eene voortplantingssnelheid van 340 meters in de secunde, dan zou het geluid dier uitbarsting ons eerst bereiken 13 jaren en 9 maanden nadat de uitbarsting heeft plaats gevonden (1).

Een sneltrein, rijdende met eene snelheid van 60 kilometers in het uur, zou 148 millioen minuten, of 266 jaren noodig hebben, om de zon te bereiken. Op 1 Januari 1898 vertrokken, zou hij in

(1) Men hoort dikwijls beweren, dat men nooit gevaar loopt, door eenen kanonskogel getroffen te worden, als men het schot heeft hooren afgaan, omdat de snelheid van den kogel grooter is dan die van het geluid. Dit is niet juist. Bij het beleg van Parijs is het tegendeel dikwijls genoeg gebleken. Men kon het geschut te Meudon zien afgaan, men hoorde den knal en had dan nog tijd genoeg, om voorover te gaan liggen, teneinde den kogel te vermijden. De oorzaak is hierin gelegen, dat de snelheid van het geluid steeds dezelfde blijft, terwijl de kogel, die zich oorspronkelijk sneller bewoog dan het geluid, langzamer voortgaat, naarmate hij langer in beweging is, zoodat, als de afgelegde weg slechts lang genoeg is, het geluid den kogel inhaalt.

2164 op de zon aankomen. In dien tijd zouden zeven menschengeslachten van de aarde verdwenen zijn!

Men weet, dat gevoelsindrukken eenen zekeren tijd noodig hebben, om zich langs de zenuwen naar de hersenen voort te planten, waar de zetel is van het gevoel. Als wij ons aan den vinger branden, voelen wij het niet dadelijk, maar een onderdeel van eene secunde later; de voortplantingssnelheid van het gevoel wordt op 28 meters per secunde geschat. Was onze arm zóó lang, dat wij de zon konden aanraken, dan zouden wij de brandwond eerst 167 jaar later voelen. Wij zouden dus al lang dood zijn, vóórdát wij iets er van zouden voelen.

Nu wij den afstand der zon kennen, is het eenvoudig genoeg, om hare ware grootte te bepalen. Wij zagen reeds zooeven, dat de middellijn der aarde, van de zon uit gezien, 17,72" bedraagt. De middellijn der zon, van de aarde uit gezien, is 32' 4" of 1924". De verhouding der middellijnen is dus 17,72 : 1924 of 1 : 108,55. Daar de middellijn der aarde 12732 kilometers bedraagt, zoo is die der zon 1 382 000 kilometers. De omtrek der zon is dus 4 350 000 kilometers, hare oppervlakte is 12 000 maal grooter dan die der aarde en wel zes biljoen vierkante kilometers, haar volume is ruim 1 280 000 maal grooter dan dat van onze planeet en wel

1 390 050 000 000 000 000

cubieke kilometers.

Daar de middellijn der zon 1 382 000 kilometers is, is haar middelpunt 691 000 kilometers van hare oppervlakte verwijderd. De afstand van de aarde tot de maan bedraagt 384 000 kilometers. Indien men dus de aarde plaatste in het middelpunt der zon, dan zoude de maan nog binnen de zon vallen, en zelfs nog 307 000 kilometers van hare oppervlakte verwijderd zijn.

Het is moeilijk, zich eene voorstelling te maken van het verschil in volume tusschen de aarde en de zon. Een voorbeeld uit het dagelijksch leven is daarom niet overbodig. Een liter graan bevat ongeveer tien duizend korrels. Een decaliter bevat dus honderd duizend, een hectoliter millioen korrels. Indien men dus 1,3 hectoliters graan op éénen hoop werpt, en daarvan ééne korrel afneemt, dan heeft men in ronde getallen de verhouding tusschen het volume der zon en dat der aarde; wil men daarbij een denkbeeld krijgen van het werkelijke volume der zon, dan behoeft men zich slechts te denken, dat iedere graankorrel één biljoen cubieke kilometers grooter is!

Het volume van Jupiter is 1279 maal groter dan dat der aarde. Saturnus, Neptunus, Uranus zijn ook veel groter dan onze planeet. En toch, indien men alle planeten en alle wachters bijeenbracht, zou het gezamenlijke volume 600 maal kleiner zijn dan dat der zon.

Een zoodanig volume wekt terecht onze verbazing op. Doch de natuur is niet minder schoon in het oneindig kleine dan in het oneindig groote. De zon bevat niet meer cubieke kilometers dan er atomen in eenen speldeknop zijn! Het geheele lichaam van sommige infusiediertjes neemt, onder den microscoop gezien, nog niet de ruimte in tusschen twee streepjes van eenen in duizend deelen verdeelden millimeter. Een zoodanig diertje is dus kleiner dan $\frac{1}{1000}$ millimeter. Dat kleine wezen leeft, beweegt zich en heeft zenuwen en spieren. Men mag aannemen, dat de atomen zeker niet verder dan een tien millioenste van eenen millimeter van elkander verwijderd zijn. In een voorwerp van de grootte van eenen speldeknop van 2 millimeters moeten dus

8 000 000 000 000 000 000 000

atomen aanwezig zijn. Wilde men dus het aantal atomen van eenen speldeknop uittellen, dan zou men daartoe 250 *billioen* jaren noodig hebben, in de onderstelling, dat men in iedere secunde één atoom afzonderde.

De zon is niet alleen gemeten, zij is ook gewogen. Wij zullen trachten de weetgierigheid onzer lezers te bevredigen door duidelijk te maken, hoe men het gewicht der zon bepaalt.

Wij zagen reeds vroeger, dat de zwaartekracht en de aantrekkingskracht der stof identiek zijn, en dat Newton het verband tusschen die krachten heeft afgeleid uit het bedrag, dat de maan bij hare beweging om de aarde in iedere secunde naar de aarde valt. Wij vonden toen voor dat bedrag $1\frac{1}{2}$ millimeter. Daar de omtrek der aardbaan bekend is en men den tijd weet, waarin die aardbaan wordt doorloopen, zoo kan men gemakkelijk aantoonen, dat de aarde in ééne secunde 2,9 millimeters naar de zon valt. Dat bedrag zou veel groter zijn, als de aarde niet zoover van de zon verwijderd was. Had de zon dezelfde

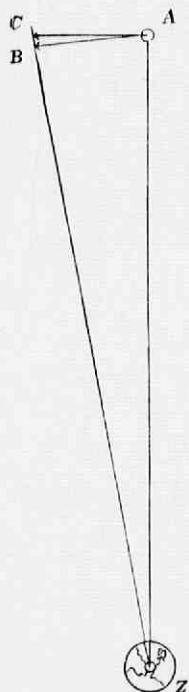


Fig. 112. — Het meten van de aantrekking der zon.

massa als de aarde, dan zouden de voorwerpen, die op 23 000 aardstralen van haar verwijderd waren, in ééne secunde slechts $\frac{4,9}{23200^2}$ meters naar haar toe vallen, omdat een lichaam, dat op de oppervlakte der aarde gelegen is, en dus op éénen aardstraal van haar middelpunt is verwijderd, in ééne secunde 4,9 meters valt, en de aantrekkende kracht omgekeerd evenredig is met het vierkant van den afstand. Nu is $\frac{4,9}{23200^2}$ meter 9 millioenensten van eenen millimeter; hieruit volgt, dat de massa der zon zooveel maal groter is dan de massa der aarde als 9 millioenensten van eenen millimeter op 4,9 millimeters begrepen is. Wij weten dus, dat *de zon ongeveer 324 000 maal zoo zwaar is als de aarde.*

Wij vonden (blz. 131) voor het gewicht der aarde ongeveer :

6 000 000 000 000 000 000 000 000

kilogram, het gewicht der zon is dus :

1 900 000 000 000 000 000 000 000 000

kilogram, of in ronde getallen 2 *quintillioen kilogram.*

Men ziet, hoe eenvoudig die redeneering is. Een leerling van de hoogste klasse eener hoogere burgerschool kan, als de astronomen hem hunne waarnemingen leveren, de zon wegen.

Nu wij het volume en het gewicht der zon bepaald hebben, kunnen wij die gegevens gemakkelijk aanvullen met de dichtheid der zon. Daar zij 1 280 000 maal groter volume heeft dan de aarde en toch slechts 324 000 maal zwaarder weegt, zoo is hare dichtheid $\frac{324000}{1280000}$ van die der aarde of 0,253 (de dichtheid der aarde 1 gesteld.) De stoffen, waaruit de zon bestaat, moeten dus bijna vier maal minder wegen, dan die der aarde.

De zon weegt iets meer dan een even groote bol van water.

Indien wij nu nog een enkel woord over de zwaartekracht op de oppervlakte der zon gesproken hebben, dan hebben wij alles behandeld, wat wij in dit hoofdstuk wenschten te bespreken.

De grootte der zwaartekracht op de oppervlakte van eenen bol hangt af van de massa van dien bol en van den afstand van de oppervlakte tot het middelpunt.

Als de straal der zon even groot was als die der aarde, dan zoude hare aantrekkingskracht 324 000 maal groter zijn dan op onze planeet, omdat de massa der zon die der aarde 324 000 malen overtreft. Maar men vergete niet, dat de voorwerpen op de oppervlakte der

zon 108,6 maal verder van het middelpunt der zon afliggen, dan de voorwerpen op de oppervlakte der aarde van het middelpunt der aarde verwijderd zijn. Daardoor wordt dus de aantrekkende kracht $108,6^2$ of bijna 11800 maal verzwakt. De aantrekking op de oppervlakte der zon is dus $\frac{334000}{11800}$ of 27,47 maal sterker dan die op de oppervlakte der aarde. Wij hebben van dit resultaat reeds op blz. 133 gebruik gemaakt, toen wij mededeelden, dat een lichaam op de zon in de eerste secunde eene 27,47 maal grootere valruimte heeft dan op aarde, of $27,47 \times 4,9 = 134,6$ meters.

DERDE HOOFDSTUK.

Het licht en de warmte der zon. De toestand harer oppervlakte. De zonnevlekken. De wenteling der zon om hare as. Vorm en beweging der zonnevlekken.

De oude volken aanbaden en eerden de zon, als de Godin van den dag en de bron van het licht. Met bijzonderen luister werd hare opkomst gevierd, op den dag waarop zij weder het lentepunt gepasseerd was. Zonder dat men een volkomen juist denkbeeld had van hare ware grootte en belangrijkheid, wist men toch reeds, dat de aarde aan haar het leven verschuldigd is, dat hare warmte de bron van het leven op aarde is, dat zij de boomen in de bosschen doet groeien, de rivieren doet stroomen, de knoppen der geurige bloemen opent, de vogels in het woud doet zingen, het graan en den wijnstok doet rijpen, in één woord, dat de zon de schutsgodin der aarde is.

De moderne wetenschap heeft die beschouwingen in alle opzichten bevestigd en uitgebreid. Het licht en de warmte der zon overtreffen de stoutste voorstellingen. Geen kunstlicht kan met het zonnelicht vergeleken worden. Het electrische licht schijnt zwart, als het voor de zonnescijf geplaatst wordt. De hoogste temperaturen onzer ovens, waarbij goud, zilver en platina smelten, zijn ijskoud, vergeleken met de warmte der zon. De astronomen uit de school van Pythagoras, die haren afstand op 72 000 en hare middellijn op 618 kilometers schatten, waren even ver van de waarheid af, als de mier, die zich in grootte een paard gelijk waant. En toch werd het als eene zoo groote vermetelheid beschouwd, om de zon even groot voor te stellen als den Peloponesus, dat Anaxagoras daarvoor ter dood werd veroordeeld, welke straf op het verzoek van Perikles in ballingschap werd veranderd. De veroordeeling van Galilei was eene herhaling van die van Anaxagoras.

Trachten wij ons door eenige getallen een denkbeeld te vormen van de warmte, die de zon naar de aarde uitstraalt. Wij zullen zien, dat onze temperaturen, die alle haren oorsprong aan de zon ontleenen, niets beteekenen in vergelijking met die der zon zelf. De temperatuur van kokend water komt ons reeds hoog voor, ons orga-

nisme kan die niet meer verdragen. Die temperatuur is 100 graden Celsius. Zwavel smelt bij 113°, tin bij 235°, lood bij 325°, zilver bij 945°, goud bij 1245°, ijzer bij 1500°, platina bij 1775°, iridium bij 1950°. De hoogste temperatuur, die wij in onze laboratoria kunnen bereiken, ligt boven de 3000°. En toch, wat is die temperatuur in vergelijking met de zonnewarmte, die op eenen afstand van 148 miljoen kilometers, met het twee milliardste gedeelte van de totale warmte, die zij uitstraalt, onze planeet zoo kan verwarmen, dat deze daaraan leven en vruchtbaarheid ontleent! Sir John Herschel en Pouillet hebben, de eerste aan de Kaap de Goede Hoop, de tweede te Parijs, de warmte gemeten, door de zon uitgestraald. De overeenstemming tusschen hunne resultaten is treffend. De eerste vond, dat de zon, in het zenith staande, in staat is, iedere minuut een laag ijs te smelten van 0,1915 millimeter. De tweede vond hiervoor 0,1786 millimeter. Nemen wij van die twee uitkomsten het gemiddelde, dan is dat bedrag 0,1850 millimeter of 1,11 centimeter in het uur. Indien men nu hierbij in aanmerking neemt, dat de atmosfeer bijna de helft der zonnewarmte opslorpt, dan volgt hieruit, dat de hoeveelheid ijs, die door de zonnewarmte zou kunnen gesmolten worden, als de atmosfeer niet een gedeelte der zonnestralen tegenhield, dubbel zoo groot zou zijn. Als de warmte, die de aarde van de zon in een jaar ontvangt, regelmatig verdeeld was, dan zou daarmede eene ijskorst van 30 meters dikte kunnen gesmolten worden, die de geheele aarde bedekt. Zij zoude eenen geheelen oceaan van 100 kilometers diepte van de temperatuur van smeltend ijs tot die van kokend water kunnen verhitten (1).

De lichtsterkte der zon komt overeen met

1575 000 000 000 000 000 000 000 000

normaalkaarsen, dat is 5300 maal grooter, dan het gloeiende ijzer in eenen Bessemer oven.

De zon, wij zeiden het reeds zooeven, is de oorzaak der winden en wolken, zij doet de rivieren stroomen, de bosschen groeien, de vruchten rijpen, den mensch leven. Om de regenwolken tot hare gemiddelde hoogte in den dampkring op te voeren, en de koolstof in de planten vast te leggen, zijn 217 biljoen 316 milliard paardekrachten noodig. 543 milliard stoommachines van 400 paardekracht dag en nacht zonder ophouden doorwerkende: ziedaar den arbeid door de zon op de aarde uitgeoefend!

(1) De zonnewarmte, door middel van holle spiegels of bolle lenzen geconcentreerd, kan ook als beweegkracht dienst doen.

Alles wat op aarde loopt, stroomt en leeft, is uit de zon ontstaan. De wijn, parelende in den kristallen beker, de sappige spijzen, die onzen smaak streelen, zijn voor ons opgestapelde zonnestrallen. Het hout, dat ons 's winters verwarmt, is door de zon opgebouwd. De molen, bewogen door de kracht van water of wind, draait op bevel van de zon. Het stoompaard, dat met dolle vaart op zijne baan voortvliegt, is een zoon der zon; de steenkool, waarmee het gevoed wordt, is zonnewarmte, gedurende millioenen jaren in de aardlagen opgestapeld. Zonder de zon zouden zelfs de lucht en het water op aarde massieve, levenloze blokken zijn. De zon zelf

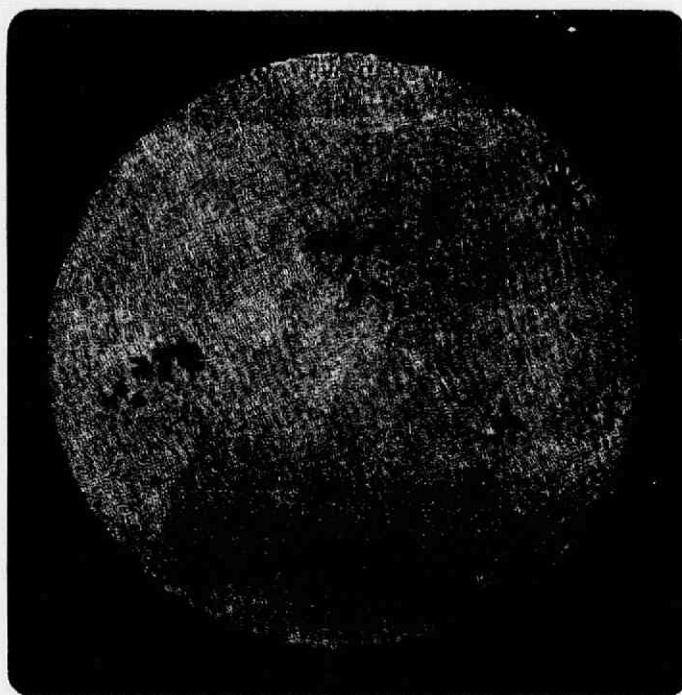


Fig. 113. — Photographie der zon.

stroomt in het water, huilt in den storm, zingt in de keel van den nachtegaal. Wolkbreuken en watervallen storten onder haren invloed neder. Donderslagen en bliksemschichten zijn de uitingen harer macht. En ook is, wanneer twee vijandelijke legers op elkander losstormen, elke uitbarsting van het geschut het misbruiken van de kracht der zon.

En toch is dit alles nog niets in vergelijking met het totale vermogen der zon! De vloeibare toestand van den oceaan, de gasvormige toestand der lucht, de zeestroomingen, de wolken, de regen, de stormen, de beken en rivieren, het warmtegevend vermogen van

alle bosschen en steenkolenmijnen, de beweging van alle levende wezens, de kracht opgehoopt in onze spieren, in onze fabrieken, in onze kanonnen . . . dit alles is slechts een gering gedeelte van wat de zon vermag. Meen niet, waarde lezer, dat wij de zonnekracht hebben gemeten, indien wij hare uitwerking op de aarde besproken hebben. Is dan de zon alleen ter wille van de aarde geschapen? Het hoeveelste gedeelte van de warmte, die van de zon uitgaat, wordt door de aarde opgevangen en verbruikt? Vergeten wij niet, dat wij op ruim 148 miljoen kilometers van de zon verwijderd zijn. Indien wij ons dus eenen grooten bol met dien straal om de zon geconstrueerd denken, dan neemt de aarde van dat oppervlak slechts het $\frac{1}{2138000000}$ gedeelte in, zoodat dus de zon in het geheel 2 *milliard* 138 *millioen maal* meer warmte uitstraalt, dan wij op aarde opvangen.

Alle planeten te zamen vangen slechts $\frac{1}{227000000}$ van de geheele zonne-warmte op. Het overige valt ter zijde der planeten en *schijnt* verloren.

Wel kunnen wij die verbazende kracht der zon in getallen uitdrukken, maar ze ons helder voor te stellen is onmogelijk. *De warmte, door de zon in iedere secunde uitgestraald, is even groot als die, welke zou worden voortgebracht door de verbranding van 11 trillioen 600 000 bilioen ton steenkolen.*

Zij zou bijna drie bilioen cubieke kilometers water in het uur van de temperatuur van smeltend ijs tot die van kokend water kunnen verhitten.

Men heeft ook getracht, de ware temperatuur der zon te bepalen. Berthelot en Sainte-Claire Deville schatten haar op 3000°, Pouillet op 1600°. Zöllner beweert, dat de temperatuur harer oppervlakte 27000° die der kern 85000° moet zijn. Rossetti stelt de temperatuur op 10000°, Waterston op 7 miljoen en Secchi op 10 miljoen graden. Waar de resultaten van verschillende geleerden zoo van elkander afwijken, mogen wij gerust beweren, dat de wetenschap nog niet de noodige gegevens bezit, om dit vraagstuk op te lossen.

De zonneschijf straalt niet uit ieder harer deelen even veel licht en warmte uit. Dit blijkt reeds dadelijk, indien men de zon door eenen kijker waarneemt. Onze figuren 98 en 113 maken dat reeds duidelijk. Secchi heeft aangetoond, dat men, indien men een beeld der zon opvangt op een scherm, en in dat scherm twee openingen maakt, twee zeer verschillende lichtbundels verkrijgt. In het punt *a* (fig. 114) is het licht vijf maal zwakker dan het licht in het midden; tegen den rand daarentegen is het licht vier maal zwakker en roodachtig gekleurd. Die

vermindering in licht bewijst, dat de zon door eene dunne, absorbeerende luchtlaag omgeven is. Zonder die opslorping zou de zon over hare geheele oppervlakte even lichtgevend zijn. Zoo blijkt het ook, indien men op eenen thermometerbol lichtstralen van verschillende deelen der zonnescijf opvangt, dat de streken aan den evenaar warmer zijn, dan die op hoogere breedte dan 30° gelegen, en dat het verschil minstens een zestiende bedraagt; ook is de temperatuur in het noordelijk halfrond iets hooger dan in het zuidelijk.

De zonnevlekken hebben eene lagere temperatuur dan het overige gedeelte der zon; maar het verschil in warmte is veel geringer dan het verschil in licht.

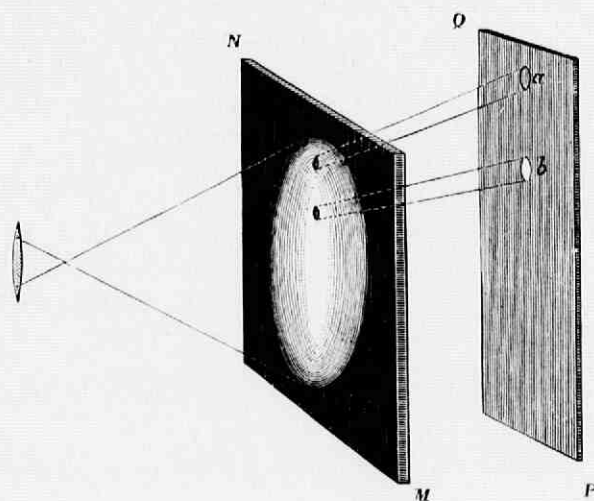


Fig. 114. — Verandering in lichtsterkte der zonnescijf.

De ouden wisten van den physischen toestand der zon weinig of niets af. Wel had men van tijd tot tijd eenige zwarte vlekken waargenomen, die men met het bloote oog onderscheiden kon, als de zon dicht bij den horizon stond, maar men hield ze voor planeten of voor verschijnselen, die men niet kon verklaren. Keppler meende eenen overgang van Mercurius over de zonnescijf waar te nemen, doch het bleek, dat hij eene zonnevlek voor oogen had. Fabricius is de eerste, die in 1610, vóór de uitvinding der kijkers de zonnevlekken door projectie op een scherm waarnam en daaruit de wenteling der zon om hare as ontdekte (1).

(1) Wij zonderen de Chineesche waarnemingen uit, die eerst in lateren tijd gepubliceerd zijn en die loopen over een tijdvak van 904 jaren.

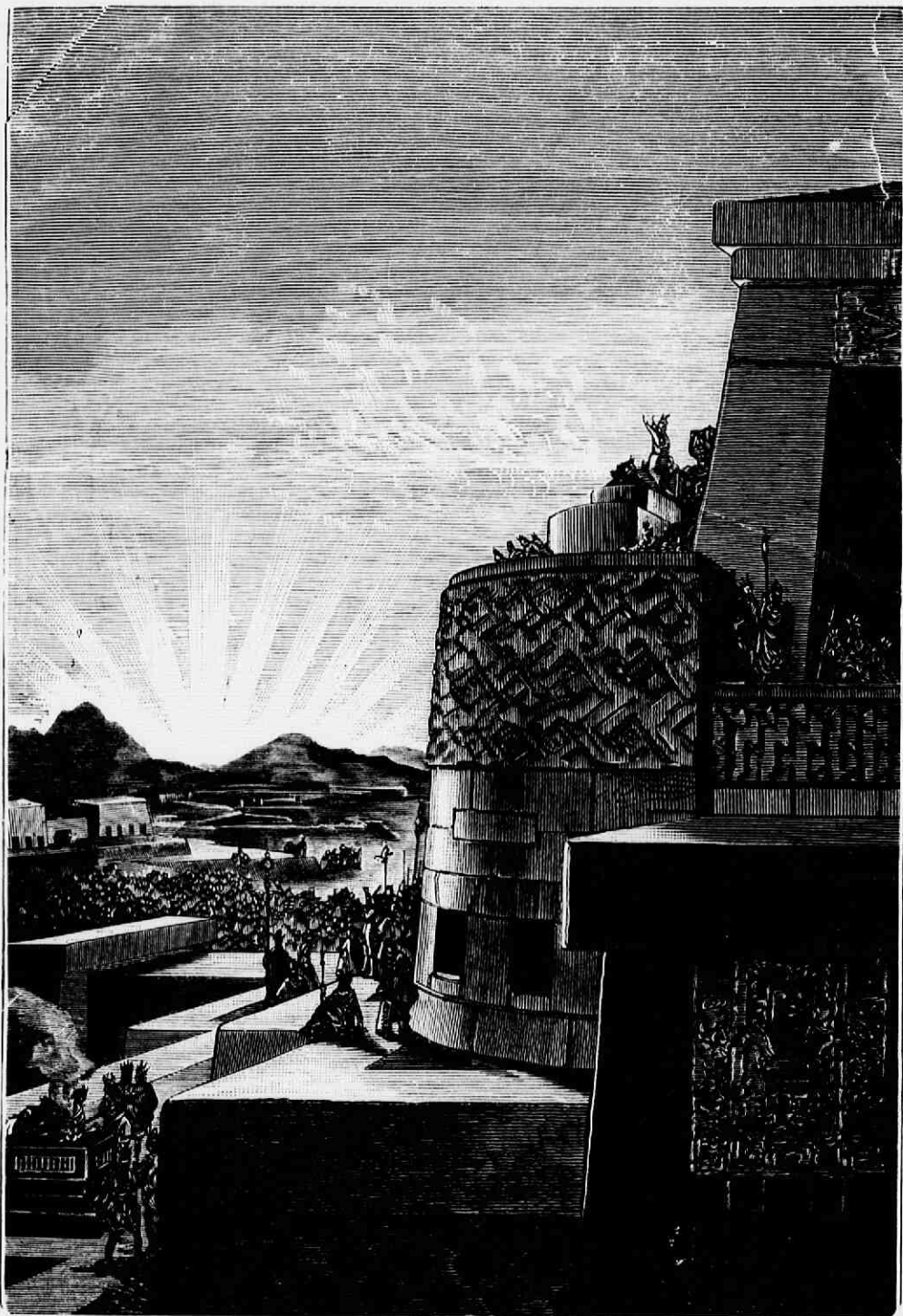
Men kan zelfs met weinig vergrootende kijkers de zonnevlekken waarnemen, als men vóór het oogglas een sterk gekleurd glas houdt. Gewoonlijk vertoonen zij zich als zwarte vlekjes van ronden vorm; dikwijls echter vormen zij te zamen zeer onregelmatige figuren. Het binnenste gedeelte is zwart; men noemt dit de *kern* of *schaduw*. De omtrek is veel minder donker en heet daarom de *bijschaduw*. Gewoonlijk zijn de omtrekken van kern en bijschaduw scherp begrensde.

Door fig. 113 kan men zich een denkbeeld vormen van de betrekkelijke uitgestrektheid der vlekken.

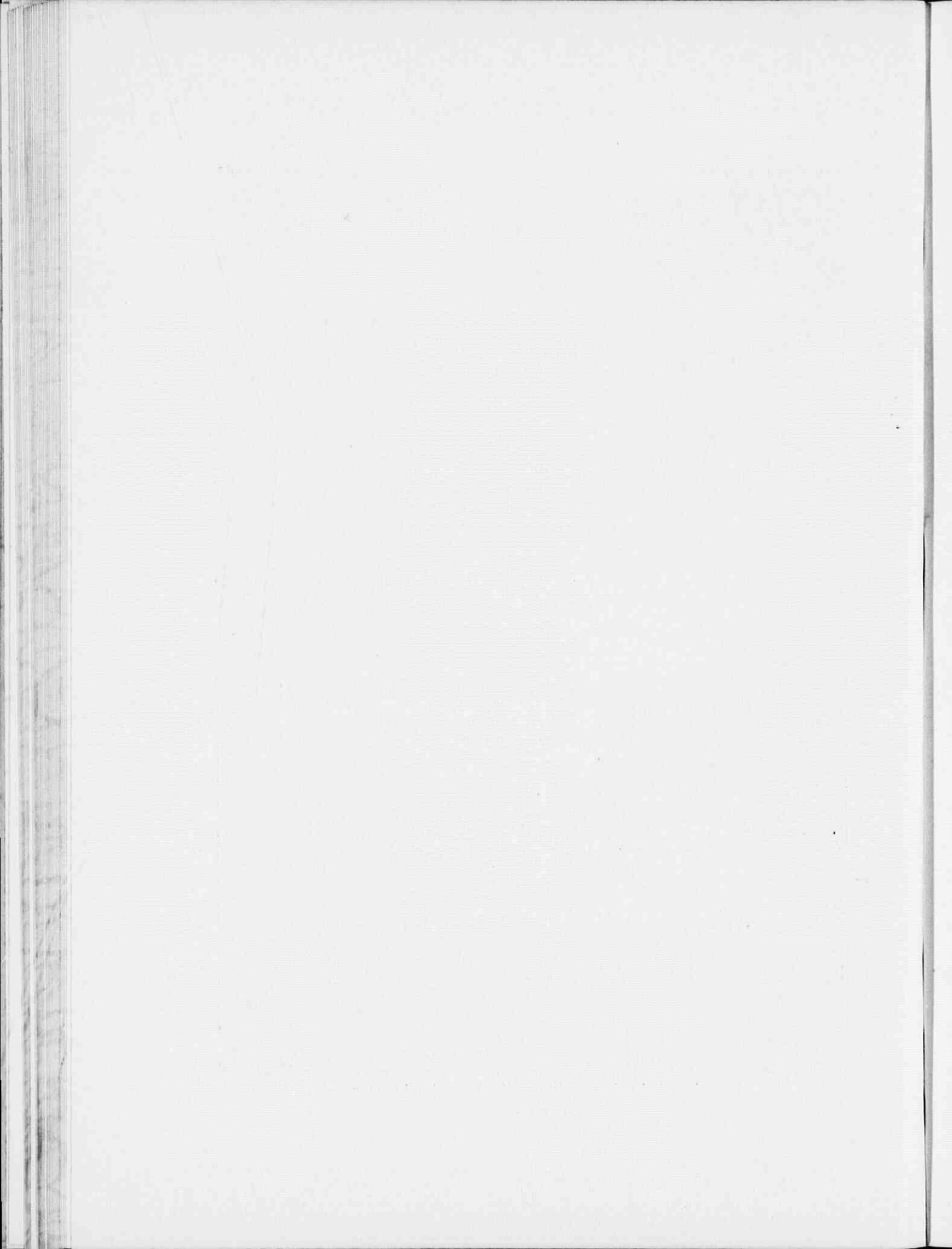
Op korten afstand van de randen der schijf, maar nooit aan de randen zelf, ziet men lichte vlekken, die veel meer licht geven, dan het overige gedeelte der zon; men heeft deze den naam van *fakkels* gegeven. Al die vlekken veranderen van plaats en gedaante.

De oppervlakte der zon is verre van effen; zij is onregelmatig en korrelig. Men kan dit duidelijk waarnemen, als men de zon beschouwt met een sterk vergrootend oogglas, in een dier zeldzame oogenblikken, waarop de dampkring volkomen rustig is, en vóórdat het voorwerp glas verwarmd is geworden. Men ziet dan, dat de oppervlakte bedekt is met eene menigte kleine korrels, van verschillende vorm, waarin de ovale vorm de overheerschende is. De fijne tusschenruimten, welke die korrels scheiden, vormen een grijs netwerk. Fig. 116 is gemaakt naar eene teekening, door Pater Secchi vervaardigd. Hij zegt onder andere: »Het komt ons moeilijk voor, die vormen met een bekend voorwerp te vergelijken; de meeste overeenkomst daarmede heeft nog verdroogde melk onder den microscoop bezien, als de vetbolletjes hunne regelmatige gedaante verloren hebben. De hier gegeven teekening is onder eenen bijzonder gunstigen toestand van den dampkring gemaakt, met eene sterke vergroting. Maakt men gebruik van geringe vergrotingen, dan ziet men niets dan een aantal witte stippen op een zwart veld. Hoe duidelijk die vormen ook in het eerste oogenblik mogen zijn, spoedig worden zij minder scherp, zoodra het oog vermoeid wordt en het voorwerp glas en de buis verhit worden.

Voegen wij hier nog bij, dat die vorm der korrels alleen kan worden waargenomen door instrumenten met wijde opening, omdat anders de irradiatie of uitstraling ze grooter doet schijnen dan zij werkelijk zijn, en zij daardoor elkander gedeeltelijk schijnen te bedekken. Wij zagen reeds vroeger (bl. 155), dat een helder voorwerp op eenen donkeren achtergrond grooter schijnt dan een donker



De Inca's aanbaden de zon bij hare opkomst, op den dag, waarop zij
het lentepunt gepasseerd was.



voorwerp op eenen helderen achtergrond. Fig. 118, waar de beide cirkels werkelijk even groot zijn, geeft den indruk alsof de witte het grootst is.

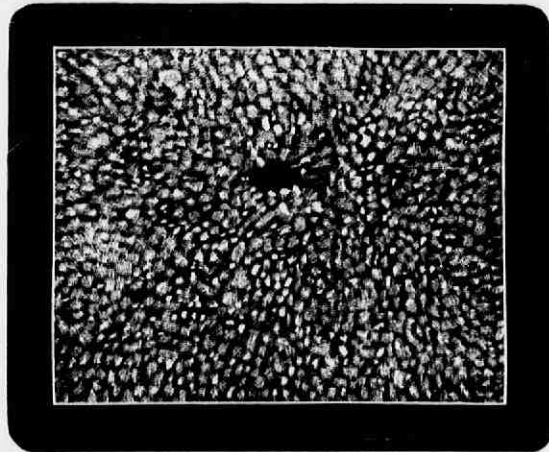


Fig. 116. — De oppervlakte der zon, door eenen sterk vergrootenden kijker.

De zonnekorrels, die wij wegens hare geringe schijnbare grootte nauwelijks kunnen meten, hebben eene middellijn van 200 tot 300 kilometers.

Somtijds is de oppervlakte der zon zoo overdekt met die korrels, dat men overal kleine openingen en vlekjes meent te zien. Dit is



Fig. 117. — Type der zonnevlekken.

echter niet altijd even sterk het geval; de reden dier veranderingen ligt niet alleen in den toestand van onzen dampkring, maar ook in

de wijzigingen, die de zon zelf ondergaat. De zonneschijf bestaat dus uit eene reeks van lichte punten, die over een minder verlicht veld zijn verspreid; de knopen van het net worden somtijds wijder en vormen dan openingen, die, als zij nog wijder worden, vlekken vormen. In die volgorde treden gewoonlijk die verschijnselen op. De lichtende oppervlakte van de zon draagt den naam van *photosfeer*.

De bekende Fransche astronoom Janssen heeft al die bijzonderheden gephotografeerd op platen van 30 centimeters middellijn, waarop het licht $\frac{1}{2000}$ tot $\frac{1}{3000}$ seconde inwerkte. Uit die photographieën blijkt, dat de vorm en de afmetingen van die korrels zeer verschillend zijn. De grootte wisselt af tusschen eenige tienden van eene seconde

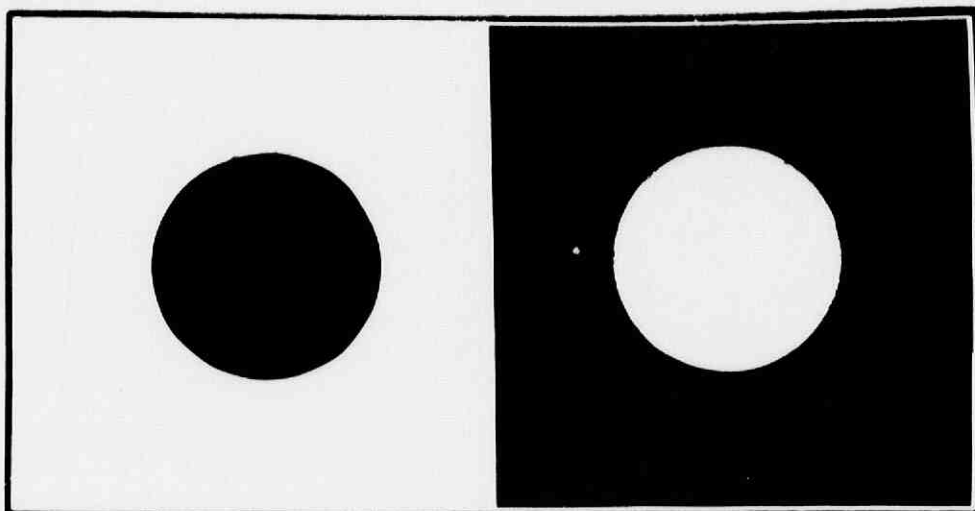


Fig. 118. — De uitstraling of irradiatie.

en 3 of 4 seconden. In het algemeen zijn zij cirkelvormig of elliptisch, maar dikwijls is haar vorm zeer onregelmatig. Het lichtend vermogen der korrels, ieder afzonderlijk beschouwd, is zeer veranderlijk, zij schijnen op verschillende diepten in de photosfeer te liggen. Eene aandachtige beschouwing der photographieën leert ons, dat de photosfeer op verschillende plaatsen zeer veel verschilt; op de ééne plaats zijn de korrels scherp begrensd, hoewel van verschillende grootte; op eene andere plaats zijn zij half uitgewischt of uitgerektd, of wel hebben zij plaats gemaakt voor dunne luchtstrepen. Duidelijk is het, dat de lichtende stof op die plaatsen aan hevige beroeringen blootgesteld is geworden, die den oorspronkelijken vorm gewijzigd hebben.

Die lichtkorrels zijn de bron van de warmte en het licht der zon;

volgens den Amerikaanschen astronoom Langley, die van die korrels eene bijzondere studie gemaakt heeft, nemen zij een vijfde deel der oppervlakte van de zon in. Indien zij door de ééne of andere omstandigheid nauwer aan elkander gingen sluiten en in aantal toenamen, dan zou het donkere net, waarover zij verspreid liggen, verdwijnen, en zou de zon, twee, drie tot vijf malen meer licht en warmte uitstralen; indien zij in aantal zouden verminderen of onder de donkere lagen bedolven werden, dan zouden alle licht en warmte verdwijnen.

De ontdekking der zonnevlekken is niet door één bepaald persoon geschied, maar is het noodzakelijk uitvloeisel geweest van de uitvinding der kijkers.

Pater Scheiner, een Jezuïet uit Ingolstadt, vestigde het eerst de aandacht op de zonnevlekken, en dat wel tegen den zin van zijnen superieur. De zon werd toch beschouwd en geëerd als het symbool der reinheid en vlekkeloosheid, zoodat de geleerden van dien tijd aan het bestaan van vlekken niet durfden te gelooven. Zij beschouwden dit als majesteitsschennis en als een verzet tegen de vastgestelde dogma's. Nadat Scheiner door zijne herhaalde waarnemingen het bestaan dier vlekken niet langer in twijfel kon trekken, ging hij den Provinciaal der orde raadplegen, die opgevoed was in de traditiën der Aristotelische school. Deze wilde er dan ook niet aan gelooven. »Ik heb meermalen mijnen Aristoteles er op nagelezen, en ik heb niets daaromtrent gevonden. Ga mijn zoon, houd u bedaard, en wees overtuigd, dat, wat gij voor zonnevlekken aanziet, fouten in uwe oogen of in de lenzen zijn.» In dien tijd werd de studie der natuur nog aan banden gehouden door de tradities der klassieken. Gelukkig voor de wetenschap, waren er nog vrije geesten, die de natuur waarnamen; wat Scheiner in Duitschland deed, dat deed Galileï in Italië. Deze bepaalde in 1611 uit de beweging der zonnevlekken den duur van de wenteling der zon. Die wenteling zelf was reeds in 1610 door Fabricius aangetoond, al had hij den duur daarvan nog niet bepaald. Keppler vermoedde de wenteling in 1609, terwijl reeds in 1591 daarop gewezen was door Giordano Bruno, die om zijne godsdienstige en astronomische gevoelens in 1600 levend verbrand werd.

Gewoonlijk komen de zonnevlekken te voorschijn op den oostelijken rand der zon, en doorloopen zij de zonneschijf volgens lijnen, wier ligging afhangt van de plaats, die de aarde in hare baan inneemt; na ongeveer veertien dagen verdwijnen zij aan den westelijken rand. Niet zelden ziet men eene zelfde vlek, na veertien dagen onzichtbaar

geweest te zijn, weder aan den oostelijken rand te voorschijn treden, en dikwijls tot zelfs drie of vier malen haren weg over de zonneschijf afleggen; gewoonlijk echter veranderen zij, vóórdat zij de zonneschijf verlaten of terwijl zij op den achterkant gelegen zijn, geheel van gedaante of lossen zij zich op.

Als men dagelijks op dezelfde teekening de ligging der vlekken aanteekeut, dan blijkt het, dat hare schijnbare beweging het snelst is in het midden, terwijl deze zeer langzaam is aan den rand. Fig. 119 geeft de banen van twee vlekken, door Scheiner waargenomen van

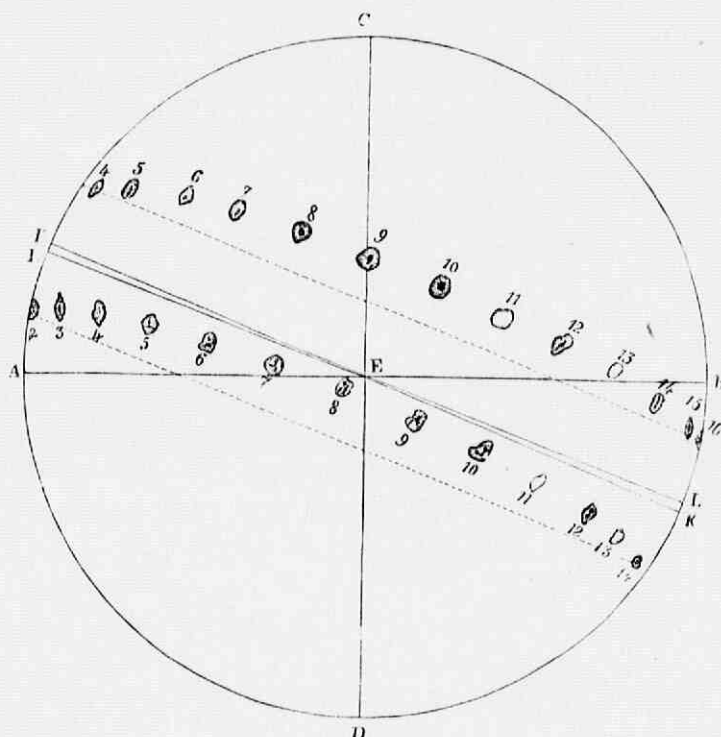


Fig. 119. — De wenteling der zon, afgeleid uit de beweging der zonnevlekken.

2 tot 14 Maart 1627. Op de plaatsen, waar de vlek door de aanwezigheid van wolken niet kon worden waargenomen, zijn alleen hare omtrekken aangegeven. Men ziet, dat de vlekken scherp begrensd, en dat kern en bijschaduw duidelijk te herkennen zijn. Men ziet tevens, dat de banen gebogen lijnen zijn, en dat de vlekken hare ronde gedaante verliezen, naarmate zij den rand naderen. Dit is echter slechts het gevolg van de bolvormige gedaante der zon, en was ook het eerste bewijs daarvoor. Diezelfde veranderingen kan men waarnemen, als men op eenen bol, dien men met de hand

rondwentelt, eenen zwarten cirkel plakt. Ook dan ziet men dien cirkel smaller worden, naarmate hij den rand nadert.

Uit het voorgaande volgt dus, dat de zonnevlekken op de oppervlakte der zon gelegen zijn; Galileï vergeleek ze bij wolken, Scheiner beschouwde ze als diepten. Wij komen daarop zoo aanstonds terug.

De lijnen KK en LL stellen de projectie der ecliptica op de zonnenschijf voor bij het begin en het einde der waarnemingen.

De banen, door de vlekken doorloopen, veranderen met het jaargetijde; in Maart zijn het langwerpige ellipsen, met hare bolle zijde naar het noorden gericht, en met hare groote as bijna evenwijdig aan de ecliptica. Na dien tijd naderen de ellipsen meer en meer tot rechte lijnen en wordt hare helling ten opzichte van de ecliptica grooter. Van Juni tot September komen de ellipsen weder terug, maar nu met hare bolle zijde in omgekeerde richting enz. Die veranderingen zijn het gevolg van den veranderden stand der aarde.

De zonnevlekken liggen niet gelijkmatig verdeeld over alle deelen der schijf. In de onmiddellijke nabijheid van den evenaar zijn zij talrijk en op grootere breedte dan 30 of 40 graden zijn zij zeldzaam.

De vlekken kunnen somtijds verbazende afmetingen hebben, zoo dat zij dikwijls met het bloote oog zijn waargenomen. Opdat dit mogelijk zij, moeten zij minstens 50" groot zijn, d. i. drie maal zoo groot als de geheele aarde. De grootste vlekken, die men uitgemeten heeft met de bijschaduw en er onder begrepen, zijn:

Ricco, 30 Juni 1883	159" (dubbele vlek)	114 000 kilometers
Flammarion, 17 Nov. 1882	140"	100 000 "
Maunder, 21 Juni 1885	130"	93 000 "
Tacchini, 14 Oct. 1883	124"	89 000 "
Maunder, 21 April 1882	120"	86 000 "

Daar de middellijn der zon 1924" of 1 382 000 kilometers is, zoo is iedere boogsecunde op de zon 718 kilometers. De kruisdraad van eenen kijker bedekt door hare dikte 240 kilometers van de zon.

Het aantal zonnevlekken is zeer veranderlijk. Somtijds (b.v. in 1871, 1883 en 1894) zijn zij zoo talrijk, dat men dadelijk de streken kan vinden, waar zij gelegen zijn. Op andere tijden daarentegen (zooals in 1879) zijn zij zoo zeldzaam, dat men in maanden geene enkele ziet. Wij zullen zoo aanstonds zien, dat het maximum en minimum der zonnevlekken aan eene bepaalde periode gebonden is. Enkele vlekken duren slechts eenige dagen. Schwabe heeft er ééne waargenomen, die tot acht malen is teruggekeerd.

Gemiddeld komt eene vlek na $27\frac{1}{3}$ dag in haren oorspronkelijken

stand terug. Men houde hierbij echter in het oog, dat de aarde in dien tijd 25° in hare baan verplaatst is in denzelfden zin, waarin de zon om hare as wentelt.

Wij krijgen daardoor dus een dergelijk verschil als bij den siderischen en den synodischen omlooptijd der maan (fig. 49). De werkelijke omlooptijd eener vlek is dus $25\frac{1}{2}$ dag. Toch kan men niet zeggen, dat die tijd de wentelingstijd der zon is. De oppervlakte der zon wentelt niet in haar geheel met eene standvastige snelheid rond, zooals onze aarde dat doet; maar de snelheid is aan den aequator grooter dan aan de polen. Men verkrijgt voor de wentelingstijden waarden, die afwisselen tusschen 25 en 28 dagen. Naarmate eene vlek dichter bij de polen ligt, wordt ook *de verandering* in snelheid grooter:

Breedte.	Omwentelingstijd.	Breedte.	Omwentelingstijd.	Breedte.	Omwentelingstijd.	Breedte.	Omwentelingstijd.
Graden.	Dagen.	Graden.	Dagen.	Graden.	Dagen.	Graden.	Dagen.
0	25,187	12	25,388	24	25,975	36	26,891
1	25,188	13	25,423	25	26,040	37	26,979
2	25,193	14	25,460	26	26,107	38	27,068
3	25,200	15	25,500	27	26,176	39	27,159
4	25,210	16	25,543	28	26,248	40	27,252
5	25,222	17	25,588	29	26,322	41	27,346
6	25,238	18	25,636	30	26,398	42	27,404
7	25,256	19	25,686	31	26,475	43	27,536
8	25,277	20	25,739	32	26,555	44	27,633
9	25,300	21	25,794	33	26,636	45	27,730
10	25,327	22	25,852	34	26,717	46	27,828
11	25,356	23	25,913	35	26,804	47	27,926

De oppervlakte der zon wentelt dus aan den aequator in 25 dagen en $4\frac{1}{2}$ uren, op 15 graden breedte in 25 dagen en 12 uren, op 25 graden breedte in 26 dagen, op 38 graden in 27 dagen, op 47° in 28 dagen rond. Men heeft geene zonnevlekken verder dan op 48° kunnen waarnemen; toch moet die vertraging tot aan de polen voortgaan. De hier gegeven tijd is alleen de wentelingsduur harer oppervlakte; wij kunnen onze lezers niet beter duidelijk maken, wat dit beteekent, dan door hen te verzoeken, zich de aarde bedekt te denken met eenen oceaan, die langzamer rondwentelt dan de aarde zelf en wel langzamer, naarmate men meer tot de polen nadert. Het is waarschijnlijk, dat de zon zelf rondwentelt in de aequatoriale periode, dus in 25 dagen en $4\frac{1}{2}$ uren.

Uit de studie der fakkels, voor een tiental jaren (1888) door Wilsing volbracht op photographieën der zon, genomen te Potsdam, schijnt het, dat die fakkels op alle breedten dezelfde hoeksnelheid hebben als aan den evenaar der zon. De ongelijke snelheid der zonnevlekken

is in dat geval alleen beperkt tot eene zeer dunne laag van de oppervlakte der zon.

Hebben wij aldus de vlekken door onze kijkers beschouwd, dan doet zich thans de vraag aan ons voor: *wat zijn die vlekken?*

Scheiner, de eerste, die de zon met aandacht beschouwde, had ze eerst voor manen aangezien. Galileï schreef ze toe aan wolken of rook, in den zonnedampkring zwevende. Enkele astronomen, waaronder ook Lalande, meenden, dat het bergen waren, wier min of meer steile hellingen de bijschaduw veroorzaken; deze meening wordt voldoende wederlegd door het feit, dat enkele vlekken zeer duidelijk eene eigen

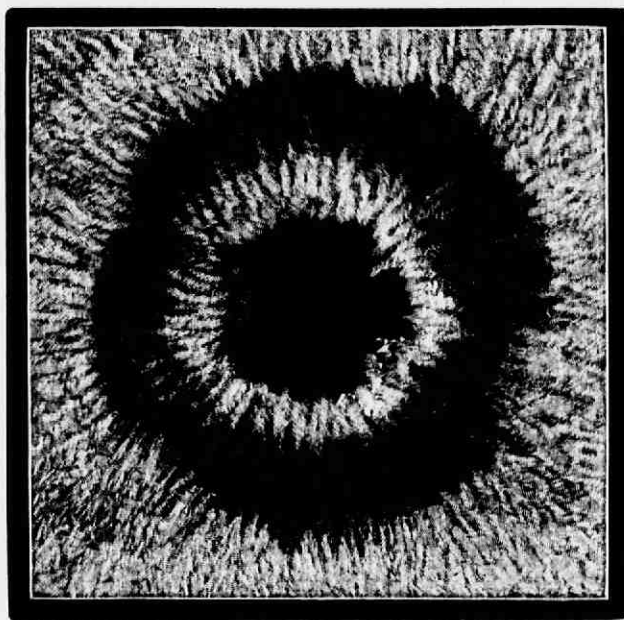


Fig. 120. — Type eener regelmatige zonnevlek.

beweging vertoonen. Het is toch onwaarschijnlijk, dat men bergen zal zien wandelen. Anderen schreven de vlekken toe aan rookwolken, uitgeworpen uit vulkanische kraters op de zon. Nog anderen beschouwden de vlekken als groote metaalslakken, op eenen gloeienden oceaan drijvende.

Thans echter is het aan geen twijfel meer onderhevig, dat de zonnevlekken holten zijn, die in de oppervlakte der zon ontstaan. Dit blijkt hieruit, dat eene zonnevlek, als zij aan den rand der zon komt, daar eene inkerving vormt.

Het is onmogelijk, eene wet te vinden voor den tijd, waarin eene zonnevlek gevormd word: sommige vlekken vormen zich langzaam

door uitzetting der openingen tusschen de lichtkorrels; andere schijnen bijna plotseling te ontstaan. Als men echter de zon dagelijks met zorg waarneemt, dan ziet men, dat, hoe snel vlekken zich ook kunnen vormen, dit toch nooit plotseling geschiedt. Reeds eenige dagen te voren kondigt zich het verschijnsel aan; men ziet de fotosfeer in beroering komen en het aanzijn schenken aan groote openingen, uit schitterende fakkels ontstaande. Die openingen verplaatsen zich eerst met groote snelheid, verdwijnen en komen weder terug, totdat ééne de overhand krijgt. Op het eerste oogenblik is er geene scherp begrensde bijschaduw, deze ontwikkelt zich langzamerhand, totdat zij den in fig. 120 geteekenden ronden vorm verkrijgt, die als type eener zonnevlek kan beschouwd worden.

Dikwijls ziet men verscheidene vlekken ineensmelten door het oplossen der lichtende stof, waardoor zij gescheiden zijn. Enkele malen

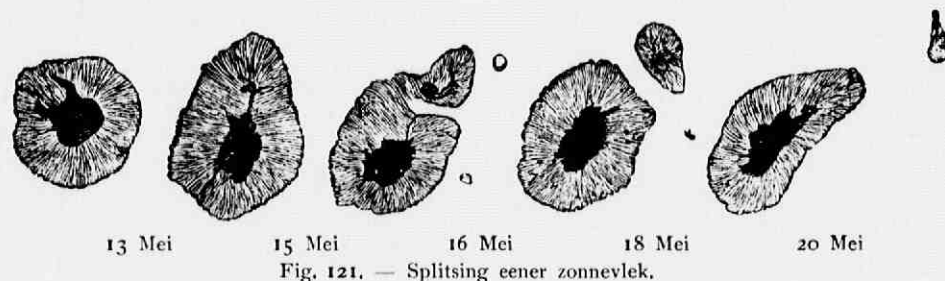


Fig. 121. — Splitsing eener zonnevlek.

ziet men ook het omgekeerde geschieden: eene reeds gevormde vlek splitst zich in verscheidene andere. Wij geven hier eene teekening van eene zonnevlek, zooals zij zich in den tijd van 7 dagen veranderd heeft.

De vlek heeft zich, zooals men ziet, in tweeën verdeeld; maar de dochter is spoedig, nadat zij zich van hare moeder gescheiden heeft, gestorven, terwijl de hoofdvlek is blijven leven gedurende twee omwentelingen der zon.

De breedte der bijschaduw is zeer ongelijk bij de verschillende vlekken; zij loopt gewoonlijk in talrijke spitsen uit.

Secchi teekende in 1870 te Rome eene door hem waargenomen zonnevlek, waar men (fig. 122) als het ware twee loodrecht op elkander geplaatste stroomingen waarneemt.

Ook ziet men enkele zonnevlekken, waarin de lichtende stof als het ware in stralen uitloopt, zoodat het den indruk geeft, alsof men eene lichtende vloeistof zag (fig. 123).

Wij mogen uit den aard der zonnevlekken afleiden, dat de zon zelf een duister lichaam moet wezen. Als nu, door werkingen op de



Fig. 122. — Zonnevlek, door Secchi waargenomen.

zon, die wij vergelijken kunnen met die onzer vulkanen, trechtervormige openingen in de photosfeer der zon ontstaan, dan kan

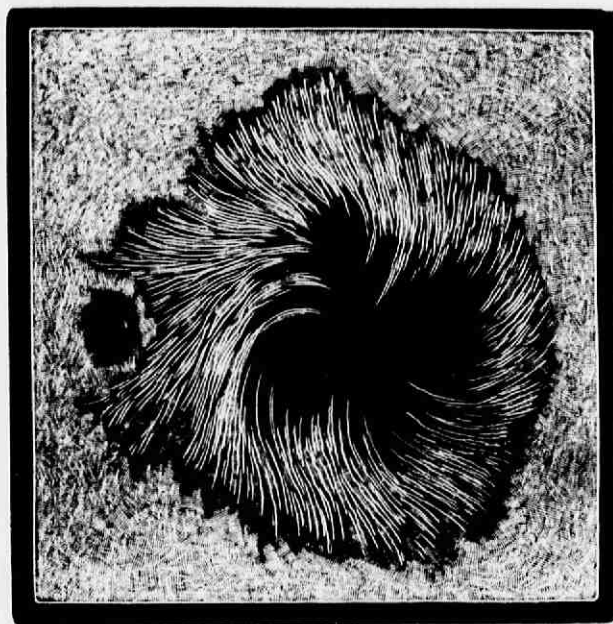


Fig. 123. — Zonnevlek met naar het midden uitlopende lichtlijnen.

men door die openingen heen het donkere gedeelte der zon zien. De fakkels omgeven de vlekken, alsof bij het ontstaan van eene

opening de lichtgevende stof op zijde wordt geschoven en in den omtrek der vlek wordt opgehoopt. Dat men die fakkels het duidelijkst ziet, als de vlekken den rand der zon naderen, kan aldus verklaard worden, dat de vlekken, smaller wordende, naarmate zij dichter bij den rand der zon gelegen zijn, het heldere licht der fakkels minder afbreken. In fig. 124 ziet men eene zonnevlek, in

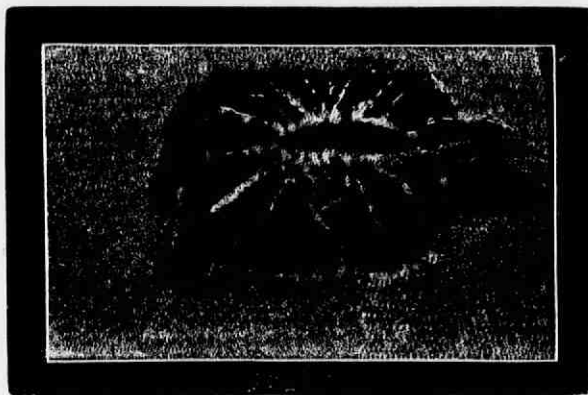


Fig. 124. — Zonnevlek in de nabijheid van den rand der zon.

de nabijheid van den rand der zon, waarbij men de fakkels duidelijk onderscheiden kan.

Onze kennis omtrent de natuurkundige gesteldheid der zon zal belangrijk toenemen, indien wij de uitbarstingen op de zon tot een punt van onderzoek hebben gemaakt. Wij zullen ons daarmee in het volgende hoofdstuk bezighouden.

VIERDE HOOFDSTUK.

De uitbarstingen op de zon. De protuberances. De dampkring der zon. De lichtkroon.

Wij zagen reeds vroeger, dat, indien de maan bij eene totale zoneclips de zon bedekt, de nabijheid der zon niet effen en zuiver is, zooals zij ons op eenen helderen zomerdag met het bloote oog voorkomt, maar dat hare onmiddellijke omgeving wordt ingenomen door eene stof, die of uit zich zelf lichtgevend is, of haar licht ontleent aan de zon, en die als het ware eene lichtkroon om de daggodin vormt.

In die lichtkroon merkt men vurige tongen op, die van de zon uitgaan en die daaraan grenzen. Bij de eclips van 8 Juli 1842 trokken die *protuberances*, die als reusachtige purperkleurige vlammen rondom de maan gezien werden, het eerst de aandacht der astronomen. Wel had men ze bij vroegere verduisteringen met het bloote oog waargenomen, maar men had ze toen aan gezichtsbedrog toegeschreven. Bij de eclips van 1842 bleek het, dat die uitsteeksels verbazende afmetingen hadden. De hoogte van ééne dezer protuberances bleek 1'45" te zijn, hetgeen overeenkomt met zes maal de middellijn der aarde of 80 000 kilometers.

Reeds dadelijk ontstond strijd over den aard dier protuberances. Eerst zag men ze voor bergen aan. Het bleek echter, dat dit niet mogelijk was, daar die zoogenaamde bergen zóó schuin waren, dat het zwaartepunt ver buiten het steunvlak liggen moest en er dus geen evenwicht mogelijk was. De meeste geleerden beschouwden ze als vlammen of als wolken. Men sprak zelfs van uitsnijdingen in de maanschijf gezien, van wolken en orkanen in den dampkring der maan.

Het is dus niet te verwonderen, dat men met ongeduld de eclips van 1851 afwachtte, die in Zweden totaal zou zijn. De verrassing toch had de astronomen bij de verduistering van 1842 belet, nauwkeurig waar te nemen. Airy, de directeur der sterrenwacht te Greenwich, rustte eene expeditie uit, die de meest nauwkeurige metingen zoude moeten doen. Op het oogenblik, dat de zon totaal verduisterd

was, zag hij eene protuberance, die den vorm had van eenen winkelhaak, in eene punt eindigend, daaronder was een kleine kegel, en verder eene kleine zwevende wolk. Iets later zag hij eene spits, eene minuut later eene protuberance en eenen purperkleurigen boog. Andere waarnemers zagen dezelfde verschijnselen, met geringe wijzigingen in den vorm.

Die waarnemingen waren voldoende, om daaruit de volgende besluiten af te leiden: 1° De protuberances zijn geene bergen, eene zoodanige onderstelling zou in strijd zijn met hare gedaante. 2° Het zijn gasmassa's, gelijkende op onze wolken; hare bochten doen ons

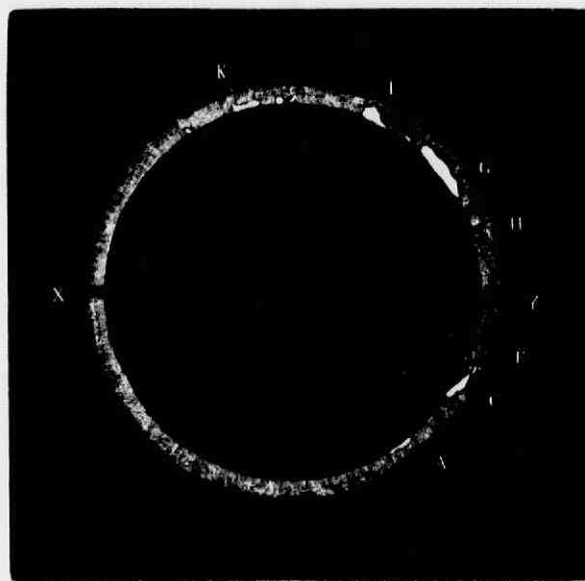


Fig. 125. — Protuberances bij de zoneclips van 1860. (Eerste helft).

denken aan den rook onzer vulkanen. 3° De verschillende vormen, aan eene zelfde protuberance toegeschreven, kunnen het gevolg zijn van werkelijke veranderingen, maar ook van de onvoldoende nauwkeurigheid der teekeningen. 4° Er is klaarblijkelijk een verband tusschen de protuberances en de purperkleurige lichtbogen, die men reeds in 1842 had waargenomen, maar nu veel nauwkeuriger observeerde; men mag aannemen, dat die bogen het zichtbare gedeelte vormen van eene doorlopende laag, die de zon geheel omringt. 5° De protuberances werden kleiner aan de zijde, waarheen de maan zich bewoog en grooter aan de tegenovergestelde zijde: de oorzaak van het verschijnsel ligt dus in de zon en niet in de maan. 6° Niet

alle waarnemers hebben hetzelfde aantal protuberances gezien en haar niet dezelfde plaats aangewezen, dit is het gevolg van de snelheid der waarnemingen.

De eclips van 1860, die in Spanje totaal was, werd door Secchi en Warren de la Rue waargenomen en gefotografeerd. Fig. 125 stelt de fotografie voor, genomen dadelijk na het begin der totaliteit. Men vindt daarin zeven voorname protuberances, A, C, E, H, G, I, K. De lijn X Y is een draad, in den kijker gespannen, ten einde de ligging der protuberances ten opzichte van den aequator der zon aan te wijzen. Aan de linkerzijde vindt men geene protu-

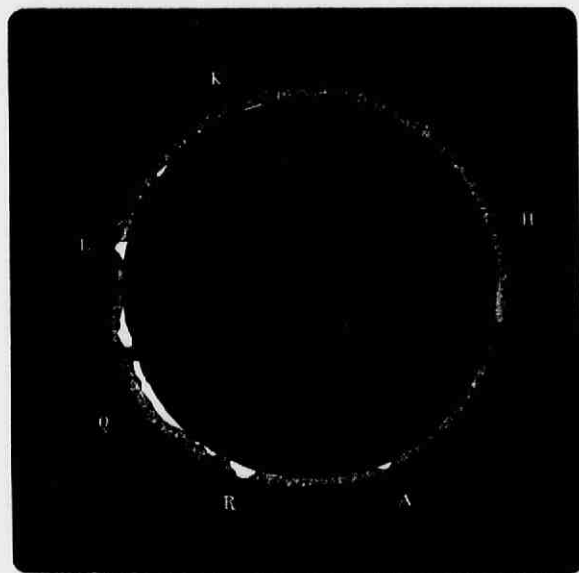


Fig. 126. — Protuberances bij de zoneclips van 1860 (Tweede helft).

berances, daar de maan zich van links naar rechts over de zonneschijf beweegt. Bij het einde der eclips, toen de maan de linkerhelft had losgelaten, zag men de protuberances van fig. 126.

Uit de vermelde waarnemingen volgde, dat de protuberances voortkwamen uit de laag, die van alle kanten de zon omgeeft, en dat zij zich daaruit ophieven en somtijds ook zich daarvan losmaakten. Sommige geleken op de rookwolken, die uit onze schoorsteenen of uit de kraters van vulkanen opstijgen, en die zich in horizontale richting ombuigen, zoodra zij eene bepaalde hoogte bereikt hebben.

Het totale aantal protuberances was ontelbaar. Bij directe waarneming scheen de zon door vlammen omgeven, te talrijk om te

kunnen worden geteld. De hoogte van enkele der protuberances was 10 maal de middellijn der aarde. Alle latere waarnemingen hebben de toen waargenomen verschijnselen bevestigd.

De eclips van 18 Augustus 1868 was belangrijk, omdat men bij hare waarneming voor het eerst zou gebruik maken van de nieuwere ontdekkingen der spectraalanalyse, die prachtige wetenschap, waarvan wij spoedig het beginsel zullen bespreken. Men wenschte namelijk te weten:

- 1° Den aggregaatstoestand der protuberances.
- 2° De stoffen, waaruit zij bestaan.

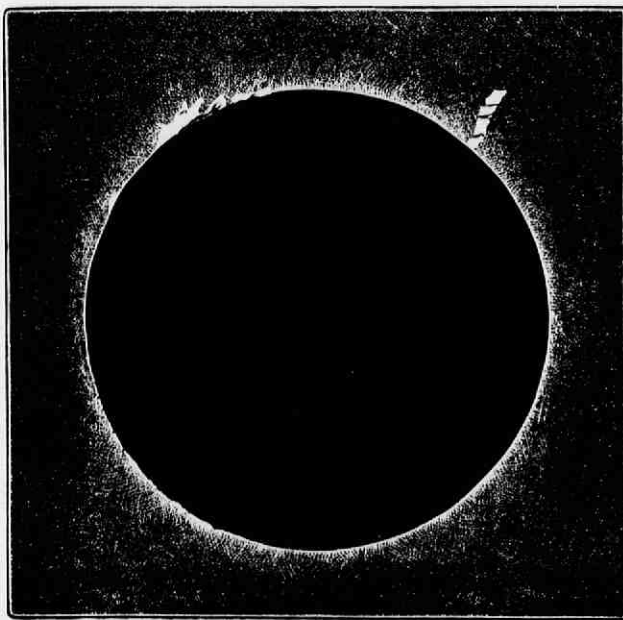


Fig. 127. — Protuberances bij de eclips van 1868.

De eerste vraag zou dadelijk opgelost worden, zoodra men slechts eenen spectrokoop op de protuberances richtte; men behoefde slechts te zien, of het spectrum doorlopend was of niet.

Janssen nam de eclips onder de gunstigste omstandigheden te Guntoor waar. Hij zag dadelijk eene protuberance, die tien maal grooter was dan de geheele aarde. De spectrokoop wees uit, dat het spectrum niet doorlopend was en uit enkele heldere lijnen bestond: *men had dus de zekerheid verkregen, dat de protuberances gasmassa's zijn.*

In de tweede plaats moest men nagaan, uit welke gassen die protuberances bestaan; daartoe moest men de strepen van het

spectrum vergelijken met het spectrum van eene bekende stof of met dat der zon. Ook dit heeft Janssen volbracht en aangetoond, *dat het hoofdbestanddeel der protuberances waterstof is.*

Men behoeft thans niet meer eene totale zonsverduistering af te wachten, om de protuberances of de strepen van haar spectrum te zien. Den dag toch, waarop Janssen de zonsverduistering van 1868 had waargenomen, stelde hij zich reeds de vraag, of het niet mogelijk zoude zijn, de helderste strepen der protuberances op eenen gewonen dag waar te nemen. Daar na de eclips de lucht betrokken was geworden, moest hij zijn onderzoek tot den volgenden dag uitstellen, doch had hij toen het geluk, om bij het volle daglicht de strepen te zien. De spleet van zijnen spectrokoop raakte den rand der zon, op eene plaats, waar hij den vorigen dag eene vlam gezien had. Dadelijk zag hij eene roode en eene blauwe streep, volkomen overeenkomende met de strepen van waterstof.

Op den dag, waarop het bericht dezer ontdekking Europa bereikte, deelde ook Lockyer mede, dat hij op den rand der zon waterstofstrepen had waargenomen.

Door den spectrokoop kan men ook *de protuberances der zon zelf* ten allen tijde waarnemen. Indien men toch de spleet van den spectrokoop, die den rand der zon raakt, evenwijdig aan zich zelf verplaatst, dan zal de lengte der heldere waterstofstrepen afhangen van de doorsnede der protuberance op de plaats der streep, zooals fig. 128 duidelijk maakt. De vorm der geheele protuberance wordt dus bepaald door de verandering in lengte der waterstoflijnen. De rand der zon wordt voorgesteld door R R; de protuberance door P; de lijnen SS_1S_2 stellen de standen van de spleet voor.

Men kan dus thans den omtrek der zon teekenen, zooals wij dien zouden zien, als het zonlicht ons niet verblindde. Fig. 129 is eene afbeelding der zon op 23 Juni 1871; men ziet daarin 17 protuberances, ieder op hare juiste plaats. Op die wijze kan men ook het verband der protuberances met de zonnevlekken bestudeeren.

De zon is dus omgeven door eenen dampkring, die hoofdzakelijk uit waterstof bestaat, en waarin de uitbarstingen van datzelfde gas plaats vinden. Die laag noemt men de *chromosfeer* (van *chromos*, kleur).

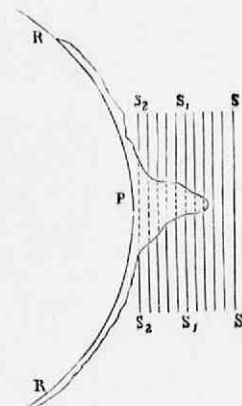


Fig. 128. — Eene protuberance, door de spleet van den spectrokoop gezien.

Op sommige sterrenwachten worden dagelijks de protuberances waargenomen en geteekend. Pater Secchi te Rome heeft ze jaren lang

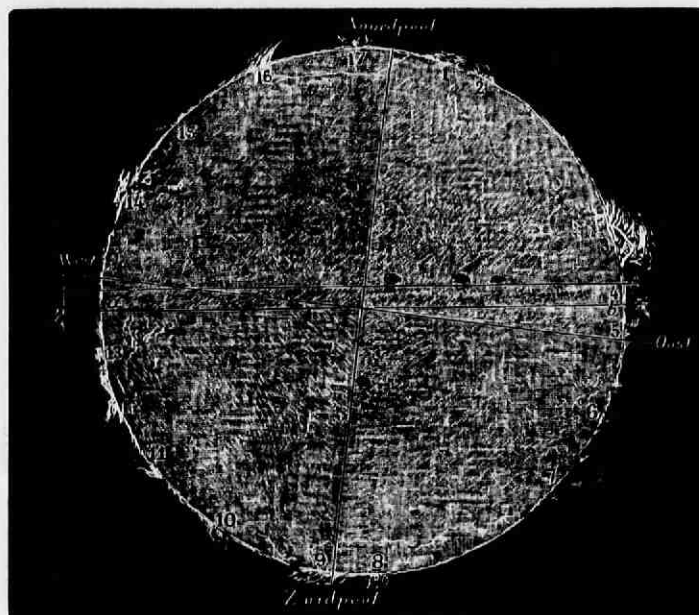


Fig. 129. — De zonneschijf met protuberances op 23 Juli 1871.

bestudeerd. In Italië bestaat zelfs *het genootschap der spectroscopisten*, waarvan de zetel te Palermo is gevestigd. Dit genootschap heeft eene

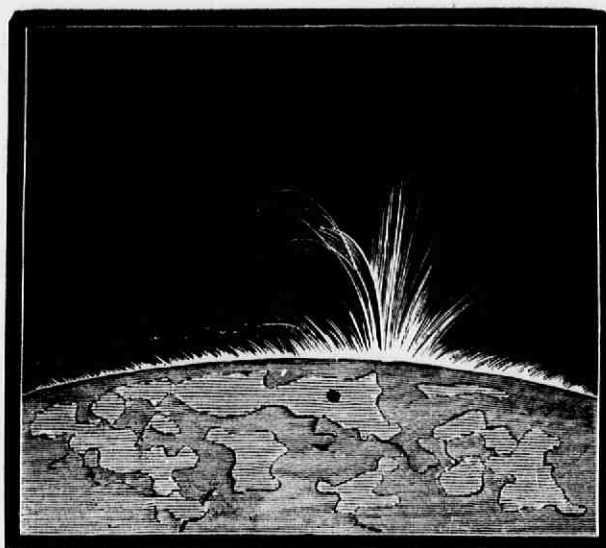


Fig. 130. — Eene uitbarsting op de zon.

reeks teekeningen gepubliceerd, waarvan enkele hier volgen. Fig. 130

van 21 April 1873, stelt een deel van den rand der zon voor; men ziet daarop sporen van fakkels en vlekken. Van den rand stijgen vlammen op, die zich tot op 40 000 kilometers in de atmosfeer der zon verheffen. De geheele zon is van dergelijke vlammen omgeven. Nu eens is er betrekkelijke kalmte, dan weer zijn er ontzaglijke uitbarstingen.

De helderheid dier lichtfonteinen is buitengewoon. Zij nemen soms prachtige vormen aan, zoo schoon als het schoonste vuurwerk, dat

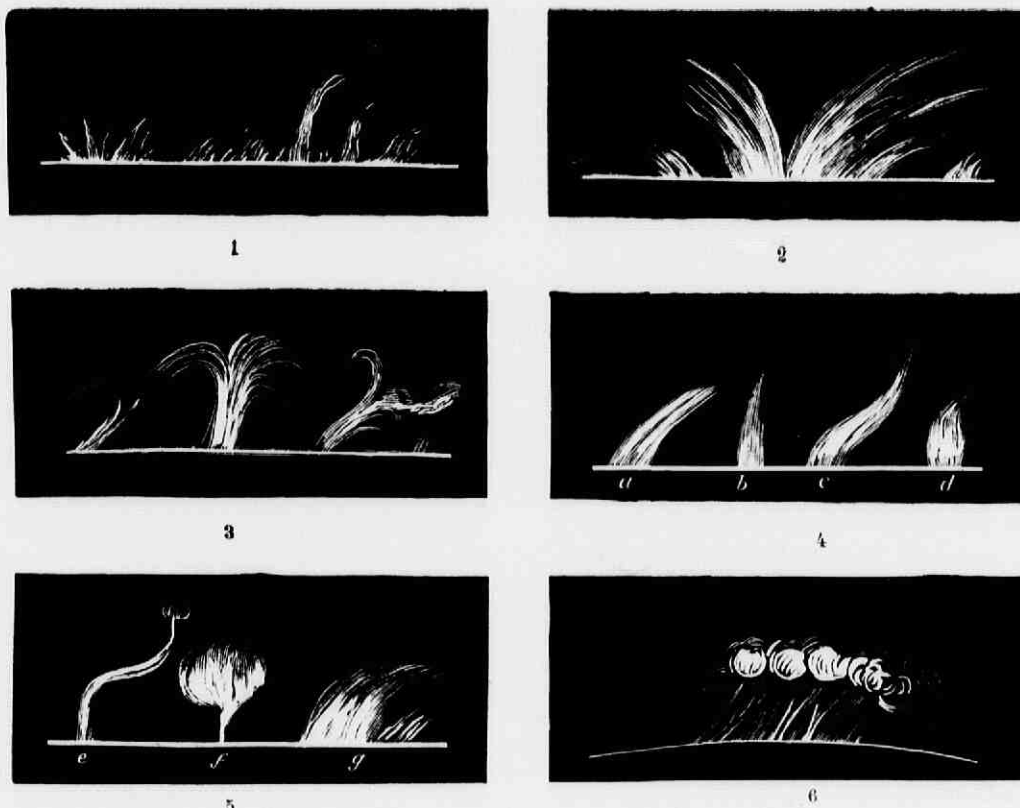


Fig. 131. -- Verschillende vormen van protuberances.

men zich kan voorstellen; de takken, in meer of minder hellende parabolën neervallende, bieden een schitterend schouwspel aan. Sommige vlammen hebben de gedaante van prachtige palmboomen met sierlijk gekromde takken. Gewoonlijk verdeelt zich de stam op eene bepaalde hoogte in takken. Nu eens ziet men de kruin door den wind medegevoerd in de richting der vlam, dan weer in tegengestelden zin teruggestooten. Haar licht is zóó sterk, dat men ze door de lichte wolken heen ziet, als de chromosfeer verdwijnt; haar spectrum wijst, behalve

op waterstof, op eene reeks andere stoffen. Het is een kortstondig vuurwerk, zelden duurt het een uur; gewoonlijk is het verschijnsel in enkele minuten verdwenen.

In de figuren 131 en 132 vindt men alle gedaanten vereenigd: vuurfonteinen, vuurbundels, pluimen en wolken. Wij maken opmerkzaam op fig. 131 5, *f*, waar de pluim aan de chromosfeer verbonden is door eenen dunnen stengel en zich op dien stengel als eene bloem verheft. In fig. 132 7 en 8 ziet men de pluimen in eene

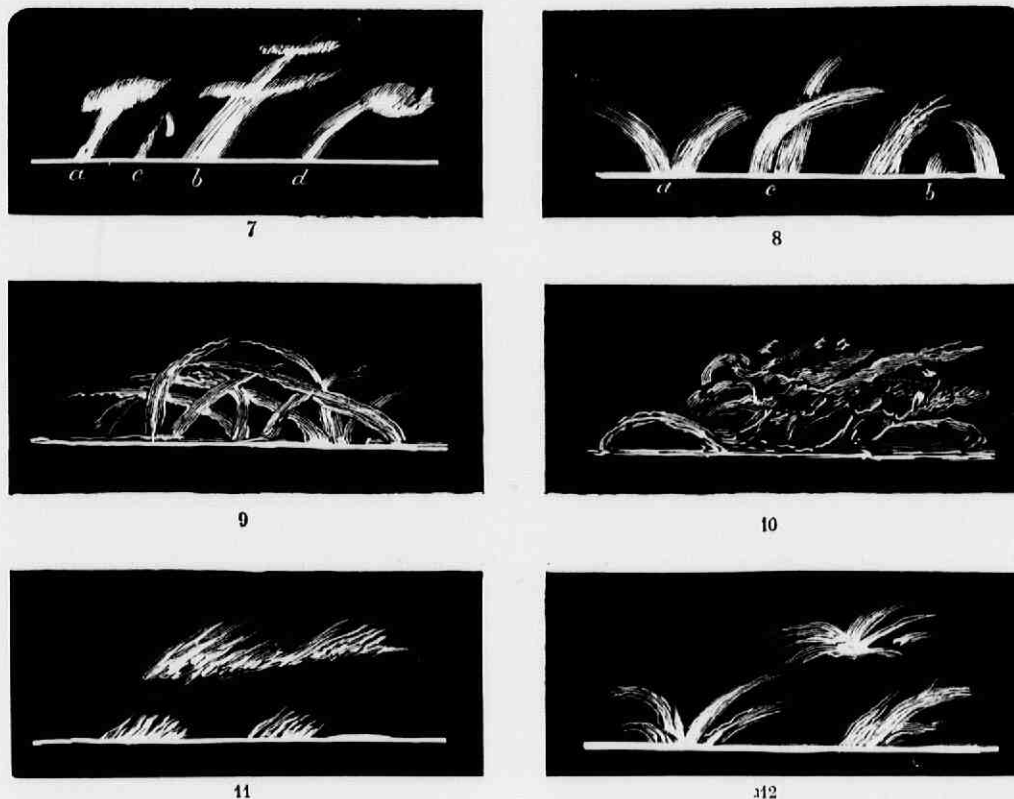


Fig. 132. — Verschillende vormen van protuberances.

wolkenmassa eindigen. Fig. 7, *b* wordt door verschillende wolken doorsneden. Fig. 8, *a* vertoont ons twee over elkander heenlopende pluimen. Het is zeker, dat vele haren vorm alleen aan het perspectief te danken hebben en in werkelijkheid niet tot ééne enkele protuberance behooren. Fig. 9 geeft daarvan eene duidelijke voorstelling.

De protuberances kunnen somtijds hoogten bereiken van 150 tot 200, eene enkele maal zelfs van 240 seconden.

Onder diegenen, die de protuberances met de meeste aandacht

hebben waargenomen, behoort de Amerikaansche astronoom Young, die eene vreeselijke waterstofuitbarsting in den dampkring der zon als het ware heeft bijgewoond. Hij geeft daarvan eene beschrijving, waaraan wij het volgende ontleenen: Den 7^{den} September 1871, tusschen 12 en 2 uren, had er op de zon eene uitbarsting plaats, die belangrijk was om hare hevigheid en haar plotseling optreden. Op den oostelijken rand der zon was reeds den vorigen dag eene ontzaglijke protuberance waargenomen, die het voorkomen had van eene lange, lage en rustige wolk, en die weinig veranderde. Zij bestond voornamelijk uit bijna horizontale draden en zweefde zóó hoog boven de chromosfeer, dat haar benedenuiteinde 24 000 kilometers daarvan verwijderd was; zij was daarmee echter, zooals gewoonlijk het geval is, verbonden door drie of vier heldere kolommen. Hare lengte bedroeg 161 000 kilometers op eene totale hoogte van 88 000 kilometers.

Plotseling wordt de kolom aan het zuidelijk deel der wolk helderder en op vreemde wijze gekromd. Bij den voet der noordelijke kolom ontwikkelt zich tegelijkertijd eene kleine schitterende wolk.

Fig. 133 geeft eene voorstelling der protuberance op dat oogenblik; *a* is de kleine wolk.

De waarnemer, die daarna gedurende een half uur zijnen kijker verliet, was niet weinig verbaasd, toen hij bij zijne terugkomst de geheele protuberance ten-

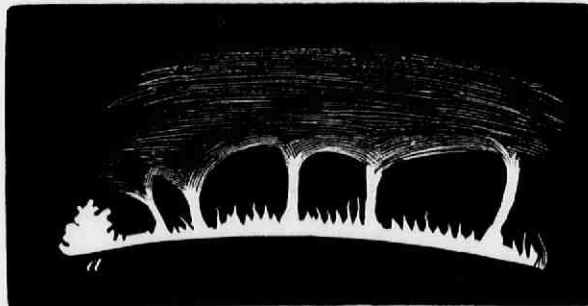


Fig. 133. — Eene uitbarsting op de zon. Eerste periode.

gevolge van de eene of andere uitbarsting totaal veranderd zag. In plaats van de rustige wolk zag hij eene menigte drijvende stukken en vertikale draden, die ieder 16 tot 10 seconden lang en 2 tot 3 seconden breed waren, terwijl de kolommen verdwenen waren, die hij vroeger op diezelfde plaats gezien had. Die draden hadden toen reeds eene hoogte van 4 minuten (176 000 kilometers) bereikt. Onder de oogen van den waarnemer rezen zij nog meer, en na verloop van 10 minuten waren zij tot eene hoogte van 300 000 kilometers boven de oppervlakte der zon gestegen! De vlammen werden tot 7'49" opgeworpen; en toch had men de waterstof van

de chromosfeer nooit hooger dan 5' waargenomen. De snelheid der beweging was 267 kilometers in de secunde.

Fig. 134 geeft een denkbeeld van het verschijnsel op het oogenblik, waarop de draden hunne grootste hoogte bereikt hadden. Naarmate zij hooger kwamen, werden zij tevens zwakker, zoodat men een tijd later niets meer zag dan enkele vlokken, met enkele lage vlammen in de nabijheid der chromosfeer.

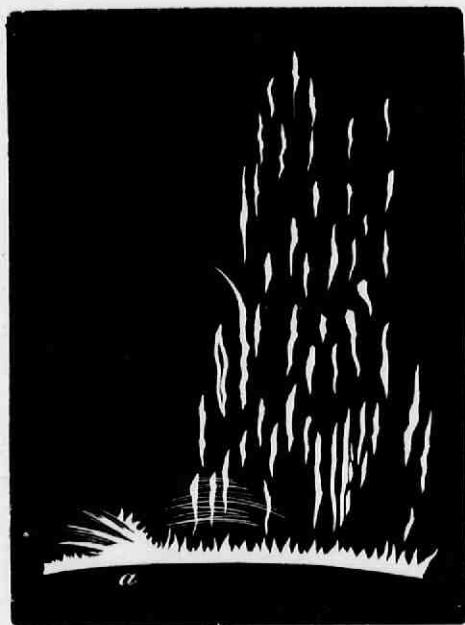


Fig. 134. — Eene uitbarsting op de zon.
Grootste hoogte.

Tegelijkertijd was de kleine wolk van fig. 133 grooter geworden en had zij zich ontwikkeld tot eene menigte vlammen, die over den rand der zon voortrolden; een oogenblik later verhieven zij zich pyramidaal tot eene hoogte van 80 000 kilometers, en daarna verbreedde zich de top der pyramide in lange door elkander loopende draden, die langzamerhand zwakker werden, om eindelijk uit te dooven. Fig. 135 stelt het oogenblik voor, waarop die wolk zich in draden gesplitst had.

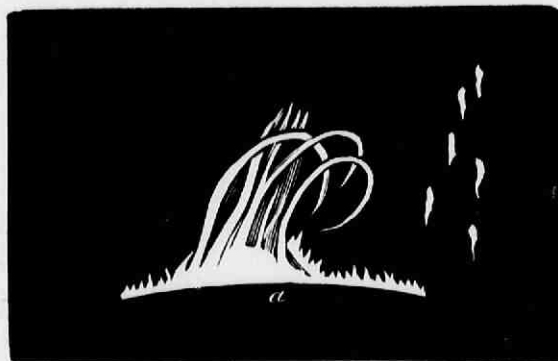


Fig. 135. — Einde der uitbarsting.

Op denzelfden dag was een deel der chromosfeer aan den tegenovergestelden kant der zon gedurende eenige uren in heftige en ongewone beweging. Op dien datum, 7 September 1871, had men in Amerika een prachtig noorderlicht. Was dit

een antwoord op die uitbarsting?

Het bestek van dit boek laat niet toe, te lang over die uitbarstingen uit te weiden. Alleen enkele merkwaardige voorbeelden vinden hier nog eene plaats.

Zoo zien wij in fig. 136 vier protuberances, met bijzonder losse vormen.

Den 25^{sten} Augustus 1872 heeft men te Rome eene protuberance waargenomen, die niet minder opmerkelijk was. Wij geven daarvan in fig. 137 eene teekening.

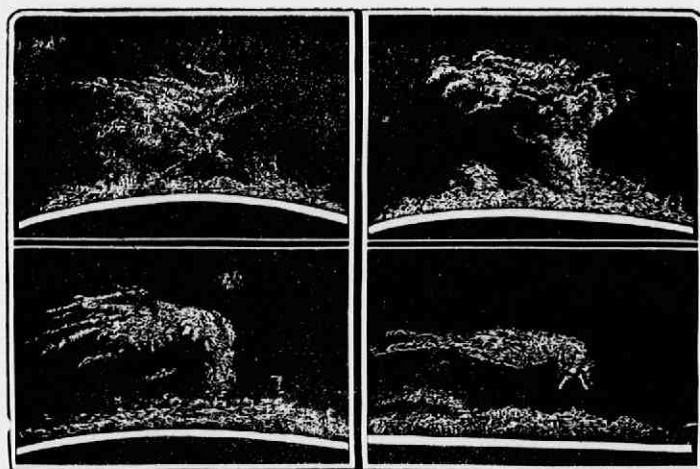


Fig. 136. — Losheid van vorm van enkele protuberances.

Den 3^{den} April 1873 zag men te Rome boven den rand der zon eene zich hoog verheffende waterstofmassa. Na eenigen tijd had zij de gedaante van fig. 138 aangenomen en eene hoogte van 322 000 kilometers bereikt. Binnen vijf en twintig minuten was die hoogte reeds 50 000 kilometers verminderd. Zij had dus een hoogte van een vierde van de middel-lijn der zon.

Den 30^{sten} Januari 1885 heeft Tacchini te Rome eene der merkwaardigste protuberances geteekend.

Zij was 6'18" of 228 000 kilometers groot.

De grootste protuberance is die, welke in 1880 door Young is waargenomen en die 563 000 kilometers groot was, dat is $1\frac{1}{2}$ maal den afstand van de aarde tot de maan. Met hoeveel zorg de teeke-

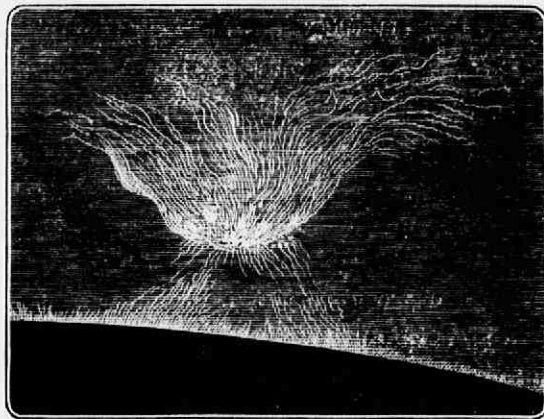


Fig. 137. — Protuberance, te Rome waargenomen den 25^{sten} Augustus 1871.

ningen ook vervaardigd zijn, het leven ontbreekt er aan. Die gloeiende massa's, met hare eigenaardige beweging en hare schitterende kleurenpracht, kunnen nooit worden weergegeven.

De oorsprong der krachten, die de gloeiende gassen naar de hogere streken van de chromosfeer opheffen, is nog niet bekend. Zijn die bewegingen het gevolg van de geringe dichtheid der lichtende stof, of moet men ze toeschrijven aan eene opstuwende kracht,



Fig. 138. — Protuberance, wier hoogte het vierde deel van de middellijn der zon bedraagt.

uitgaande van het inwendige gedeelte der zon? De tweede onderstelling is de waarschijnlijkste. De stof beweegt zich immers niet in eene rechte lijn, maar zij is onderworpen aan draaiende bewegingen, waardoor de lichtfonteynen spiralen vormen, wier assen alle mogelijke standen kunnen innemen, van vertikaal tot horizontaal. Die draaiende bewegingen, voornamelijk die om eene horizontale as, moeten noodzakelijk ontstaan zijn uit eene opstuwende kracht, verbonden met heftige stroomingen of stormen.

Tot eene bepaalde hoogte gestegen, veranderen die lichtende massa's van gedaante, zij verliezen haren draadvorm, en krijgen de gedaante van nevels, evenals rook, die in de lucht verdwijnt; naarmate zij hooger stijgen, verspreiden zij zich meer en meer, om langzamerhand op te lossen.

Hieruit kunnen wij afleiden, dat de beweging plaats heeft in eene weerstandbiedende middenstof, die geene andere is dan de dampkring der zon.

Indien het waar is, dat sommige bewegingen eene snelheid hebben van 600 tot 800 kilometers, dan is de tegenstand in den dampkring niet groot genoeg om te verhinderen, dat de uitgeworpen stof buiten de aantrekkende sfeer der zon komt en zich in de oneindige ruimte verliest.

Hieruit behoeft nog niet te volgen, dat het gewicht der zon verminderen zoude, daar dat verlies kan vereffend worden door de groote menigte stoffen, zooals aërolieten, die aanhoudend op de zon neervallen.

Zeker is het, dat de zon omgeven is door onbekende stoffen, die zich tot op eenen grooten afstand om haar heen uitstrekken. Bij het waarnemen eener zonsverduistering met het bloote oog worden wij het meest getroffen door den schitterenden stralenkrans, die de

maan omgeeft, en die den naam draagt van *corona* (lichtkroon).

Het is moeilijk, de lichtsterkte der corona nauwkeurig te bepalen, zij is minstens gelijk aan die der volle maan.

Men onderscheidt gewoonlijk in de corona drie verschillende afdeelingen, waarvan de grenzen niet scherp zijn afgebakend. De eerste en helderste is de schitterende ring, die in onmiddellijke aanraking is met de fotosfeer; in die laag schijnt de purperkleurige stof te zweven. De glans van dien ring is zoo aanzienlijk, dat daardoor het oogenblik, waarop de totale verduistering begint, moeilijk valt waar te nemen. Zijne breedte bedraagt 15 tot 20 seconden.

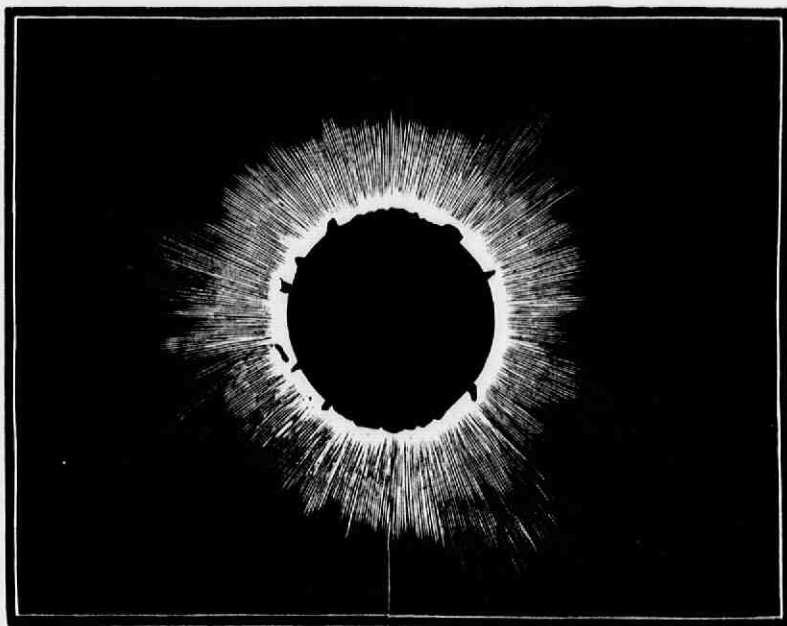


Fig. 139. — Corona en vederpluimen bij de eclips van 1860.

Om die laag heen en daarmede in aanraking, vindt men eene tweede laag, waarin de protuberances worden voortgebracht, en die zich uitstrekt tot op 4 of 5 minuten. Daarboven begint de eigenlijke *corona*; zij is niet, zooals men vroeger meende, regelmatig, maar zij bevat dikwijls oneffenheden en somtijds diepe holten. Men vindt in de lichtkroon lange, rechte pluimen, gelijkende op de lichtstralen, die tusschen de wolken uitkomen, als de zon dicht bij den horizon staat. Deze strekken zich dikwijls tot op verbazende afstanden uit.

De oorsprong der corona en der vederpluimen is zonder twijfel in de zon gelegen, maar haar vorm kan zeer gewijzigd worden

door de tegenwoordigheid der maan en den toestand van onzen dampkring. De uitgestrektheid der corona is niet met voldoende zekerheid bekend. De onvolkomenheid onzer werktuigen en de onvoldoende gevoeligheid van ons netvlies en van onze fotografische preparaten zijn oorzaak, dat wij niet kunnen weten, hoeveel verder hare grenzen gelegen zijn dan die, welke door ons worden waargenomen. Het is mogelijk, dat zich eene meer verdunde stof veel verder uitstrekt, dan wij kunnen waarnemen, misschien wel tot aan het zodiakaallicht.

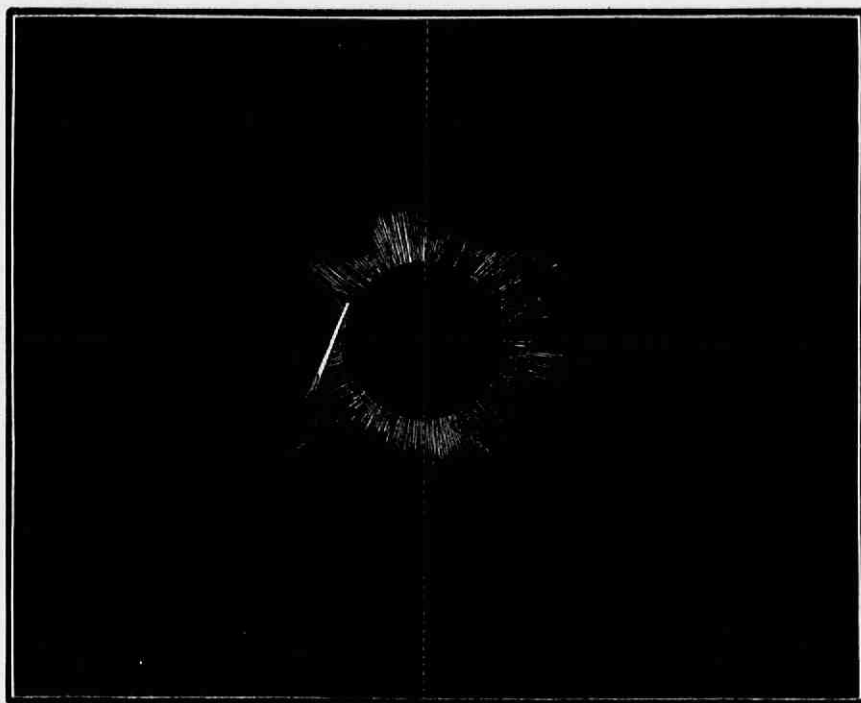


Fig. 140 — Corona en vederpluimen bij de eclips van 1868.

Volgens Huggins bestaat de corona uit uiterst fijne stofdeeltjes en uit lichtende gassen. Immers zij zendt ons licht met een doorlopend spectrum, hetgeen, zooals wij later zien zullen, bewijst, dat het afkomstig is van gloeiende vaste of vloeibare deeltjes. Bovendien geeft zij nog een lijnenspectrum, dat duidelijk wijst op lichtende gassen.

Zeker is het, dat de corona-stof zóó ijl is, dat men geene maat heeft, waarin men die ijelheid kan uitdrukken. Een millioenste van de dichtheid der gewone dampkringslucht is eene dichtheid, die ontzaglijk groot is in vergelijking met de dichtheid der corona.

Bij de zonsverduistering van 1893 is het gebleken, dat de corona deel neemt aan de aswenteling der zon, en dus ongetwijfeld tot hare atmosfeer behoort.

Wij geven in fig. 139, 140, 141 teekeningen van de corona, zooals zij gezien is bij de totale eclipsen van 1860, 1868 en 1889.*

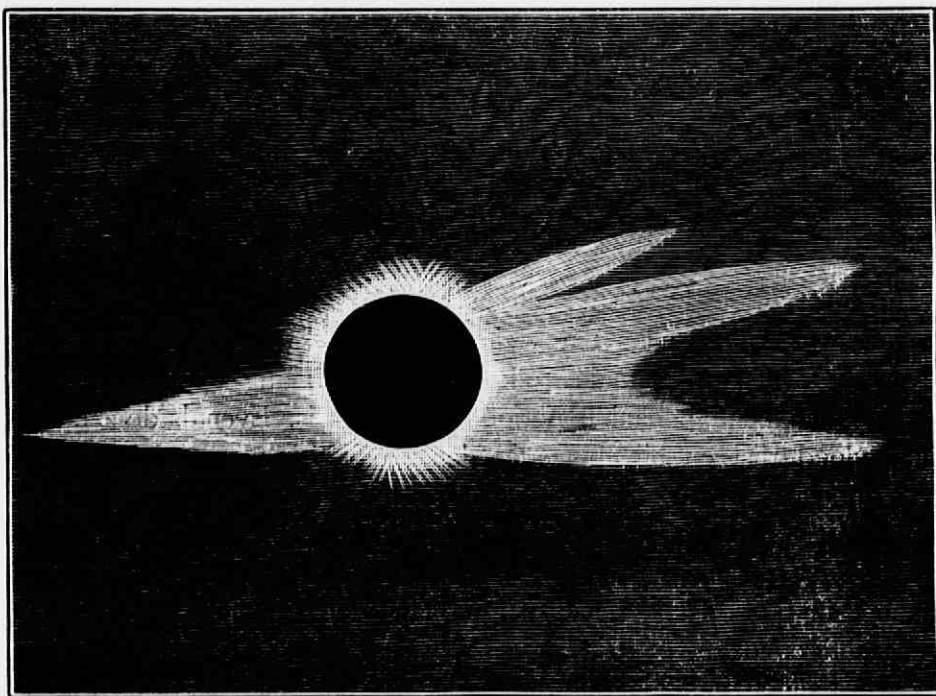


Fig. 141. — De totale eclips van 1 Januari 1889, in Californië waargenomen.

Ten slotte moeten wij nog opmerken, dat zich kosmische stof in het zonnestelsel beweegt, die, als zij in het perihelium komt, in de onmiddellijke nabijheid der zon gelegen is. Misschien moet hierin de verklaring gezocht worden van enkele buitengewone verschijnselen die zich gedurende de zoneclipsen voordoen.

VIJFDE HOOFDSTUK.

Periodieke veranderingen op de zon.

Jaarlijksche veranderingen van het aantal zonnevlekken en protuberances. Elfjarige periode.

Het aardmagnetisme en het noorderlicht.

In het vorige hoofdstuk zagen wij, dat de zon steeds in heftige beroering is. Wij zullen thans zien, dat zich die werking niet steeds even krachtig en evenmin volkomen onregelmatig openbaart, maar dat zij aan eene bepaalde periode gebonden is. Evenals de zee door den vloed rijst en bij eb weder daalt, om zich na regelmatige tusschenpoozen weder te verheffen, evenals onze borst zich bij het ademen in regelmatige tusschenpoozen uitzet en weder inkrimpt, zoo schiet de zon hare bliksemschichten en verricht zij hare ademhaling in periodes, geëvenredigd aan de grootschheid van den reusachtigen oven.

Wij kunnen van hier uit die perioden waarnemen, al zijn wij ook op duizelingwekkenden afstand van de zon verwijderd. Het blijkt, dat het aantal vlekken en protuberances alle elf jaren een maximum bereikt, daarna gedurende 7,5 jaar vermindert om weder 3,6 jaar aan te groeien. Doch die periode van 11,1 jaar is evenmin standvastig. Zij wisselt af tusschen 9 en 12 jaren.

Schwabe is in het jaar 1826 begonnen de zonnevlekken te tellen. Men ziet in de volgende tabel, die loopt van 1826 tot 1889, dat in de jaren 1828, 1837, 1848, 1860, 1870—1871, 1883 het maximum bereikt werd, en in de jaren 1833, 1843, 1855, 1867, 1878, 1889 het minimum; de periode van het afnemen is grooter dan die van het toenemen. Het laatste maximum had plaats in 1893. Sedert 1888 heeft men de zonnevlekken niet alleen geteld, maar heeft men ook bepaald, hoe groot het oppervlak is, dat die vlekken beslaan, uitgedrukt in millioenste deelen van het naar ons toegekeerde gedeelte der zon.

AANTAL ZONNEVLEKKEN NAAR DE JAREN.

Jaren.	Aantal.	Jaren.	Aantal.
1826	118	1853	91
1827	161	1854	67
1828 <i>maximum</i>	225	1855 <i>minimum</i>	28
1829	199	1856	34
1830	190	1857	98
1831	149	1858	202
1832	84	1859	205
1833 <i>minimum</i>	33	1860 <i>maximum</i>	211
1834	51	1861	204
1835	173	1862	160
1836	272	1863	124
1837 <i>maximum</i>	333	1864	130
1838	282	1865	93
1839	162	1866	45
1840	152	1867 <i>minimum</i>	25
1841	102	1868	101
1842	68	1869	198
1843 <i>minimum</i>	34	1870	305
1844	52	1871 <i>maximum</i>	364
1845	114	1872	292
1846	157	1873	215
1847	257	1874	159
1848 <i>maximum</i>	330	1875	91
1849	238	1876	57
1850	186	1877	48
1851	141	1878 <i>minimum</i>	19
1852	125		

Van nu af aan wordt het oppervlak opgegeven, dat door de vlekken bedekt wordt, uitgedrukt in millioenste deelen der naar ons toegekeerde helft der zon.

	met vlekken bedekt.		met vlekken bedekt.
1878 <i>minimum</i>	24	1884	1079
1879	49	1885	811
1880	416	1886	381
1881	730	1887	179
1882	1002	1888	—
1883 <i>maximum</i>	1155	1889	—

Elk maximum ligt dicht bij het vorige minimum dan bij het volgende. Indien men op gelijke afstanden van elkander elf verticale lijnen trekt, wier hoogte overeenkomt met het aantal vlekken voor ieder jaar, en men verbindt de toppen dier lijnen door eene kromme lijn, dan verkrijgt men fig. 142, waar alleen de vertikalen der maxima en der minima behouden zijn.

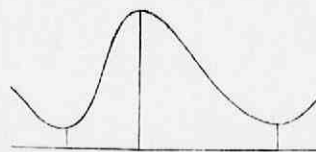


Fig. 142. — Elfjarige periode der zonnevlekken.

Fig. 143 toont aan, dat ook de verschillende perioden niet onderling gelijk zijn; indien echter in eene periode het afnemende gedeelte grooter of kleiner wordt, dan is dit met het toenemende gedeelte evenzeer het geval.

Niet alleen de zonnevlekken zijn aan eene periodieke verandering onderworpen, dit is ook met de protuberances het geval. Wij zagen

vroeger, dat sedert het jaar 1871 dagelijks de protuberances door middel van den spectrokoop worden waargenomen. Indien men het aantal op de zon getelde protuberances deelt door het aantal dagen, dat men ze heeft kunnen waarnemen, dan vindt men het gemiddelde aantal voor iederen dag. Op deze wijze is de volgende tabel samengesteld:

GEMIDDELD AANTAL PROTUBERANCES, IN ÉÉNEEN DAG OP DE ZON
WAARGENOMEN.

1871 15	1876 5	1881 11	1886 7,3
1872 12	1877 4	1882 11	1887 9,0
1873 9	1878 2	1883 9	1888 7,8
1874 7	1879 3	1884 11	
1875 6	1880 7	1885 10	

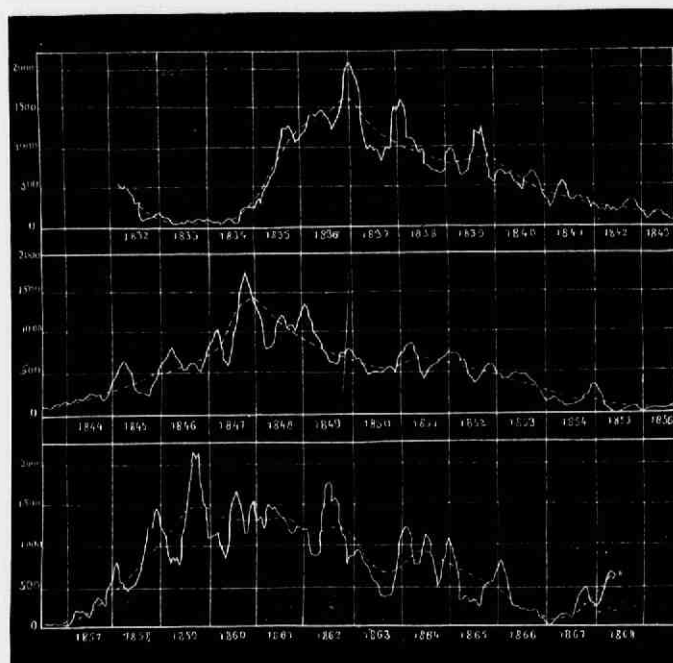


Fig. 143. — Schommelingen in de elfjarige periode

Hetzelfde resultaat levert de waarneming der fakkels op. De elfjarige periode speelt dus in de natuurlijke gesteldheid der zon eene belangrijke rol.

Schwabe had die periode oorspronkelijk op 10 jaren geschat. Wolf uit Zurich vond, dat zij 11,11 jaren bedroeg.

Waar men verschijnselen waarneemt, moet ook een oorzaak bestaan. Wat is dus de oorzaak van die wijzigingen op de oppervlakte der zon?

De oorzaak kan in de zon zelf gelegen zijn. Zij kan ook daar buiten

huizen. In het eerste geval zal het niet gemakkelijk zijn, die oorzaak te ontdekken.

In het tweede geval ligt het voor de hand, de oorzaak te zoeken in de beweging en de aantrekking der planeten.

Onder de planeten is er ééne, die het in belangrijkheid verre van alle andere wint en wier omloopstijd om de zon niet veel van 11,11 jaren verschilt. Onze lezers hebben reeds Jupiter genoemd, wier middellijn $\frac{1}{10}$ en wier massa $\frac{1}{1000}$ is van die der zon. Zij volbrengt hare beweging om de zon in 11,85 jaren.

Haar afstand tot de zon verandert gedurende hare beweging aanmerkelijk. Terwijl haar gemiddelde zonsafstand 5,203 bedraagt, (die der aarde = 1 gesteld) wordt die afstand in het perihelium 4,950 en in het aphelium 5,456. Het verschil dier beide laatste afstanden is 0,506, dus ruim de helft van den afstand van de aarde tot de zon of 76 millioen kilometers. Terwijl Jupiter om de zon wentelt, oefent zij daarop eene aantrekkende werking uit, die gemakkelijk berekend kan worden, en verplaatst zij het zwaartepunt der zon, dat dus nooit kan samenvallen met het middelpunt en altijd verschoven is in de richting van Jupiter. De aantrekking der overige planeten is oorzaak, dat die werking niet regelmatig is; doch de groote massa van Jupiter geeft haar ook in dit opzicht het overwicht boven alle andere planeten.

Het zou kunnen zijn, dat er een verband bestond tusschen het maximum der zonnevlekken en den afstand van Jupiter tot de zon. Als dit werkelijk het geval was, dan zou de periode der zonnevlekken 11,85 jaren zijn.

Wij zagen echter, dat, terwijl Jupiter na 11,85 jaren in haar perihelium terugkomt, het maximum der zonnevlekken na 11,11 jaren terugkeert, hetgeen een verschil maakt van 260 dagen. Nu zou het kunnen zijn, dat andere planeten de oorzaak waren van het vervroegen dier periode. Venus, die zich in 225 dagen om de zon beweegt, komt alle 245 dagen tusschen Jupiter en de zon, de aarde alle 399 dagen. Die beide planeten moeten op de zon eene zelfde werking uitoefenen als Jupiter, hoewel in veel geringere mate. Men zou dus in de periode der zonnevlekken eene combinatie van 11,85 jaren met 1 jaar en met 225 dagen moeten terugvinden, waarbij Venus meer invloed moest uitoefenen dan de aarde, omdat zij sterker op de zon werkt. Ongelukkig is van een zoodanig verband niets te bespeuren.

Hetzij toch het maximum der zonnevlekken wordt waargenomen, als Jupiter in het perihelium, hetzij als deze in het aphelium gelegen

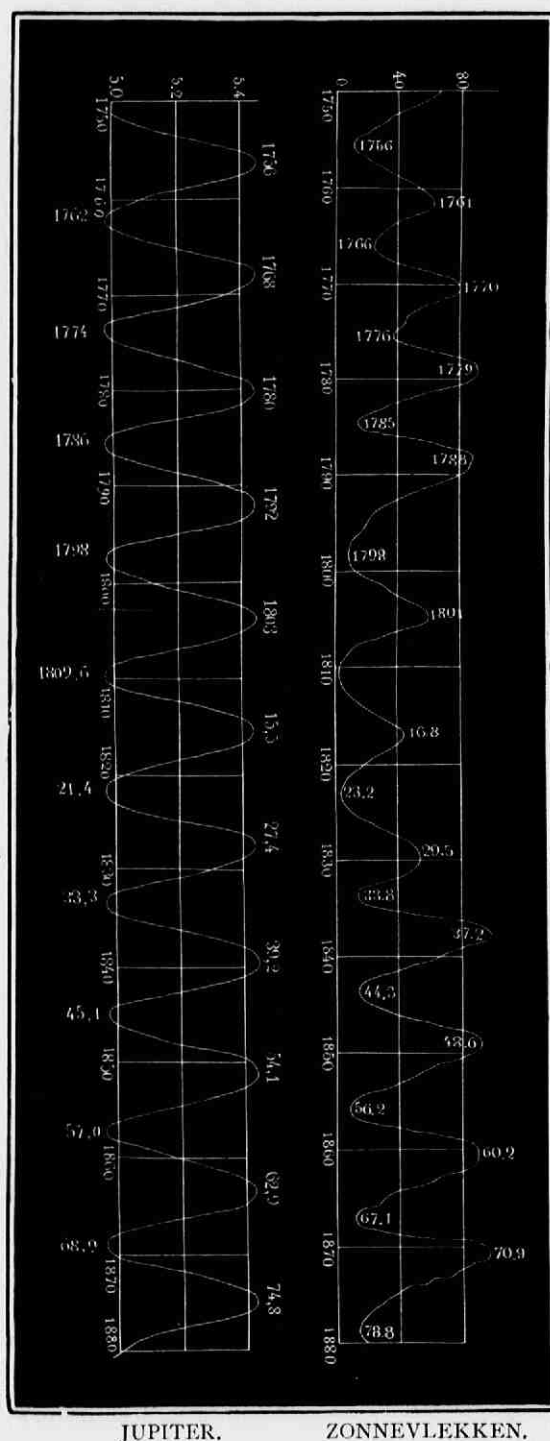


Fig. 144. — Vergelijking van de verandering in het aantal zonnevlekken met den afstand van Jupiter tot de zon.

is, dat maximum zou toch steeds moeten samenvallen met denzelfden stand van Jupiter in hare baan.

Nu blijkt het, dat, indien op een zeker tijdstip het maximum der zonnevlekken wordt waargenomen op het oogenblik, dat Jupiter in het perihelium staat, na 13 of 14 Jupiter-jaren de rollen juist omgekeerd zijn, omdat de omwentelingstijd van Jupiter met de periode der zonnevlekken 260 dagen verschilt.

Uit nevensgaande lijnen (fig. 144) blijkt dit verspringen van het maximum der zonnevlekken ten opzichte van den afstand van Jupiter duidelijk. In het jaar 1756 viel het maximum van den afstand van Jupiter samen met het minimum der zonnevlekken; in 1803 daarentegen viel het maximum van den afstand van Jupiter samen met het maximum der zonnevlekken. Thans is de toestand weer ongeveer dezelfde als in 1756. Daar het niet is aan te nemen, dat dezelfde oorzaak juist tegenovergestelde gevolgen zou kunnen teweegbrengen, moeten wij dus

het verband tusschen den afstand van Jupiter en het aantal zonnevlekken laten varen.

Zou het nu ook mogelijk kunnen zijn, dat men de meeste zonnevlekken vindt op dat gedeelte der zon, dat naar Jupiter is toegekeerd? Indien dit het geval was, dan zou men op aarde telkens na 13 maanden een maximum van zonnevlekken moeten waarnemen, omdat telkens na dien tijd de aarde tusschen Jupiter en de zon geplaatst is. Men ziet dan echter niet meer zonnevlekken dan $6\frac{1}{2}$ maand te voren. Bovendien zouden, daar de zon in 26 dagen om hare as wentelt, telkens na dien tijd de zonnevlekken weer naar ons toegekeerd moeten zijn. Hoe men dus de zaak ook beschouwt, van den invloed van Jupiter is niets te bespeuren. De overige planeten kunnen dan zeker niet van invloed zijn op het aantal zonnevlekken.

Opmerkelijk is echter het verband tusschen het aantal zonnevlekken en de verschijnselen van het aardmagnetisme.

Men weet, dat de magneetnaald niet onbewegelijk blijft in het vlak van den magnetischen meridiaan, maar onophoudelijk heen en weer schommelt. De grootste oostelijke verplaatsing heeft zij des morgens te 8 uren. Daarna keert zij weer naar den meridiaan terug, schommelt zij verder en heeft zij hare grootste westelijke verplaatsing te 11 uren 15^m n.m. Die schommeling heeft dus plaats in ruim 5 uren, doch die periode verandert met het jaargetijde.

Des avonds te 8 uren is de oostelijke verplaatsing weder het grootst, van daar beweegt de naald zich weder naar het westen tot 11 uren 's avonds, om weer des morgens te 8 uren in den stand van den vorigen morgen terug te keeren. Fig. 145 stelt die vier bewegingen voor op evenwijdige lijnen.

Dit verschijnsel is algemeen; het heeft volgens dezelfde wetten plaats op de geheele aarde; alleen de wijde der schommeling is verschillend op verschillende breedten. Zij is te Utrecht gemiddeld 8 minuten, tusschen de keerkringen is zij slechts 1 of 2 minuten, en zij neemt toe, naarmate men de polen nadert. Bovendien wordt de gang van de naald van tijd tot tijd gewijzigd door storingen, die zich op hetzelfde oogenblik over een groot gedeelte der aarde doen gevoelen.

Indien men de gemiddelde declinatie (afwijking uit den magnetischen

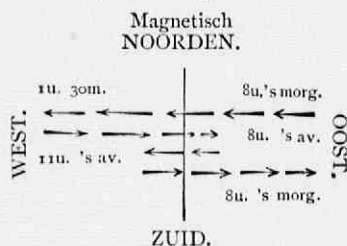


Fig. 145. — Dagelijksche schommeling van de magneetnaald.

meridiaan) door eene rechte lijn en het bedrag der dagelijksche storing door loodlijnen voorstelt, dan verkrijgt men de kromme lijnen van fig. 146, die de dagelijksche veranderingen in de declinatie voor elke maand van Augustus 1876 tot Augustus 1877 voorstellen, zooals zij te Montsouris zijn waargenomen. De gedeelten onder het gemiddelde zijn gearceerd. Iedere horizontale lijn stelt

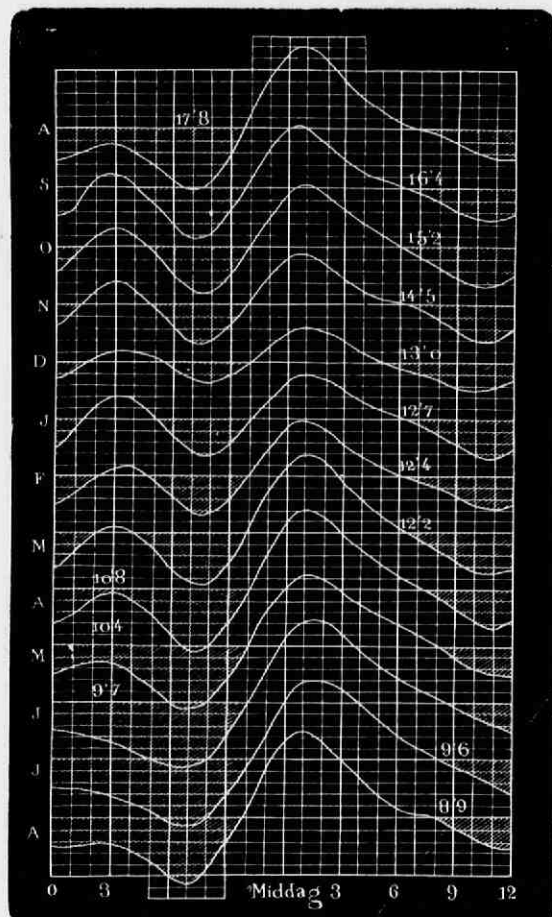


Fig. 146. — Grafische voorstelling van de dagelijksche schommeling der magneetnaald.

1' voor. De gemiddelde declinatie bedroeg in Augustus 1876 $17^{\circ} 17,8'$ en nam af tot $17^{\circ} 8,8'$. Doch voor ons van meer belang is het feit, dat het verschil tusschen het laagste punt (8^u 's morgens) en het hoogste punt (1^u 15^m n.m.) verandert. De wijidte der schommelingen verandert elken dag, iedere maand, ieder jaar. Indien men het gemiddelde neemt voor een geheel jaar, dan blijkt het, dat de wijidte der schommeling in ongeveer elf jaren verdubbelt en dat het maximum der dagelijksche slingerwijidte samenvalt met het maximum der zonnevlekken, het minimum met het minimum der zonnevlekken, en wat nog opmerkelijker is: de naald vertoont van tijd tot tijd buitengewone

afwijkingen, die samenwallen met buitengewone woelingen op de zon.

Niet alle sterrenkundigen zijn overtuigd van het bestaan van het verband tusschen de zonnevlekken en het aardmagnetisme. Om elken twijfel weg te nemen, geven wij eene tabel, waarin de afwijking der magneetnaald met het aantal zonnevlekken vergeleken wordt. Wij moeten hierbij in het oog houden, dat het aantal zonnevlekken en

protuberances slechts betrekkelijk is, omdat deze alleen kunnen waargenomen worden bij helder weder, en omdat men de uitbarstingen alleen zien kan op den rand der zon. Uit deze tabel blijkt, dat de dagelijksche verandering der declinatie een maximum was in 1848, 1859, 1870—71, 1883—84 en een minimum in 1844, 1856, 1867, 1878 en overeenkomt met de maxima en minima der zonnevlekken. Van 1842 tot 1877 vindt men alleen het *aantal* zonnevlekken, van 1878 af echter ook de *uitgestrektheid* der vlekken, uitgedrukt in millioenste deelen van het oppervlak der zon, dat naar ons toegekeerd is.

Jaren.	Aantal zonnevlekken.	Aantal uitbarstingen per dag.	Dagelijksche verandering der declinatie.					
			Praag.	Munchen.	Christiania.	Londen.	Milaan.	Rome. Utrecht.
1842	68		6,34'	7,08'	5,48'	9,04'	7,50'	
1843	34		6,57	7,15	5,76	9,01	7,36	
1844	52		6,05	6,61	5,23	8,68	6,99	
1845	114		6,99	8,13	5,81	9,32	7,62	
1846	157		7,65	8,81	6,12	9,62	7,93	
1847	257		8,78	9,55	7,39	11,01	9,72	
1848	330		10,78	11,15	9,18	12,22	1,37	
1849	238		10,27	10,64	8,61	11,38	19,92	
1850	186		9,97	10,44	8,49	10,78	8,91	
1851	151		8,32	8,71	6,89	9,16	7,17	
1852	125		8,09	9,00	7,17	9,24	7,57	
1853	91		7,09	8,63	6,59	8,06	7,59	
1854	67		6,81	7,56	6,00	8,50	5,76	
1855	79		6,41	7,33	5,16	7,79	5,60	
1856	34		5,98	7,08	5,02	6,85	5,12	
1857	98		6,95	7,64	5,51	6,62	5,41	
1858	188		7,41	9,33	7,56	9,38	7,71	
1859	205		10,37	11,17	9,13	11,22	10,01	10,87
1860	211		10,05	10,93	8,42	11,16	8,05	10,98
1861	204		9,17	10,20	7,81	10,55	7,51	9,60
1862	160		8,59	8,64	6,88	9,30	7,61	8,99
1863	124		8,84	8,24	7,00	9,53	7,26	7,86
1864	130		8,02	7,64	6,00	9,34	7,19	8,38
1865	93		7,80	7,35	5,72	9,15	5,85	7,59
1866	45		6,60	6,88	5,70	8,49	4,21	7,14
1867	25		6,47	7,00	5,69	7,85	4,95	6,58
1868	101		7,27	7,71	6,65	8,93	6,81	7,13
1869	198		19,44	9,22	7,82	10,11	8,78	8,95
1870	305		11,47	12,27	9,95	12,53	11,52	10,97
1871	304	15	11,60	11,70	9,86	12,53	10,70	11,13
1872	292	12	0,70	10,96	9,21	11,82	10,32	10,65
1873	215	9	9,05	9,12	9,72	10,31	8,64	9,01
1874	159	7	7,98	8,33	7,09	9,07	7,77	8,11
1875	91	6	6,73	7,05	5,61	7,58	5,78	6,97
1876	57	5	6,47	6,79	5,48	7,45	6,31	6,82
1877	48	4	5,95	6,61	5,20	6,85	5,68	6,63
1878	24	2,0	5,65	6,50	5,19	6,79	5,30	6,22
1879	49	3,0	5,99	6,96	5,54	6,84	6,16	
1880	416	6,7	6,85	6,90	6,50	7,98	7,31	
1881	730	11,1	8,08	8,79	7,00	9,15	8,33	
1882	1002	11,1	7,92	8,66	7,29	8,80	8,23	
1883	1155	9,1	8,34	8,55	7,49	9,22	8,68	
1884	1079	11,0	8,45	9,33	7,99	9,72	9,11	
1885	811	9,8	7,83	7,80	7,06	8,82	7,95	
1886	381	7,3	7,40	7,20	6,41	8,44	6,72	
1887	179	9,1	6,72		5,31	7,84	6,61	
1888	89	7,8			5,45		6,21	

Indien men de kromme der zonnevlekken trekt, en daaronder de kromme der verandering in de declinatie volgens de waarnemingen te Praag, dan krijgt men fig. 147, die ons zóó duidelijk den indruk geeft van eene werkelijke overeenstemming, dat het geen te groote verwondering baart, dat Wolf, de directeur der sterrenwacht te Zurich, formules heeft afgeleid, om het gevlekte deel der zon te berekenen uit magnetische waarnemingen, zonder de zon te behoeven waar te nemen. De fout was nooit grooter dan eenige maanden.

De studie van het aardmagnetisme is belangrijk en leerrijk. Eene zwakke naald, een stukje gemagnetiseerd ijzer, steeds in beweging, schommelt onophoudelijk om den magnetischen meridiaan. Indien men die naald in eenen luchtballon tot naar de grenzen van den dampkring verplaatst, haar in eenen van het licht afgesloten grafkelder opsluit, of haar in eene diepe mijn doet afdalen, steeds blijft zij dag en nacht in beweging en zoekt zij het punt, dat haar door den dampkring of de aarde heen naar zich toetrekt. In die jaren, waarin de schommelingen van dit kleine stukje ijzer het sterkst zijn, heeft men op de zon de meeste zonnevlekken en protuberances, en in de jaren, waarin hare dagelijksche afwijkingen het kleinst zijn, vindt men op de zon bijna geene vlekken of stormen! Zou misschien de zon zelf magnetisch zijn? Maar het magnetisme verdwijnt bij de temperatuur van rood gloeiend ijzer, terwijl de temperatuur der zon veel hooger is. Zou het een electrische stroom zijn, die van de zon naar de aarde stroomt over eenen weg van 148 millioen kilometers? Wie vermag op die vragen een voldoende antwoord te geven?

De zeeman op den uitgestrekten oceaan, de reiziger in verre en onbewoonde landen, de vrome muzelman, die met het aangezicht naar Mekka gekeerd nederknielt, de natuurkundige, die de oorzaak van het magnetisme tracht te doorgronden, zij allen hebben het oog gevestigd op de naald, die met eene geheimzinnige kracht beziel is.

»Allah is groot!» roept de muzelman uit. De natuuronderzoeker vraagt: »waarom?»

De sterkte van het magnetisme der aarde is door den grooten natuuronderzoeker Gauss geschat. Hij vond, dat 8464 biljoen staven van 0,48 kilogram, zoo sterk mogelijk gemagnetiseerd, dezelfde magneetkracht bezitten als de aarde.

Nog enkele bijzonderheden omtrent het verband tusschen het aardmagnetisme en de zon vinden hier eene plaats:

Op den 1^{sten} September 1859 namen twee astronomen, Carrington en Hodgson, geheel onafhankelijk van elkander de zon waar. Plot-seling zagen beiden een schitterend licht ontstaan te midden eener groep zonnevlekken. Dat licht bleef vijf minuten schitteren, zonder den vorm der zonnevlekken te wijzigen. Wat bleek bovendien? Op het oogenblik, waarop het licht ontstond, vertoonden de magnetische werktuigen te Kew, bij Londen, bijzondere afwijkingen, en bleef de magneetnaald een uur lang aan de vreemdste storingen onderworpen. Bovendien werd over een groot gedeelte der aarde, zoowel in Europa als in Amerika, dien dag en den daarop volgende dag

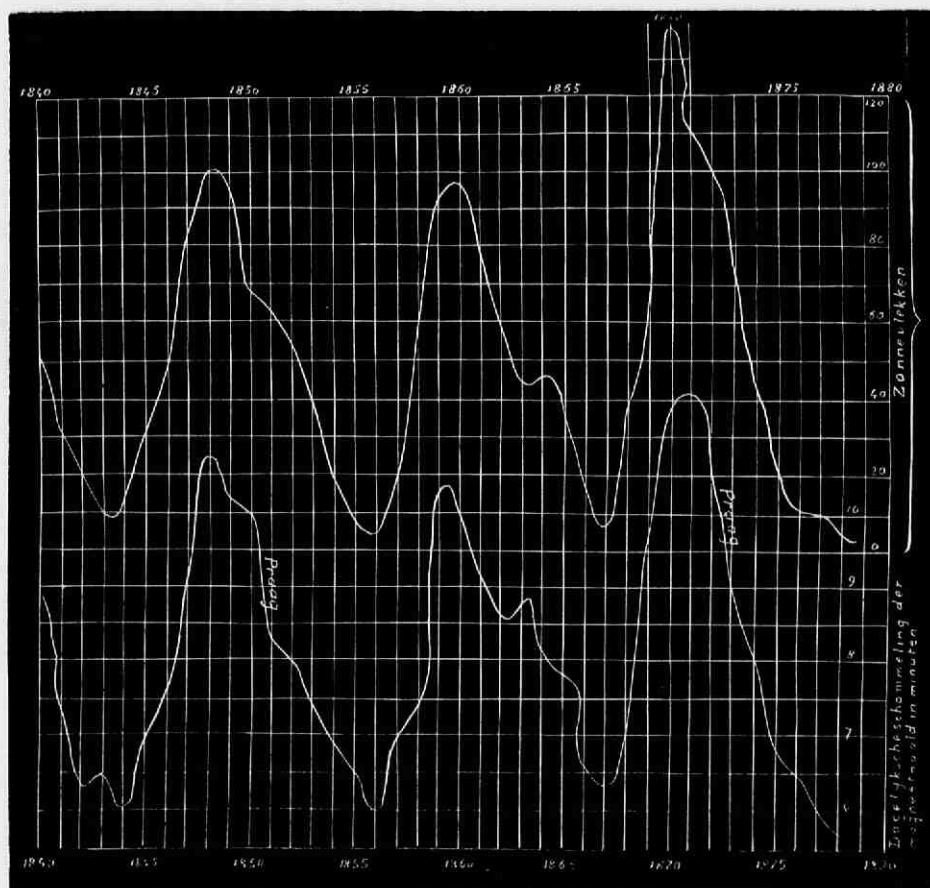


Fig. 147. — Merkwaardige overeenkomst tusschen het aantal zonnevlekken en de afwijking van de magneetnaald.

een schitterend noorderlicht waargenomen. Te Rome, te Calcutta, tot zelfs in Australië waren de magnetische storingen zóó belangrijk,

dat de telegraafstoestellen weigerden te werken. Er zijn nog meer voorbeelden bekend van eene zoodanige samenwerking.

Een dergelijk verschijnsel werd ook den 3^{den} Augustus 1872 in de Vereenigde Staten van Amerika waargenomen.

Eéne der grootste zonnevlekken is, zooals wij vroeger zagen, die, welke in November 1882 is waargenomen. Zij had den 17^{den} November eene middellijn van meer dan 100 000 kilometers. Den 18^{den} November, toen zij over den middelsten meridiaan der zonne-



Fig. 148. — Krommen van het noorderlicht, de declinatie en de zonnevlekken.

schijf ging, bedekte zij meer dan 2 duizendsten der zonneschijf. Op dienzelfden dag hadden er geweldige storingen plaats in den stand der magneetnaald.

Wij mogen dus besluiten, dat het zeker is, dat er eene magnetische betrekking bestaat tusschen de zon en de aarde, en dat de overeenstemming tusschen de werking der zon en het aardmagnetisme niet toevallig is, zooals dit met de beweging van Jupiter het geval is.

Wij meenen evenzoo te mogen besluiten tot een verband tusschen den toestand der zon en het noorderlicht. Het aantal malen, dat in

ieder jaar het noorderlicht wordt waargenomen, verandert ook in eene periode van elf jaren, en wel zóó, dat het maximum van noorderlicht samenvalt met het maximum der zonnevlekken en der storingen in het aardmagnetisme. Arago beroemde er zich op, dat hij uit de waarneming van de magneetnaald te Parijs kon afleiden, of er in Zweden en Noorwegen een noorderlicht zichtbaar was. Fig. 148 geeft de krommen van het noorderlicht, van de wijziging der declinatie en van de zonnevlekken aan van 1778 tot 1878. Het is niet onmogelijk, dat ook het zodiakaallicht met bovengenoemde verschijnselen samenhangt (1).

Resumeeren wij thans in het kort, wat wij in de vorige hoofdstukken omtrent de zon hebben medegedeeld.

Indien wij de zon naderen, dan ontmoeten wij eerst de corona, die zich tot eene hoogte van vijf, tien, misschien wel vijftien minuten boven de oppervlakte der zon verheft en dus 500 000 kilometers hoog kan zijn. Het is zeker, dat die corona geen eigenlijk gezegde dampkring, dat is een doorlopend gasvormig omkleedsel, wezen kan. Hiertegen pleit het volgende:

In de eerste plaats hebben wij gezien, dat de intensiteit der zwaartekracht $27\frac{1}{2}$ maal grooter is op de zon dan op de aarde; ieder gas is daar dus $27\frac{1}{2}$ maal zwaarder. In eenen dampkring wordt iedere laag samengedrukt door het gewicht der bovenliggende lagen, en neemt dus de dichtheid toe volgens eene meetkundige reeks. Een dampkring, bestaande uit het lichtste gas dat wij kennen, waterstof, zou dus in zijne onderste lagen eene veel grootere dichtheid moeten hebben, dan met de waargenomen feiten overeenkomt.

In de tweede plaats heeft men den 27^{sten} Februari 1843 eene komeet gezien in de onmiddellijke nabijheid der zon; zij dwaalde zelfs in de corona zelf rond. Toen zij zoo dicht mogelijk bij de zon gekomen was, vloog zij boven de vlammen der zon voort met eene snelheid van 563 000 meters in de secunde, en doorliep zij minstens 400 000 kilometers der corona met die verbazende snelheid, zonder eenige vertraging! Om ons een denkbeeld te vormen van de wijzigingen, die zij zoude hebben ondergaan, indien zij zelfs den ijsten dampkring had moeten doorloopen, behoeven wij slechts op te

(1) Er zijn er, die beweren, dat er ook verband bestaat tusschen de weersgesteldheid en den toestand der zon. Volgens hen zouden droge en warme jaren samenvallen met het maximum van protuberances en zonnevlekken en omgekeerd. Amerikaansche astronomen meenen ook een verband te zien tusschen zonnevlekken en cyclonen. Men moet echter met het trekken van conclusies voorzichtig zijn en geene resultaten willen afleiden uit enkele waarnemingen.

merken, dat de vallende sterren plotseling in damp overgaan tengevolge van de hitte, door de wrijving opgewekt, indien zij onzen dampkring bereiken op eene hoogte van 150 kilometers, dat wil zeggen: op eene zoodanige hoogte, waarop de dampkring het zonnelicht niet meer terugkaatst. En de snelheid der vallende sterren is slechts hoog-



Fig. 149. — Het noorderlicht.

stens 60 kilometers in de secunde. Daar de weerstand en de daardoor veroorzaakte warmte minstens in de reden van het vierkant der snelheid toeneemt, zoo kunnen wij ons gemakkelijk voorstellen, wat het lot zoude moeten wezen van een lichaam, dat eenige honderd duizenden kilometers doorloopt in eenen dampkring, hoe ijl die ook wezen moge, met eene snelheid van 500 000 meters in de secunde!

Wat moet de corona dan wel zijn? Waarschijnlijk is zij eene streek, waarin zich in veranderlijke hoeveelheden losse deeltjes bevinden, die geheel of gedeeltelijk in damp zijn overgegaan onder den invloed der hevige hitte, waaraan zij zijn blootgesteld. Men kan op verschillende wijze verklaren, hoe deze deeltjes op die hoogte in evenwicht kunnen blijven: 1° De stof, waaruit de corona bestaat, zoude telkens door de zon kunnen worden opgeworpen en daarop weer neervallen, zoodat zij in voortdurende stijgende en dalende beweging is. Opdat dit mogelijk zij, moet de kracht groot genoeg zijn, om aan de stof eene snelheid van 300 kilometers in de secunde mede te deelen, en die kracht moet bijna op ieder gedeelte der zon werkzaam zijn. 2° De stof kan op die hoogte in evenwicht gehouden worden door electriche afstooting. De electriciteit, die eene zoo groote rol speelt in de weerkundige verschijnselen op aarde, zal hare werking honderden malen sterker uitoefenen in het brandpunt van ons zonnestelsel. 3° Zou het mogelijk zijn, dat de corona bestaat uit meteoren of aërolieten, die in de onmiddellijke nabijheid der zon om haar heen wentelen. Misschien zijn alle drie verklaringen gedeeltelijk juist.

Het is hier de plaats, om een enkel woord te spreken over het bestaan van een nog niet voldoende verklaard licht, dat de zon tot op eenen grooten afstand omgeeft, en dat wij na het ondergaan of vóór het opkomen der zon waarnemen in den gordel des hemels, waarin de zon, de maan en de planeten zich bevinden, en die *dierenriem* of *zodiak* genoemd wordt. Men kan het op onze breedte waarnemen in Europa, Azië en Amerika tot op eenen afstand van 90° van de zon. Aan den aequator vertoont het zodiakaallicht zich in grooteren glans dan bij ons en heeft men het tot op 180° van de zon, dus tot aan de tegengestelde zijde van den hemel kunnen volgen. Twee verklaringen worden van dit verschijnsel gegeven: of het omgeeft de aarde, of wel het omgeeft de zon. De eerste onderstelling is niet waarschijnlijk, omdat het niet in het vlak van den aequator maar in dat der ecliptica gelegen is. Niet onmogelijk is de verklaring, dat het zodiakaallicht bestaat uit ontelbare kleine lichamen, die zich in geregelde loopbanen om de zon bewegen, en het zonlicht naar ons terugkaatsen. Ieder dier lichamen is te klein om door ons te worden waargenomen, maar hunne vereeniging bij millioentallen moet op ons denzelfden indruk maken, dien wij inderdaad van het zodiakaallicht ontvangen.

Indien wij door de corona heen tot aan de chromosfeer zijn afgedaald, dan blijkt het, dat deze vuurmassa eene dikte heeft van meer dan 10 000 kilometers. Die chromosfeer is de zetel der

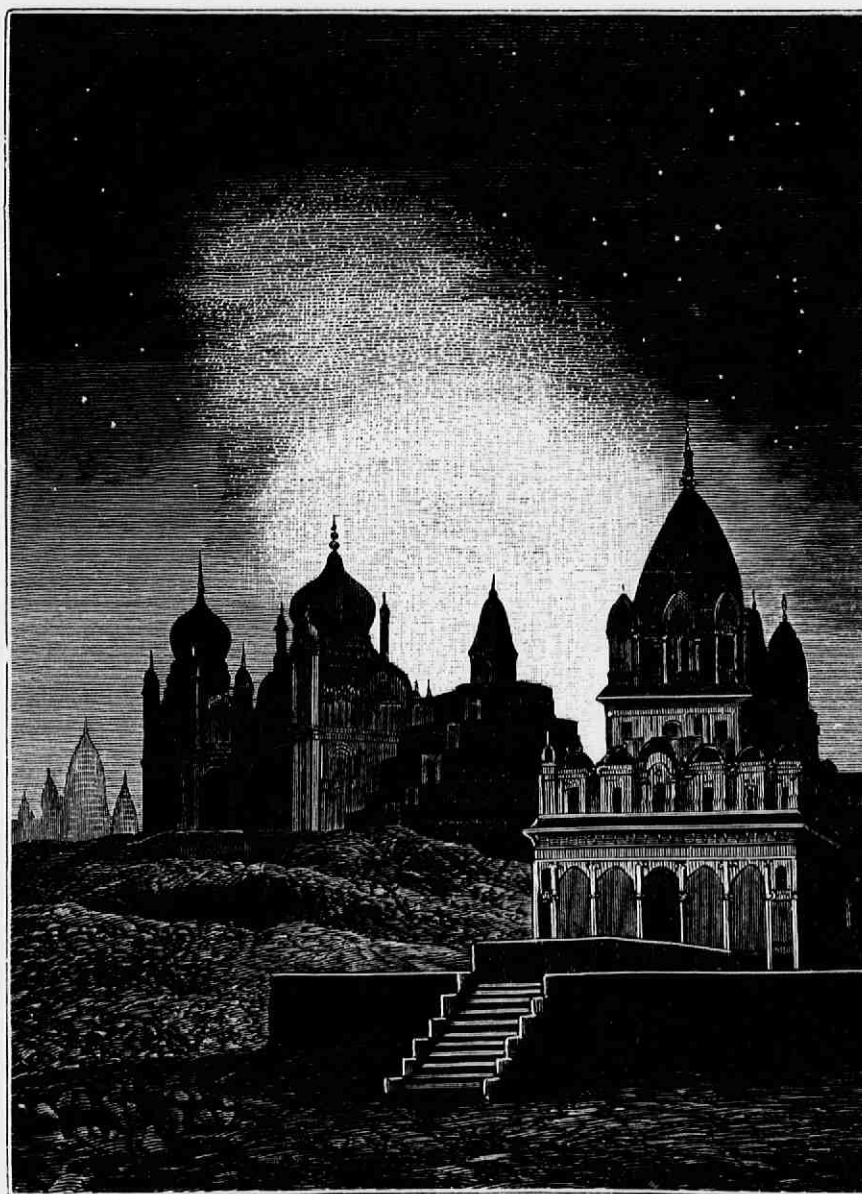


Fig. 150. — Het zodiakaallicht, te Japan waargenomen.

verbazende uitbarstingen, die wij in den vorm van protuberances waarnemen. Het bovenste gedeelte der chromosfeer bestaat uit waterstof; maar naarmate wij lager komen, vinden wij magnesium-

en ijzerdampen en dampen van een aantal andere metalen. De protuberances zijn het gevolg van waterstofuitbarstingen, die aan de stof eene snelheid mededeelen van meer dan 240 000 meters in de secunde. De uitbarsting duurt verscheidene uren en somtijds zelfs verscheidene dagen, en die onmetelijke lichtwolken blijven onbewegelijk hangen, totdat zij in eenen regen van vuur op de oppervlakte der zon neervallen. Hoe zullen wij die ontzaglijke werkingen op de zon in woorden uitdrukken? Indien wij de chromosfeer eenen oceaan van vuur noemen, dan moeten wij er bijvoegen, dat die oceaan warmer is dan de sterkst gloeiende oven en even diep, als de Atlantische oceaan breed is. Als wij de bewegingen orkanen noemen, dan moeten wij in het oog houden, dat onze orkanen waaïen met eene snelheid van 160 kilometers in het uur, terwijl die snelheid op de zon 160 kilometers in de secunde bedraagt! Zullen wij de bewegingen vergelijken met vulkanische uitbarstingen? De Vesuvius heeft Pompeji en Herculaneum onder zijne lava bedolven. Krakatau werd door eene vulkanische uitbarsting verwoest; maar eene uitbarsting, zooals die op de zon plaats vindt, welke zich in enkele seconden honderd duizend kilometers verheft, zou de geheele aarde met eenen vuurregen bedekken en het leven op aarde in enkele seconden vernietigen.

De corona en de chromosfeer zijn alleen zichtbaar bij totale eclipsen of door middel van den spectroscop. Wat wij met het bloote oog of door den telescoop zien, is de lichtende oppervlakte zelf, *photosfeer* genoemd, waarop de chromosfeer rust. Deze is het, die het licht en de warmte uitstraalt, die wij van de zon ontvangen. Die oppervlakte schijnt noch vast, noch vloeibaar, noch gasvormig te zijn, maar te bestaan uit bewegelijke deeltjes, evenals de wolken ons voorkomen, van uit eenen luchtballon gezien. De Amerikaansche astronoom Langley heeft van dit onderwerp eene bijzondere studie gemaakt. Fig. 151 geeft daarvan eene voorstelling; deze teekening is gemaakt op het oogenblik, dat zich eene zonnevlek vormde. Het is waarschijnlijk, dat die korrelige lichamen te zamen eene zeer dikke laag vormen, evenals eene laag stof. Men denke er echter om, dat wij die lichamen slechts stof noemen in vergelijking met de zon, daar ieder korreltje zoo groot is als een berg! Die gloeiende laag zweeft op eenen oceaan van gas van een ontzettend gewicht en eene verbazende dichtheid. De geheele zon bestaat waarschijnlijk uit een sterk verdicht gas. Onder aan de

photosfeer vindt men eene laag scharlakenrood vuur, dat vlammen uitwerpt over hare geheele uitgestrektheid.

Hoe wordt nu die warmte en dat licht onderhouden? Indien de zon uit steenkool bestond, die in zuivere zuurstof brandde, dan zou binnen zes duizend jaren de geheele zon verbrand zijn. Er schijnen voornamelijk drie oorzaken te zijn, die de zonnwarmte onderhouden: de samentrekking van de zon, het neerkomen van meteoren op hare oppervlakte en de warmteontwikkeling door scheikundige verbindingen. De eerste oorzaak is de voornaamste. Men weet, dat ieder lichaam, dat in zijne beweging gestuit wordt, warmte voortbrengt, en dat die warmte dezelfde is, hetzij het lichaam plotseling, hetzij het langzamerhand wordt tegengehouden. Een lichaam van 8338 kilogram, dat zich met eene snelheid van 1 meter per secunde voortbeweegt, zal, zoo zijne beweging ophoudt, zooveel warmte voortbrengen, als noodig is, om 1 kilogram water 1° te verhitten. Was die snelheid 500 meters, dan zou het 500^2 of 250 000 maal meer warmte ontwikkelen en dus eene hoeveelheid water van 8338 kilogram tot 30° verhitten. Indien dit lichaam naar de zon toeviel, zou het daar aankomen met eene snelheid van 608 000 meters en bij zijnen val $608\,000^2$ of 370 000 000 000 maal meer warmte ontwikkelen, dat wil zeggen, het zou onmiddellijk in damp overgaan. De volgende tabel wijst aan, gedurende hoeveel jaren de zonnwarmte zou onderhouden worden door den val der verschillende planeten op de zon:

	jaren	dagen
MERCURIUS	6	219
VENUS	83	326
DE AARDE	95	19
MARS	12	259
JUPITER	32254	
SATURNUS	9652	
URANUS	1610	
NEPTUNUS	1890	

Dit is te zamen meer dan 45 000 jaar. Indien jaarlijks eene hoeveelheid stof op de zon viel, die het honderdste deel bedroeg van de massa der aarde, dan zou dit voldoende zijn, om hare warmte te onderhouden. Die vermeerdering in massa zou eene vermeerdering in hare snelheid teweeg brengen en eene verkorting der jaren. Doch daar de massa der zon 324 000 maal grooter is dan die der aarde, zou de jaarlijksche vermeerdering in massa slechts $\frac{1}{32\,400\,000}$ zijn der totale massa en eerst na eeuwen merkbaar worden.

Indien, zooals waarschijnlijk is, de zon eene nevelvlek geweest is, die zich oorspronkelijk tot voorbij de baan van Neptunus uitstreckte, dan heeft hare verdichting tot den tegenwoordigen toestand 18 000 000 maal meer warmte geleverd, dan de zon thans jaarlijks afgeeft. Hieruit zou volgen, dat de zon nog slechts 18 millioen jaren zoude kunnen uitstralen, zooals zij dit nu doet; maar zij was vroeger veel grooter en straalde toen meer warmte uit. Men vergete ook niet, dat, als de zon zich nog voortdurend verdicht, zij binnen vijf millioen jaren tot op de helft van hare tegenwoordige middellijn zal zijn afgenomen, en daar in dat geval hare dichtheid acht maal grooter zal worden dan nu, zoude zij vloeibaar worden en hare temperatuur

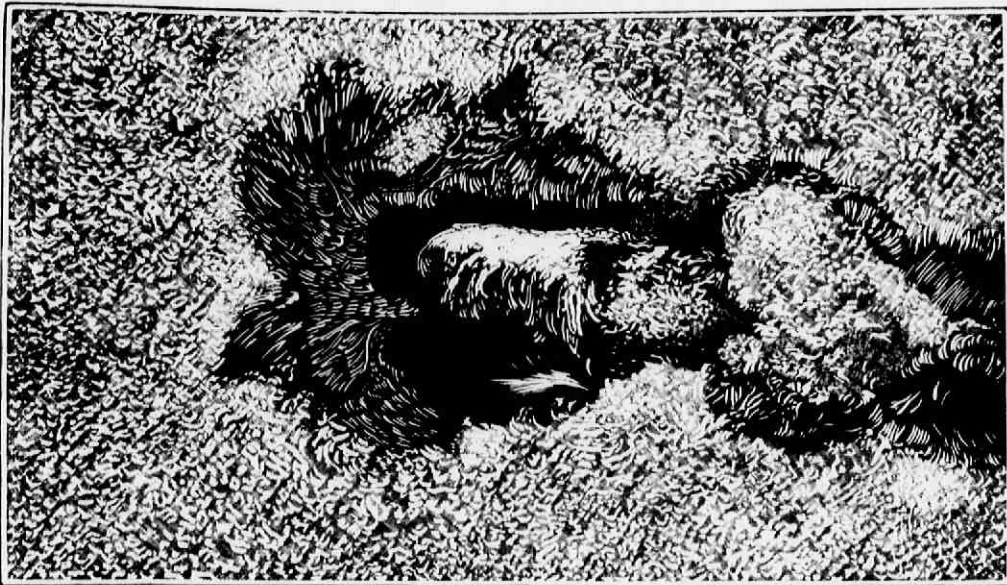


Fig. 151. — Natuurkundige gesteldheid van de oppervlakte der zon.

afnemen, zoodat hare warmte na ongeveer 10 millioen jaar onvoldoende zoude zijn, om het leven op aarde te doen voortbestaan. In die onderstelling zou het leven in het zonnestelsel over dertig millioen jaar zijn uitgedoofd. Young voegt hieraan toe, dat de val van meteorostenen dien tijd nog zoude kunnen verdubbelen. Doch wij kennen niet alle hulpbronnen der natuur, en het is niet onwaarschijnlijk, dat er nog andere oorzaken zijn, die de uitstraling kunnen onderhouden. Doch zeker is het, dat zij zal uitdooven, en dat daardoor eens de aarde den doodslaap zal intreden.

Dit is dan de aard van dat ontzaglijke lichaam, welks stralen

het leven op aarde onderhouden. Van zijne oppervlakte, in beweging gebracht door eenen altijd woedenden storm, gaan met bliksemsnelheid de trillingen uit, die leven wekken op de planeten. De gesteldheid der zon laat niet toe, dat zij bewoond wordt door wezens van dezelfde natuur als die op aarde; maar noch onze waarnemingen, noch onze redeneeringen, zelfs niet ons denkvermogen beperken de macht der natuur, en er is niets ongerijmds in, om ons voor te stellen, dat de zon bewoond wordt door wezens, wier organisatie bijna onstoffelijk is. Maar wij mogen de grenzen der positieve wetenschap niet overschrijden. Alleen nog deze opmerking. In de toekomst zal de zon in den toestand komen, waarin thans de planeten verkeerden, en zal zij bewoond kunnen worden door wezens van de meer grove samenstelling der aardsche wezens. Maar hoe zal dan de zon verlicht worden, wier eigen licht dan is uitgedoofd? Misschien wel door een voortdurend magnetisch morgenrood. Misschien ook alleen door het licht der sterren, dat voldoende is voor oogen, meer helderziend dan de onze . . . Maar wie zal vinden, wat diep verborgen is? . . .

ZESDE HOOFDSTUK.

De bestemming der zon. De zon is eene ster.

Wij hebben het schitterende licht en het warmtegevend vermogen der zon leeren kennen en ons verbaasd over de krachten, die in dien onmetelijken oven werkzaam zijn; wij hebben de zon als heerscheres van ons planetenstelsel begroet en weten nu, dat het leven op aarde en op de overige planeten gebonden is aan hare levenwekkende stralen. Maar welke plaats neemt de zon in het heelal in? welke is hare waarde in de schepping? wat is hare toekomst?

Hoe vreemd het ons moge klinken na al het in de vorige hoofdstukken medegedeelde, die onmetelijke bol, die in volume de aarde meer dan millioen malen overtreft en die meer dan drie honderd duizend maal zwaarder is dan onze planeet, is slechts *eene stip* in het heelal!

Indien wij onzen blik richten op den sterrenhemel, wanneer het hemelgewelf met heldere sterren bezaaid schijnt, dan kost het ons moeite, te gelooven, dat iedere lichtstip zoo groot is als onze zon, en dat onze zon in de wereldruimte dezelfde rol vervult als ieder dier sterren. Verplaatsen wij ons in onze gedachten op ééne dier sterren en zoeken wij dan naar ons zonnestelsel: noch de aarde, noch ééne der overige planeten is van daar uit zichtbaar; de geheele baan, die de aarde in een jaar tijds doorloopt, en die eene middellijn heeft van bijna 300 millioen kilometers, wordt door de dikte van een hoofdhaar bedekt; de zon is eene nauwelijks te onderscheiden stip.

Inderdaad, de zon is niets dan eene ster. Beschouw nevensgaande teekening (fig. 152). Zij geeft een beeld van een deel des hemels, dat $5^{\circ}45'$ breed en $5^{\circ}15'$ hoog is; daarop zijn 4061 sterren getee-kend. Zoeken wij daarop de zon, dan zal zij tot de grootste behooren, indien wij ons niet te ver in de wereldruimte verplaatst hebben; zij zal tot de kleinste behooren, indien wij ons verder verwijderd hebben, en zij zal zelfs geheel onzichtbaar worden, indien wij in de oneindige diepten weggezonden zijn.

De *meest nabijzijnde* vaste ster is van ons zóóver verwijderd,

dat, als men haar in den loop van een jaar aandachtig volgt, de uitgestrekte baan, die wij in dien tijd om de zon afleggen, den schijnbaren stand der ster aan den hemel bijna niet wijzigt. Opdat eene verplaatsing van den waarnemer van 300 millioen kilometers geen invloed hebbe op den stand van het voorwerp, dat hij beschouwt,

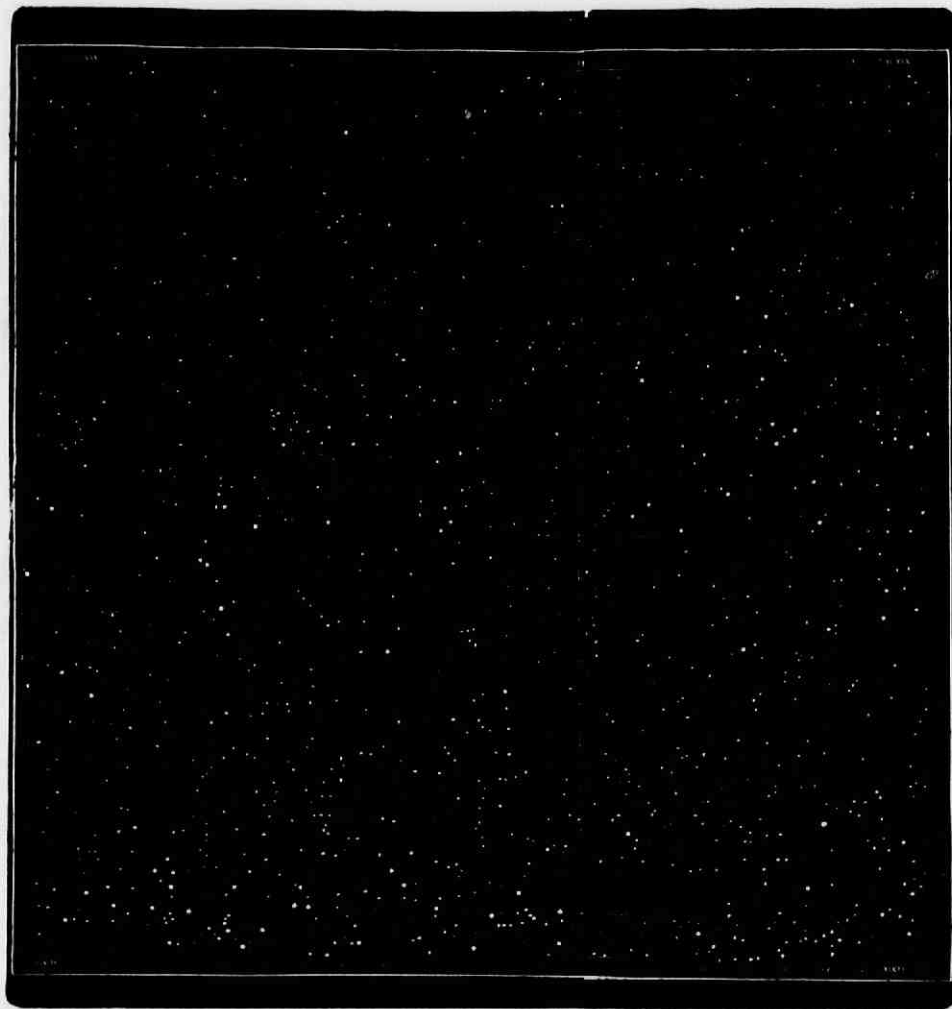


Fig. 152. — Een klein gedeelte des hemels. 4061 sterren.

moet dat voorwerp wel verbazend ver verwijderd zijn. De loopbaan der aarde heeft, van de meest nabijzijnde ster gezien, eene nauwelijks meetbare schijnbare middellijn. Wij leerden reeds vroeger (blz. 108) de volgende betrekking kennen tusschen de schijnbare grootte en den afstand van een voorwerp:

Schijnbare grootte.

Afstand.

(De grootte van het voorwerp = 1 gesteld).

1°	57
1'	3438
1"	206 265

Welnu! de geheele baan der aarde wordt van uit die ster gezien onder eenen hoek van $1,5''$ ($\frac{1}{1200}$ van de schijnbare middellijn der maan). De helft van de middellijn dier baan, de afstand van de zon tot de aarde, waarin alle afmetingen van het heelal worden uitgedrukt, wordt onder eenen hoek van $0,75''$ gezien. Onze tabel leert ons, dat een hoek van $1''$ overeenkomt met eenen afstand van 206 265 maal 148 millioen kilometers; daar de hoek slechts $0,75''$ bedraagt, zoo is de afstand van de meest nabijzijnde vaste ster $275\,000 \times 148$ millioen kilometers.

Alle andere sterren zijn nog verder verwijderd.

Hieruit volgt: 1° dat de sterren te ver verwijderd zijn om zichtbaar te zijn, indien zij alleen licht van de zon ontvingen en niet zelf lichtgevend waren; en 2° dat de zon, op dien afstand geplaatst, eene zoo kleine schijnbare middellijn zou hebben, dat zij zich aan ons als eene ster zou voordoen.

Neptunus is, voor zoover wij weten, ¹⁾de buitenste planeet van het zonnestelsel; de oude zeegod schijnt met zijnen drietand de grenzen van het zonnerijk aan te wijzen. De afstand dier planeet is dertig maal de straal der aardbaan. *Men moet dus 9167 van die afstanden bij elkander voegen, om de meest nabijzijnde vaste ster te bereiken.* Al doorreizen wij de oneindige ruimte in alle richtingen, wij ontmoeten binnen den genoemden afstand geene enkele zon.

Om ons een denkbeeld te kunnen vormen van de onmetelijke leegte, die ons zonnestelsel omringt, zullen wij enkele vergelijkingen leveren, die daarvan een duidelijker beeld geven dan de genoemde getallen. Indien wij den afstand van de zon voorstellen door eene lijn van 1 meter, en de zon in het middelpunt van het zonnestelsel geplaatst denken, dan zou deze eene middellijn hebben van 9 millimeters, de aarde zou op éenen meter afstand geplaatst moeten worden als een bol met eene middellijn van $\frac{8}{100}$ millimeter, en Neptunus, een bol van $\frac{32}{100}$ millimeter, zou meer dan dertig meters verwijderd zijn. Welnu! om den afstand der meest nabijzijnde ster uit te drukken, zouden wij ons tot op 275 kilometers moeten verwijderen (ongeveer den afstand van den Helder tot Aken).

¹⁾ Uranus, pluto.

Onderstellen wij, dat wij ons in de wereldruimte voortbewegen met eene zoodanige snelheid, dat wij in 24 uren den weg van de zon tot Neptunus (meer dan vier milliard kilometers) doorloopen. Die snelheid is zóó verbazend groot, dat men daarmede in $\frac{1}{10}$ secunde van New-York naar Rotterdam zou kunnen komen en in 48 minuten van de zon op de aarde. Indien wij nu, na het zonnestelsel te hebben doorvlogen, in eene rechte lijn met dezelfde snelheid zouden voortgaan, zouden wij eerst na vijf en twintig jaren de eerste zon bereiken. Reeds na éénen dag zou de aarde voor ons onzichtbaar geworden zijn; na het einde van den derden dag zouden wij geene enkele planeet meer kunnen waarnemen; ook de zon zou, na al meer en meer in grootte en helderheid verminderd te zijn, spoedig tot den rang van ster afdalen.

Wij zagen reeds vroeger, dat, indien wij eene brug sloegen van hier tot aan de zon, die brug zou moeten bestaan uit *elf duizend zes honderd bogen, zoo groot als de middellijn der aarde*. Men zou *twee honderd vijf en zeventig duizend* dergelijke bruggen moeten slaan om de meest nabijzijnde zon te bereiken; dat wil zeggen, dat men 275 000 pijlers zou moeten bouwen, op 148 millioen kilometers van elkander verwijderd. Stellen wij, dat eene ster ontplofte, dan zouden wij den knal eerst hooren *na drie millioen zeven honderd vijf en negentig duizend jaren*.

Voegen wij nog hierbij, dat een sneltrein, die met eene snelheid van zestig kilometers in het uur na 266 jaren de zon zou bereiken, op de meest nabijzijnde ster eerst zou aankomen *na drie en zeventig millioen jaren!!*

De zon oefent tot op eenen oneindigen afstand aantrekkingskracht uit. Er is in het geheele heelal geen enkel stofdeeltje, dat niet nog aan de aantrekkende werking der zon is blootgesteld; er is geen enkel atoom in het heelal, of het werkt op elk ander atoom; men kan zeggen, dat, als wij eenen steen op aarde verplaatsen, daardoor de maan, Mars en alle overige planeten van stand veranderen. De aantrekkingskracht is echter evenredig met de massa's en omgekeerd evenredig met de vierkanten der afstanden. De zon oefent dus op de sterren eene zeer geringe aantrekkingskracht uit, omdat zij daarvan zoo ver verwijderd is. Bovendien is de heerschappij der zon beperkt, omdat er in alle richtingen ontelbare andere zonnen zijn, die den invloed onzer zon tegenwerken.

Toch oefent de zon hare aantrekkingskracht uit tot ver voorbij

Neptunus. Als de komeet van 1680 in haar aphelium staat, is zij 28 maal verder van de zon verwijderd dan Neptunus. Zij zal dan onder den invloed van de aantrekkingskracht der zon in de eerste secunde $\frac{4}{1000000}$ millimeter naar de zon toevallen.

Naarmate de planeten en kometen verder van de zon verwijderd zijn, bewegen zij zich langzamer voort. Terwijl de aarde eene snelheid heeft van 29450 meters in de secunde, legt Neptunus in dien zelfden tijd 5300 meters af. Een lichaam zou op 177 biljoen 398 000 millioen kilometers van de zon verwijderd moeten zijn, om eene snelheid te verkrijgen van eenen sneltrein; maar dan zou α Centauri (de meest nabijzijnde ster) de beweging van dat lichaam verstoren. De komeet van 1680, die in haar perihelium eene snelheid heeft van 393 000 kilometers in de secunde, legt in haar aphelium nauwelijks 3 meters in de secunde af. Een paard zou haar dan gemakkelijk kunnen bijhouden.

De afstand van α Centauri is 325 maal grooter dan die van de komeet van 1680 in haar aphelium. Indien die ster eene zeer geringe massa had, en zich als eene planeet om de zon bewoog, zou haar omwentelingstijd 144 *millioen jaren bedragen*. Hare snelheid zou nog steeds 56 meters in de secunde bedragen. De zon zou dus op dien afstand nog in staat zijn die ster 4860 kilometers per dag te doen afleggen.

De ster α Centauri is eene dubbele ster, bestaande uit twee sterren, die in 84 jaren om elkander heenwentelen. Deze zijn op 18" van elkander verwijderd. Op den afstand, waarop die sterren van de aarde verwijderd zijn, komt iedere secunde overeen met bijna 200 millioen kilometers, zoodat 18" eenen afstand van 3552 millioen kilometers voorstelt. Die afstand is iets grooter dan die van Uranus tot de zon. Daar de dubbele ster om haar zwaartepunt wentelt in ongeveer denzelfden tijd als Uranus om de zon, maar tevens de beide sterren van elkander verwijderd zijn op eenen afstand van 1,26 maal dien van Uranus tot de zon, zoo moet de massa der dubbelster ongeveer het dubbele zijn van die der zon.

Later komen wij nog op de beweging der dubbele sterren terug. Ons doel was slechts, in het licht te stellen, dat de zon geene grootere beteekenis heeft in het heelal dan de overige sterren.

Toen wij de verschillende bewegingen der aarde bespraken, merkten wij reeds op, dat de zon zich in de ruimte voortbeweegt en thans voortgaat in de richting van het sterrenbeeld Hercules (blz. 67).

Is de loopbaan der zon in de ruimte eene gesloten kromme lijn? Draait zij om een middelpunt rond? Is dat onbekende middelpunt onbewegelijk of verplaatst het zich van eeuw tot eeuw, en doet het de zon en het geheele zonnestelsel spiralen beschrijven, zooals die, welke wij bij de beweging der aarde hebben leeren kennen? Of maakt onze zon, die slechts eene ster is, deel uit van een sterrenstelsel, eene verzameling sterren, met eene gemeenschappelijke beweging begiftigd? Bestaat er in het heelal eene centrale zon, waarom alle werelden zich volgens hunnen rang bewegen? De nieuwere sterrenkunde is nog niet in staat, die vragen te beantwoorden. Maar

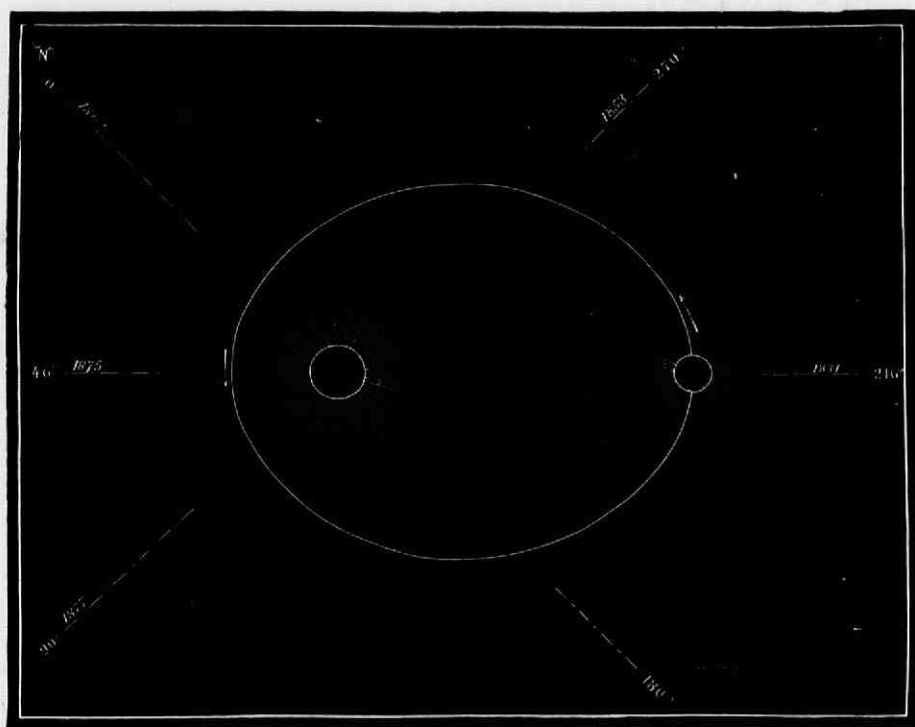


Fig. 153. — De dubbele ster α Centauri.

zeker is het, dat de zon in haren loop den invloed der sterren moet ondervinden, dat zij door deze in hare beweging gestoord wordt en daarbij weder de baan van onze aarde en de overige planeten wijzigen moet.

De eigen beweging der vaste sterren zal ons later aantoonen, dat zich in alle richtingen zonnen voortbewegen met verbazende snelheden. Het onderzoek van haar licht zal ons leeren, dat die verwijderde zonnen even warm en even lichtgevend zijn als de onze,

en dat ook zij omgeven zijn door eenen dampkring, waarin brandende stoffen zweven. Wij zullen uit hare massa's en bewegingen afleiden, dat zij even als onze zon het midden innemen van planetenstelsels, met het onze overeenkomende. Gekoesterd door de stralen dier sterren, leven en ontwikkelen zich andere werelden. Sommige dier zonnen zijn grooter dan onze zon; andere verschillen van deze in glans en kleur, enkele zijn rood, andere groen, nog andere blauw.

Een groot aantal zijn dubbele sterren, of bestaan uit drie of meer sterren, zoodat de planeten, die ze omringen, verlicht worden door verscheidene zonnen van verschillende kleur. Enkele veranderen periodiek van glans, andere zijn uitgedoofd en geheel van den hemel verdwenen.

Voor de zon wordt geene uitzondering gemaakt. Wij zagen reeds vroeger, dat zij bestemd is uit te dooven, evenals alle andere sterren; wij hebben zelfs reeds besproken, welken invloed dit op onze aarde moet uitoefenen.

Wij hebben gezien, dat de aarde door de koude ontvolkt wordt, en dat, als de zon langzamerhand verduisterd is door de vorming eener harde korst, het geheele zonnestelsel beroofd zal zijn van het licht en de warmte, waaraan het gedurende zoovele eeuwen het leven verschuldigd is. Wat zal er van al die werelden worden? Zullen zij zich in de wereldruimte blijven voortbewegen als wandelende graven, of wat zal anders hare bestemming zijn, terwijl kracht en stof toch niet kunnen vernietigd worden?

Ondervragen wij daartoe de natuur en hooren wij naar haar antwoord.

Wat geschiedt om ons heen? Dezelfde moleculen komen telkens in andere verbindingen. De lichamen veranderen, de stof blijft. Ons eigen lichaam wordt in den loop van eene maand bijna geheel hernieuwd. Er heeft tusschen de lucht, het water, de planten, de dieren en de menschen eene gedurige wisseling van stof plaats. Het koolstofatoom, dat thans in onze long brandt, heeft misschien gebrand in de kaars, waarvan Newton zich bediende bij zijne proeven over het licht, en misschien hebt gij op dit oogenblik in uwe hand atomen, die eertijds deel hebben uitgemaakt van Cleopatra of van Alexander den Grooten. De molecule ijzer is dezelfde, of zij in het bloed van den geleerde voorkomt of in een stuk verroest ijzer. De molecule water is dezelfde, hetzij zij schittert in het oog uwer beminde, hetzij zij in eene donkere wolk de zonnestralen onderschept. Eene voort-

durende stofwisseling heeft tijdens het leven plaats, en niet minder snel is de wisseling na den dood. Als de oorlog zijne slachtoffers heeft weggemaaid, dan vult nieuw leven de leegten aan; op de affuit van het vernagelde kanon ontluiken de bloemen en zingt de vogel zijn minnelied; de natuur herneemt steeds hare rechten. Wat wij ademen, eten en drinken is reeds duizenden malen geademd, gegeten en gedronken. Het stof onzer voorouders maakt deel uit van ons lichaam.

Dit geschiedt niet alleen om ons heen. Er is in de natuur geen groot of klein. De sterren zijn de atomen der oneindige ruimte. De werelden worden door dezelfde wetten beheerscht als de atomen.

Dezelfde hoeveelheid stof blijft eeuwig bestaan. Nadat zij gebruikt is, om nevelvlekken, zonnen, planeten en wezens te vormen, blijft zij niet werkeloos, maar begint zij weder eenen nieuwen kringloop; anders zou de wereld eindigen en zou de dag aanbreken, waarop alle werelden dood zijn, in duisternis gehuld, zonder doel voortrollend in de donkere ruimte, door geenen enkelen lichtstraal verlicht.

Maar hoe kunnen de doode werelden herleven? Als onze zon zal zijn uitgedoofd, (en ongetwijfeld zal dit eenmaal geschieden) hoe zal zij dan weer onder de levenden worden opgenomen?

Reeds nu kunnen wij op deze vraag twee verschillende antwoorden geven, en het is waarschijnlijk, dat de natuur, die hare geheimen zoo schoorvoetend openbaart, voor toekomstige eeuwen nog andere antwoorden beschikbaar houdt.

Twee doode werelden kunnen een nieuw leven beginnen, als zij zich tengevolge van de wetten der aantrekkingskracht vereenigen. Dan toch zal het arbeidsvermogen, dat zij tengevolge van hare snelheid bezitten, in warmte worden omgezet. Stellen wij, dat de zon en Sirius alleen in de ruimte geplaatst waren. Tengevolge van de zwaartekracht zullen zij tot elkander naderen. Den eersten dag vallen zij slechts een klein onderdeel van eenen millimeter naar elkander toe. Na een jaar zijn zij reeds merkbaar tot elkander genaderd, na eenige miljoenen jaren van onophoudelijken val storten zij op elkander met eene zóó verbazende snelheid, dat zij smelten en vervluchtigen tot ééne onmetelijke en schitterende nevelvlek.

Als de aarde op de zon neerkwam, zoude zij de zonnewarmte zooveel doen toenemen, dat daarmede de uitstraling gedurende 95 jaren gedekt was. De warmte, opgewekt door het neervallen van alle planeten op de zon, zou voldoende zijn, om de zonnewarmte gedurende 45 000 jaren aan te vullen.

Indien dus de zon zal zijn uitgedoofd en als een donkere bol de ruimte zal doorklieven, dan kan zij als een nieuwe feniks uit hare asch herrijzen door de ontmoeting met eene andere uitgedoofde zon en zoo de levensfakkel ontsteken voor nieuwe werelden, die van de aldus gevormde nevelvlek zullen losgelaten worden, onder den invloed van dezelfde krachten, waardoor de aarde en hare zusters van de nevelvlek zijn afgerukt, waartoe wij behooren. Thans beweegt zich de zon met groote snelheid naar het sterrenbeeld Hercules voort. Iedere ster heeft eene eigen beweging, waardoor zij met haar geheele stelsel door de oneindige ruimte wordt voortgedreven. Verschillende dier bewegingen hebben in eene rechte lijn plaats. Het is

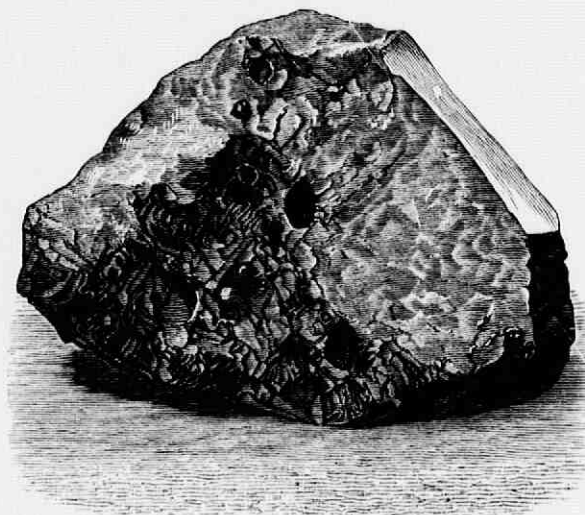


Fig 154. — Aëroliet van 625 kilogram, in Frankrijk neergevallen.

dus volstrekt niet onmogelijk, dat twee sterren elkander ontmoeten, en misschien is dit het geheim van de herleving der werelden.

Wij kunnen ons nog op eene andere wijze denken, hoe werelden vernietigd kunnen worden en herleven, waarvan de aërolieten, de vallende sterren en de kometen de getuigenis afleggen.

Wij mogen echter hierover niet langer uitweiden. Het voorgaande is voldoende geweest, om aan te toonen, dat al het arbeidsvermogen in het heelal het gevolg is van de aantrekkingskracht, die de verschillende lichamen door hun verschil in plaats op elkander uitoefenen. Evenals de gewichten van eene klok steeds trachten den laagsten stand in te nemen, en niet weder kunnen rijzen, tenzij hun weder nieuw arbeidsvermogen wordt medegedeeld, evenzoo moeten de

planeten in den loop der tijden na elkander op de zon neerkomen en duizenden malen meer warmte voortbrengen dan bij de verbranding van een gelijk gewicht aan steenkolen. Zoo blijkt het, dat de zwaartekracht de bron kan zijn, waaruit alle sterren zijn voortgekomen.

Helmholtz, zich stellende op het standpunt van Kant en Laplace, volgens welke de nevelvlek, waaruit ons zonnestelsel zich ontwikkeld heeft, oorspronkelijk bijzonder ijl moet geweest zijn, heeft de hoeveelheid warmte bepaald, die bij de verdichting der nevelvlek tot zon en planeten is opgewekt. Als de stof, waaruit de nevelvlek bestond, bij hare verkoeling evenveel warmte afstond als een gelijk gewicht aan water, dan zoude bij de verdichting der zon eene temperatuursverhooging van 28 millioen graden Celsius ontstaan zijn. De verdichting der kosmische stof, die in de wereldruimte zweeft, is dus ook ruim voldoende, om nieuwe werelden voort te brengen.

De natuur, die de middelen ter vernietiging in hare hand heeft, bezit ook de middelen ter opwekking tot een nieuw leven. De tijd is niets voor haar. Tijd is slechts betrekkelijk, alleen de eeuwigheid bestaat. Onsterfelijk is de stof, al verplaatst zij zich van het eene lichaam in het andere. Wat waren wij vóór onze geboorte, wat zullen wij na onzen dood zijn? Is ook de geest onsterfelijk, of blijft onze geest alleen voortleven in onze werken? . . . Het antwoord op deze vragen zoek men niet bij de sterrenkunde.



ZEVENDE HOOFDSTUK.

Het licht. Aard en snelheid van het licht. Spectraalanalyse. Scheikundige samenstelling der zon en der hemellichamen.

Er zijn in de natuurwetenschappen weinig onderwerpen, zoo belangrijk als dat, hetwelk wij in dit hoofdstuk zullen behandelen. Wat is het wezen van het licht? Wat is *zien*? Hoe bereiken de lichtstralen onze oogen? Wat zijn lichtstralen? Over dit probleem heeft men reeds duizenden jaren getwist. De ouden geloofden, dat stralen van onze oogen uitgingen, om de voorwerpen te grijpen; Newton meende daarentegen, dat de lichtende voorwerpen kleine deeltjes uitzonden, die ons netvlies bereikten. Huygens was de eerste, die beweerde, dat de lichtgevende voorwerpen geene stofdeeltjes uitzonden, maar dat het licht veroorzaakt wordt door de trilling van eene uiterst fijne stof, *ether* genaamd, die door de geheele wereldruimte verspreid is. Young en Fresnel hebben de theorie van Huygens bevestigd.

Evenals men de ronde kringen in het water elkander ziet opvolgen om het punt heen, waar het water getroffen is, zoo verdicht zich de lucht en zet zij zich weder uit in bolvormige golven rondom de geluidsbron en geeft de ether, die de wereldruimte vult, het aanzijn aan lichtgolven, die elkander rondom ieder lichtend voorwerp opvolgen. De golven van het water planten zich zoo langzaam voort, dat men ze met het oog volgen kan; de luchtgolven vliegen vooruit met eene snelheid van omstreeks 330 meters in de secunde, welke snelheid afhangt van de temperatuur en de dichtheid der lucht, de trillingen van den ether planten zich voort met eene snelheid van 300 000 kilometers in de secunde. Iedere ster, iedere zon is het middelpunt van trillingen.

De snelheid van het licht is bij benadering reeds meer dan twee eeuwen bekend. De oudste bepaling dagteekent van het jaar 1675. De planeet Jupiter wordt in hare beweging om de zon vergezeld door vijf wachters, die van tijd tot tijd in den schaduwkegel van Jupiter treden. Die verduisteringen van de manen van Jupiter zijn zeer geschikt om de lengte op zee te bepalen, zoodat men reeds in

de zeventiende eeuw tafels daarvan vervaardigde. Doch spoedig ontdekte men, dat die verduisteringen niet regelmatig terugkeerden: somtijds kwamen zij te vroeg, somtijds ook te laat (1). Men verbeterde de tafels, zonder grootere nauwkeurigheid te bereiken. Toch is de beweging van de wachters regelmatig en moest dus de onregelmatigheid slechts schijnbaar zijn. Een jeugdig Deensch astronoom, Römer genaamd, aan het observatorium te Parijs werkzaam, toonde uit de waarnemingen aan, dat de verduisteringen van Jupiter later gezien worden, als de aarde ver van Jupiter verwijderd is en vroeger, als zij dicht bij Jupiter gekomen is. Hij trok daaruit de gevolgtrekking, dat het verschil wordt teweeggebracht door het verschil in tijd, dat het licht noodig heeft, om den afstand van Jupiter tot de aarde te doorloopen.

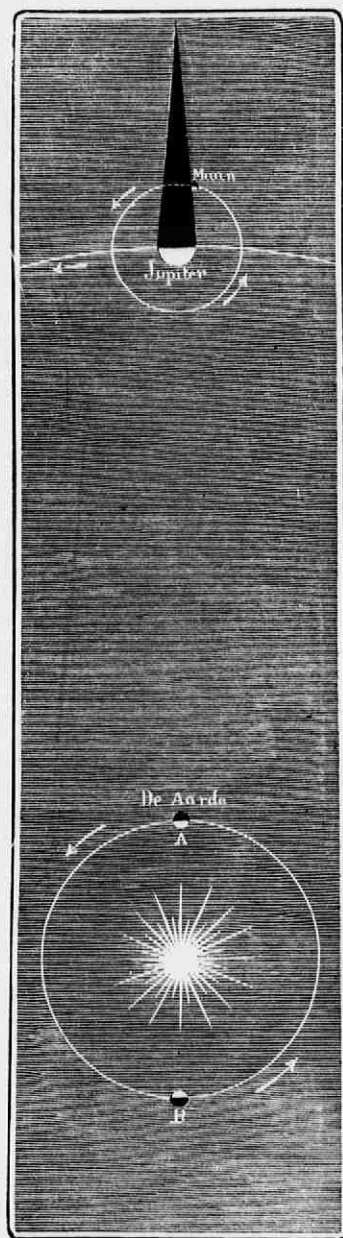


Fig. 155. — Verduistering van ééner der wachters van Jupiter.

De Engelsche astronoom Bradley toonde in 1727 door de aberratie van het licht aan, (zie blz. 82, waar wij over de bewijzen voor de beweging der aarde om de zon spraken) dat de snelheid van het licht 10 000 maal grooter is dan die der aarde, en dat het zonlicht 8 minuten en 13 seconden noodig heeft, om ons te bereiken.

Fizeau heeft in 1849, zonder gebruik te maken van verschijnselen aan den hemel, door middel van een kunstlicht, eenen kijker, eenen spiegel en eenen vernuftig uitgedachten toestel de snelheid van het licht

(1) Indien de aarde in A geplaatst is (fig. 155), treedt de verduistering te vroeg in, als zij in B is, komt zij te laat, en wel zooveel, als de tijd bedraagt, dien het licht

noodig heeft om de middellijn der aardbaan te doorloopen. De vertraging neemt gedurig toe van A tot B, maar men kan de verduisteringen in de nabijheid van B niet waarnemen, omdat dan Jupiter te dicht bij de zon staat.

gemeten tusschen twee plaatsen, die op slechts 8633 meters van elkander verwijderd waren. Hij vond voor die snelheid 315 000 kilometers.

Foucault vond daarvoor 298 000 kilometers.

Cornu, die de waarnemingen van Fizeau in 1874 herhaalde, en wiens waarnemingen de meeste waarborgen voor nauwkeurigheid opleveren, vond voor die snelheid 300 400 kilometers. Daar de afstand van de zon tot de aarde ruim 148 miljoen kilometers bedraagt, zoo wordt die afstand door het licht doorloopen in 493 seconden of in 8 minuten en 13 seconden.

In 1882 vond Newcomb, door waarnemingen op de sterrenwacht te Washington, 299 860 kilometers en Michelson 299 853 kilometers. Wij kunnen dus in ronde getallen 300 000 kilometers aannemen.

Indien wij dus eene uitbarsting op de zon zien, dan heeft deze reeds acht minuten te voren plaats gehad; als wij de planeet Neptunus waarnemen, dan zien wij haar, zooals zij vier uren te voren was; als wij eene ster beschouwen, dan zien wij haar in den toestand, waarin zij verkeerde op het oogenblik, toen de lichtstraal haar verliet, dat is vier jaren geleden, als het de meest nabijzijnde ster geldt, en honderd, duizend of tien duizend jaren, als zij verder verwijderd is. Het licht verbindt het tegenwoordige met het verledene.

Hoe moeten wij ons nu de werking der zon voorstellen bij het voortbrengen van het licht?

Merken wij in de eerste plaats op, dat de zon ons niet alleen licht- maar ook warmtestralen toezendt. Wij weten, dat warmte boven eenen bepaalden warmtegraad licht wordt. Bovendien deelden wij reeds vroeger mede, dat warmte een vorm van beweging is, *warmte is beweging der molecules* (1). Licht is evenzoo eene trilling.

Zelfs in de dichtste stoffen, zooals ijzer, staal, platina, raken de molecules elkander niet aan. Zij worden door de cohaesie, dat is de aantrekkingskracht der molecules onderling, in evenwicht gehouden; maar de warmte brengt ze in trillende beweging: indien de warmte voldoende is, vermindert de cohaesie zoozeer, dat de molecules on-

(1) Indien wij op een stuk ijzer hameren, dan deelt zich de spierbeweging van den arm mede aan de molecules van het ijzer, doch zóó, dat wij de beweging dier molecules niet kunnen zien. Die onzichtbare beweging noemen wij *warmte*. Men heeft gevonden, dat de warmte, die noodig is, om 1 kilogram water 1° te verhitten, voldoende is, om een gewicht van ongeveer 424 kilogram 1 meter op te heffen. Een looden kogel van 1 kilogram, van eene hoogte van ongeveer 424 meters vallende, zou, indien door den val de grond niet verhit werd, 30° in temperatuur rijzen. Indien de aarde plotseling in hare beweging gestuit werd, zou zij door de omzetting der beweging in warmte niet alleen smelten, maar zelfs bijna geheel in damp overgaan.

derling van plaats kunnen veranderen en het lichaam van den vasten in den vloeibaren toestand overgaat. Wordt het lichaam nog sterker verwarmd, dan houdt de cohaesie op en gaat het in damp of gas over. Het menschenlijk lichaam bestaat dus evenzeer uit molecules, die elkander niet aanraken en in voortdurende beweging zijn. Die molecules zijn verbazend klein. Gaan wij slechts na, dat de roode bloedlichaampjes eene middellijn hebben van $\frac{1}{30}$ millimeter. Een druppel bloed van éénen cubieken millimeter bevat 5 miljoen bloedlichaampjes, terwijl door onze aderen van 25 tot 30 milliard van die lichaampjes stroomen. En ieder van die bloedlichaampjes bevat een ontelbaar aantal molecules!

Men kan de uitzetting der lichamen en den overgang uit den vasten tot den vloeibaren en den gasvormigen toestand alleen verklaren, door aan te nemen, dat de molecules elkander niet aanraken. De kracht, die de verandering in stand der molecules tweebrengt, is verbazend groot. Indien wij 1 kilogram ijzer van 0 tot 100° verhitten, zet het slechts $\frac{1}{800}$ uit, maar toch is dit voldoende, om een gewicht van 5000 kilogram 1 meter op te heffen. Indien 1 kilogram waterstof zich met 8 kilogram zuurstof tot water verbindt, dan is de daarbij ontstane warmte voldoende, om 34000 kilogram water 1° te verhitten of om een gewicht van 14 *millioen* kilogram 1 meter op te heffen!

Als eene ijzeren staaf zoover verhit wordt, dat zij begint te gloeien, dan brengt zij den ether aan het trillen met eene snelheid van 450 biljoen trillingen in de secunde. Daar de snelheid van het

licht 300 000 kilometers in de secunde bedraagt, zoo zal het licht zich slechts $\frac{1}{15000}$ centimeter voortplanten in den tijd, waarin ééne trilling volbracht wordt!

Indien wij eenen bundel zonnelicht door eene nauwe spleet laten vallen en daarna op een glazen prisma opvangen, (fig. 156) dan wordt

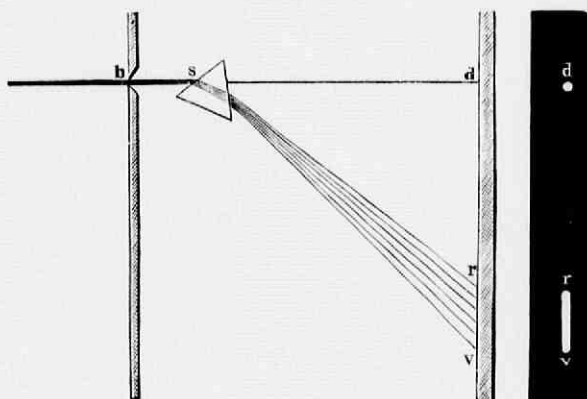


Fig. 156. — Het zonnenspectrum.

die lichtbundel gebroken, en vormt hij in plaats van eene witte

streep eenen gekleurden band. De kleuren komen in de volgende orde voor:

Rood, Oranje, Geel, Groen, Blauw, Indigo, Violet.

Het roode licht wordt het minst gebroken, het violet het sterkst.

Men noemt dien gekleurden band *het zonnenspectrum*. In werkelijkheid is het aantal kleuren in het spectrum oneindig groot, daar in ieder der genoemde kleuren de meest verschillende schakeeringen voorkomen en de overgang van de ééne kleur in de andere onmerkbaar is.

Het spectrum strekt zich nog verder uit dan wij met het oog kunnen waarnemen. Ons netvlies is slechts gevoelig voor trillingen, wier aantal meer dan 450 billioen en minder dan 700 billioen in de secunde bedraagt. Buiten de grenzen van het zichtbare spectrum heeft men aan de zijde van het rood warmtestralen (infrarode stralen genoemd), aan de zijde van het violet chemische stralen (ultraviolette

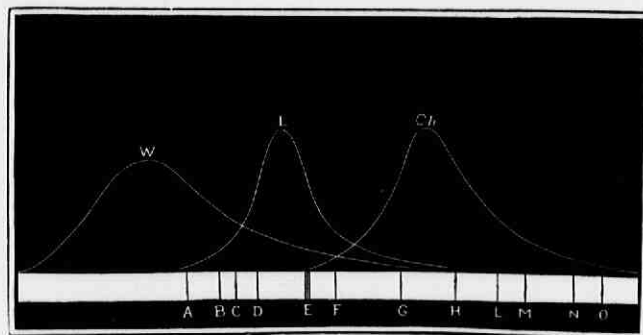


Fig. 157. — Het warmtegevend, lichtgevend en scheikundig vermogen van het zonnenspectrum.

stralen genoemd), die hunnen invloed openbaren door de scheikundige werking, die zij uitoefenen.

De kleur der voorwerpen hangt alleen af van het licht, dat zij terugkaatsen. Zien wij de weiden groen, dan wordt dit hierdoor veroorzaakt, dat zij van het witte zonlicht, dat haar beschijnt, alle kleuren vasthouden, met uitzondering juist van het groen, dat zij terugkaatsen. Zien wij een voorwerp wit, dan is de oorzaak hiervan deze, dat het al het zonlicht, dat daarop valt, terugkaatst en niets vasthoudt. Zwart is de kleur van ieder lichaam, dat al het licht behoudt en niets terugkaatst. Men kan dus zeggen, dat een voorwerp alle kleuren bevat, behalve die, welke het voor ons schijnt te hebben. Houden wij een stuk rood fluweel in het blauwe gedeelte van het spectrum, dan wordt het zwart, omdat het alleen rood licht kan terugkaatsen en geen rood licht ontvangt.

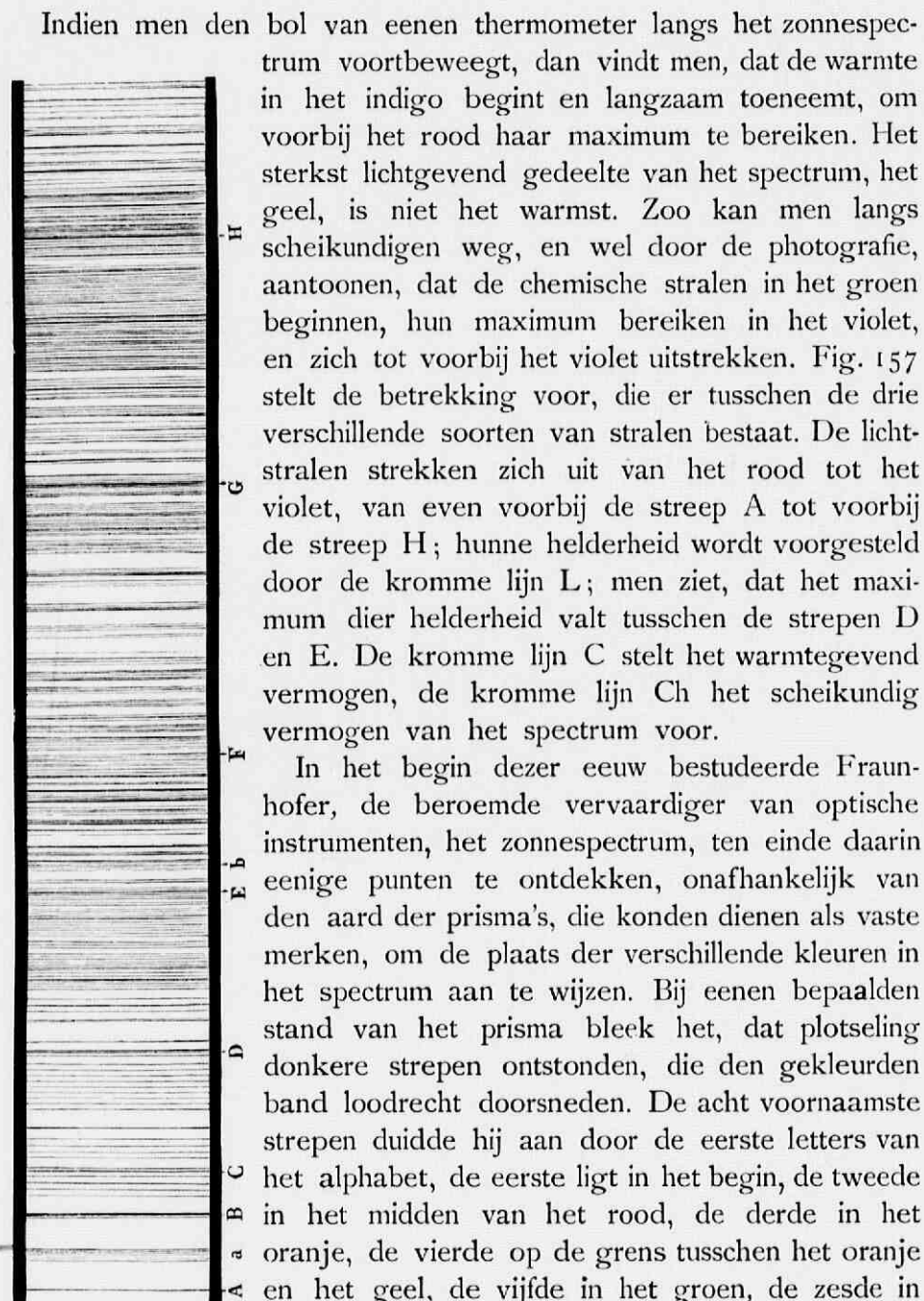


Fig. 158. — De voornaamste strepen in het zonnenspectrum.

Indien men den bol van eenen thermometer langs het zonnenspectrum voortbeweegt, dan vindt men, dat de warmte in het indigo begint en langzaam toeneemt, om voorbij het rood haar maximum te bereiken. Het sterkst lichtgevend gedeelte van het spectrum, het geel, is niet het warmst. Zoo kan men langs scheikundigen weg, en wel door de fotografie, aantoonen, dat de chemische stralen in het groen beginnen, hun maximum bereiken in het violet, en zich tot voorbij het violet uitstrekken. Fig. 157 stelt de betrekking voor, die er tusschen de drie verschillende soorten van stralen bestaat. De lichtstralen strekken zich uit van het rood tot het violet, van even voorbij de streep A tot voorbij de streep H; hunne helderheid wordt voorgesteld door de kromme lijn L; men ziet, dat het maximum dier helderheid valt tusschen de strepen D en E. De kromme lijn C stelt het warmtegevend vermogen, de kromme lijn Ch het scheikundig vermogen van het spectrum voor.

In het begin dezer eeuw bestudeerde Fraunhofer, de beroemde vervaardiger van optische instrumenten, het zonnenspectrum, ten einde daarin eenige punten te ontdekken, onafhankelijk van den aard der prisma's, die konden dienen als vaste merken, om de plaats der verschillende kleuren in het spectrum aan te wijzen. Bij eenen bepaalden stand van het prisma bleek het, dat plotseling donkere strepen ontstonden, die den gekleurden band loodrecht doorsneden. De acht voornaamste strepen duidde hij aan door de eerste letters van het alphabet, de eerste ligt in het begin, de tweede in het midden van het rood, de derde in het oranje, de vierde op de grens tusschen het oranje en het geel, de vijfde in het groen, de zesde in het blauw, de zevende in het indigo, de achtste in het violet. Het geheele aantal strepen is verbazend groot. Fraunhofer had er reeds

met eenen microscoop 600 gevonden. Later bracht Brewster dat

getal op 2000, thans kennen wij reeds ongeveer 7000 (fig. 158).

Die strepen zijn onveranderlijk, als het spectrum, dat men bestudeert, direct of indirect van de zon afkomstig is. Men vindt ze dus terug in het daglicht, in het licht der wolken en in het teruggekaatste licht van bergen, gebouwen en alle aardsche voorwerpen. Men vindt ze evenzoo terug in het licht der maan en der planeten, omdat die hemellichamen alleen licht geven door teruggekaatst zonlicht. De ontdekking dier strepen werd weldra gevolgd door de volgende waarneming: Indien men door een prisma lichtstralen laat

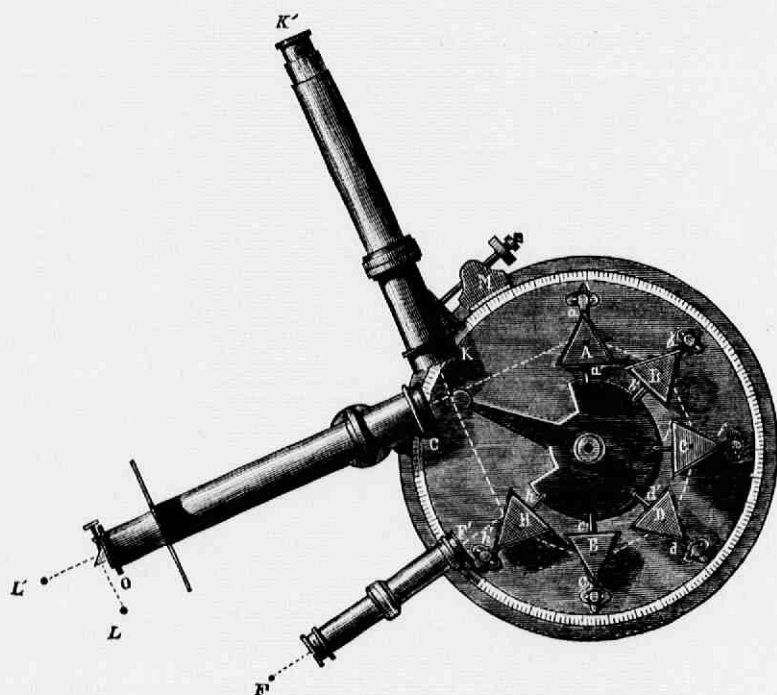


Fig. 159. — De spectrokoop.

vallen van eene aardsche lichtbron, zooals eene gasvlam, eene brandende lamp, of een gloeiend metaal, dan ziet men in de eerste plaats, dat ook dat kunstlicht een spectrum levert, maar dat dit spectrum van dat der zon verschilt door het aantal en de schikking der kleuren; en ten tweede, en dit is hoofdzaak, dat dit spectrum eveneens door strepen doorsneden wordt, dat de verdeling dier strepen verandert met den aard van het licht, en *dat iedere lichtbron hare eigenaardige strepen vertoont*.

Stellen wij ons de proef voor, zooals die genomen is door Kirchhoff en Bunsen, de twee natuurkundigen, aan wie wij die prachtige

onderzoekingen verschuldigd zijn. Men neemt eene gasvlam, en brengt daarin eenen platinadraad, aan welks uiteinde men een klein stukje van de te onderzoeken stof bevestigt. Vóór de vlam is de *spectroskoop* geplaatst, een toestel, bestaande uit eenen kijker, die het licht doorlaat, dat daarna op één of meer prisma's valt, om vervolgens door eenen microscoop te worden waargenomen. Het licht der gasvlam wordt zoo verzwakt, dat deze zelf geen spectrum geeft. Zoodra men nu in die vlam den platinadraad houdt, voorzien van de te onderzoeken stof, neemt men, als men zich vóór den microscoop

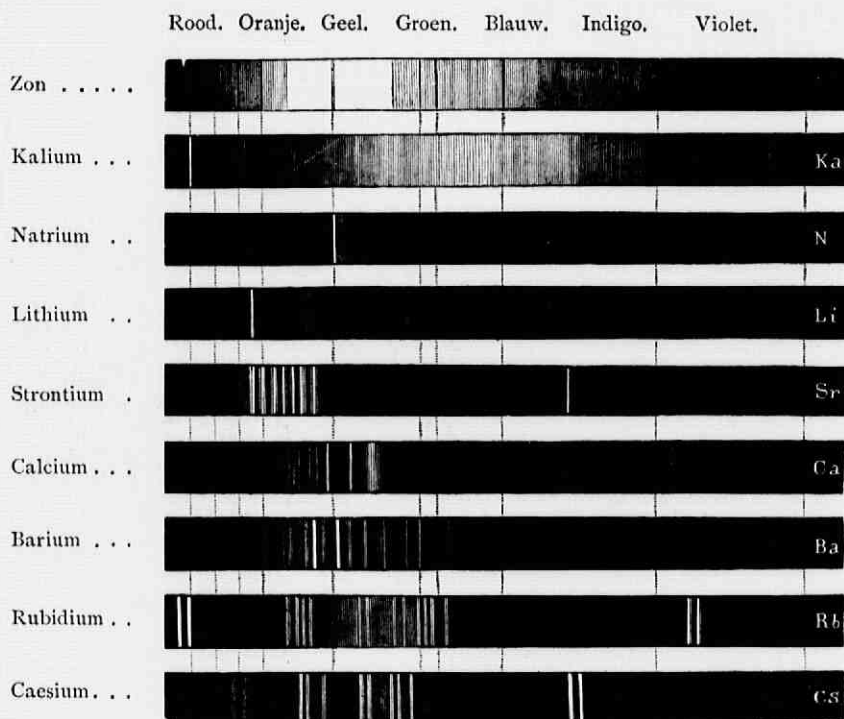


Fig. 160. — Vergelijking van verschillende spectra.

plaatst, een spectrum waar. Dit spectrum is dat van de *te onderzoeken stof*. De lichtstraal, uit L (fig. 159) uitgezonden, wordt teruggekaatst op het kleine prisma *o* aan het uiteinde van den kijker, alsof hij afkomstig ware uit L'. Na de as van den kijker te hebben gevolgd, wordt hij in de zes prisma's A—H na elkander gebroken, en valt hij vervolgens in den kijker K, waarin hij wordt waargenomen. Door die herhaalde breking verkrijgt men een sterk gebroken en uitgestrekt spectrum. Om de verschillende deelen te kunnen uit-

meten, is in den kleinen kijker F een schaalverdeeling geplaatst, die teruggekaatst wordt op het prisma H en eveneens door den kijker K' wordt waargenomen. Daardoor kan men tevens de juiste ligging der verschillende strepen aanwijzen.

Indien wij bij voorbeeld den platinadraad in een kaliumzout dampelen en hem daarna in eene gasvlam houden, dan komt in den spectroscop het spectrum van kalium te voorschijn. Het bestaat uit zeven kleuren, evenals het zonnespectrum, bovendien vindt men er twee karakteristieke roode strepen en ééne violette streep in.

Zoo geeft natrium een spectrum, dat niets anders bevat dan eene heldere gele streep, op de plaats van eene donkere streep in het geel van het zonnespectrum.

Deze methode, om de scheikundige samenstelling der lichamen te

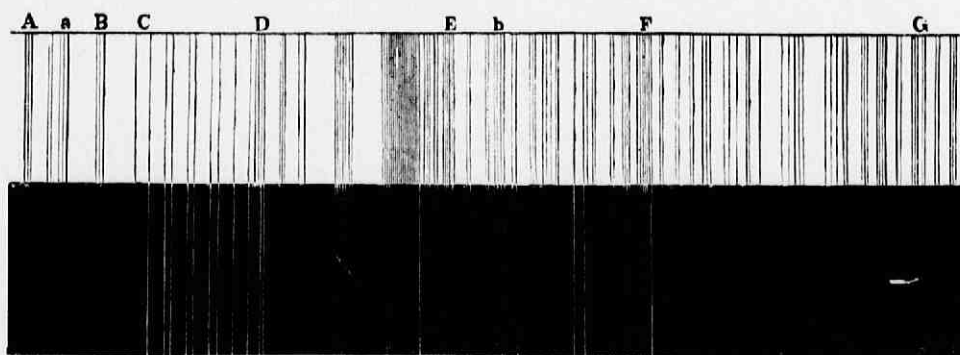


Fig. 161. — Overeenkomst van de strepen van het ijzer met strepen van het zonnespectrum.

leeren kennen, is zoo nauwkeurig, dat zij het bestaan van de geringste hoeveelheden eener stof openbaart. *Een millioenste van één milligram* natrium, in eene vlam aanwezig, roept reeds de karakteristieke strepen van het natrium te voorschijn.

De donkere strepen, die, zooals wij zooveen hebben opgemerkt, in het zonnespectrum voorkomen, *komen volkomen overeen met bepaalde karakteristieke heldere strepen in het spectrum van verscheidene stoffen op aarde.*

De metaaldampen, die de eigenschap bezitten van in groote hoeveelheden bepaalde gekleurde stralen uit te zenden, slorpen diezelfde stralen op, als deze van eene lichtbron komen, die achter die dampen geplaatst is. Indien men dus achter eene vlam, waarin keukenzout brandt, het schitterende Drummonds kalklicht ontsteekt en men de spectra van het keukenzout en van het kalklicht op elkander brengt,

dan verdwijnt dadelijk de gele natriumstreep, om plaats te maken voor eene donkere streep, die juist dezelfde plaats inneemt.

Eene nauwkeurige waarneming van het zonnenspectrum en eene vergelijking der donkere strepen met de spectra der metalen leidt ons tot de volgende gevolgtrekking: *De zon moet omgeven zijn door eenen gasvormigen dampkring, en in dien dampkring moeten in gasvormigen toestand die stoffen voorkomen, welke op overeenkomstige plaatsen van het spectrum heldere strepen te voorschijn roepen.*

Zoo heeft men in het zonnenspectrum de 450 strepen van het ijzer, de 118 strepen van het titanium, de 75 strepen van het calcium, de 57 strepen van het mangaan, de 33 strepen van het nikkel enz. teruggevonden, zoodat men thans zeker weet, dat op de oppervlakte der zon in gasvormigen toestand voorkomen: ijzer, titanium, calcium, mangaan, nikkel, cobalt, barium, magnesium, koper, kalium; maar men heeft er tot nu toe geen spoor van goud, zilver, antimonium, arsenicum of kwik ontdekt. De waterstof is er gevonden in 1868, de zuurstof in 1877. Ook is de volkomen identiteit van twee strepen van het helium, een element, voorkomende in het mineraal *cleviet*, met twee strepen in het zonnenspectrum aangetoond.

Later zullen wij ons bezighouden met de toepassing der spectraalanalyse op de kennis der scheikundige samenstelling der planeten, kometen en vaste sterren. Ons doel was slechts, een denkbeeld te geven van de eigenaardige methode dier belangrijke wetenschap.

Wij mogen van onze reisgenooten niet vergen, dat zij nog langer met ons op de zon vertoeven. Wij hebben nog slechts een gedeelte van onze reis volbracht; het wordt dus tijd, dat wij thans verder gaan en de verschillende planeten bezoeken.

VIERDE BOEK.

DE PLANETEN.

1166045

