

P. oct. 1952

# HET ZONNESTELSEL

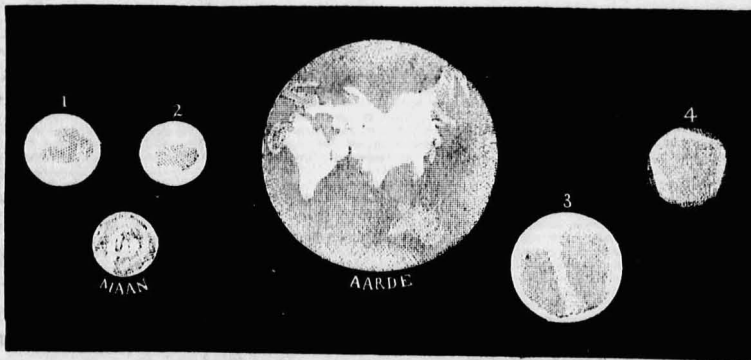
EN

# DE VASTE STERREN,

DOOR

Dr. E. VAN DER VEN.

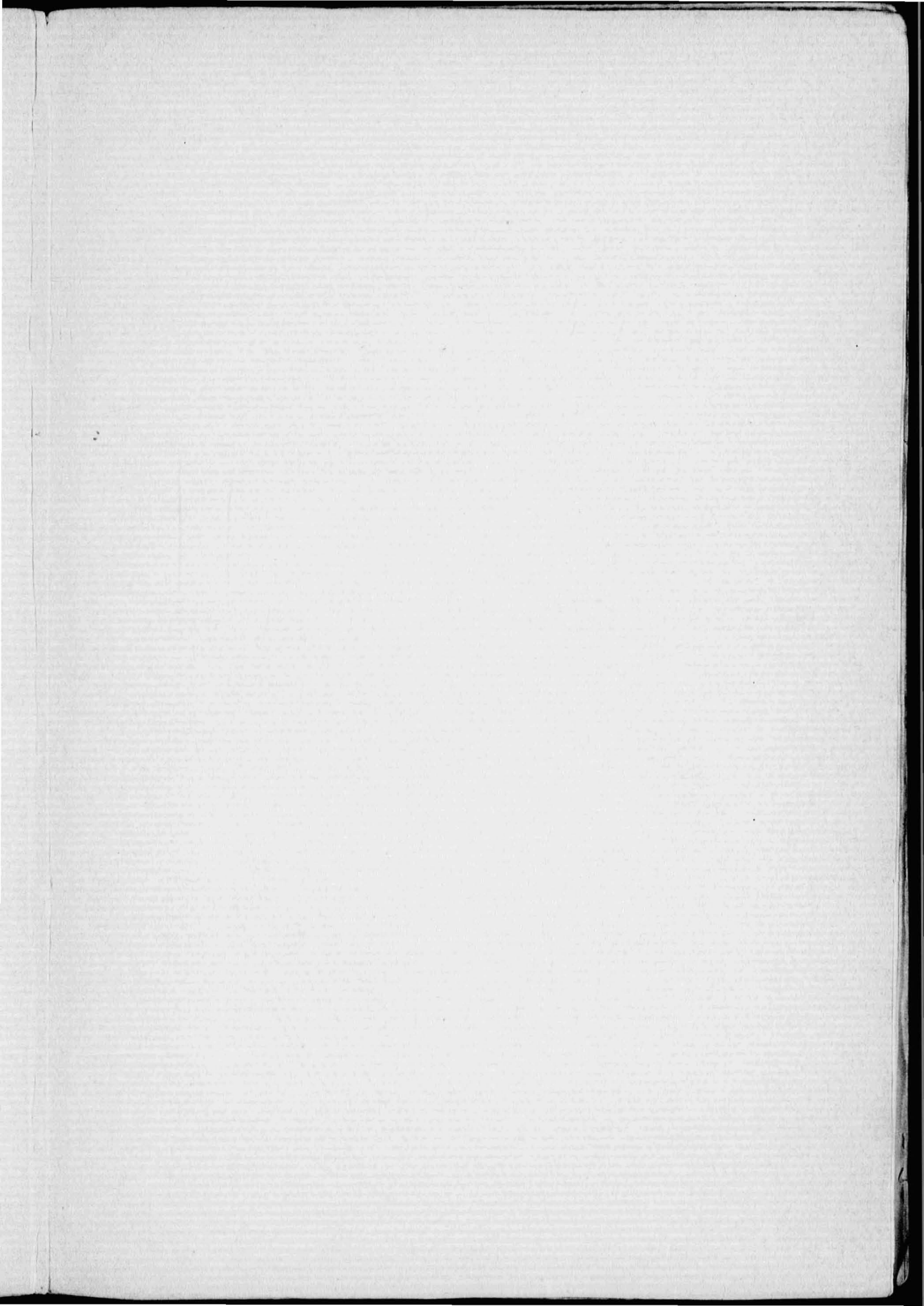
MET AFBEELDINGEN

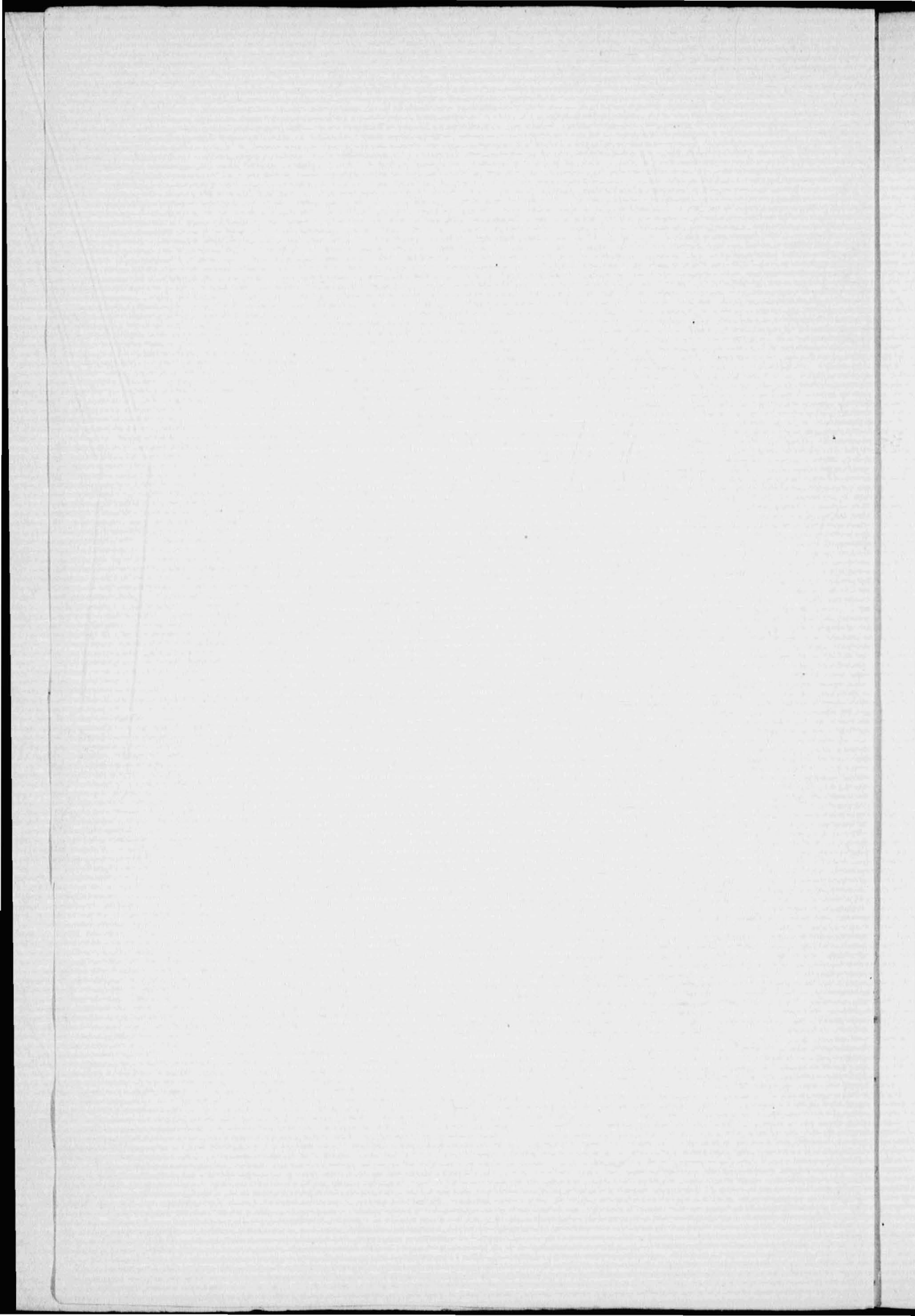


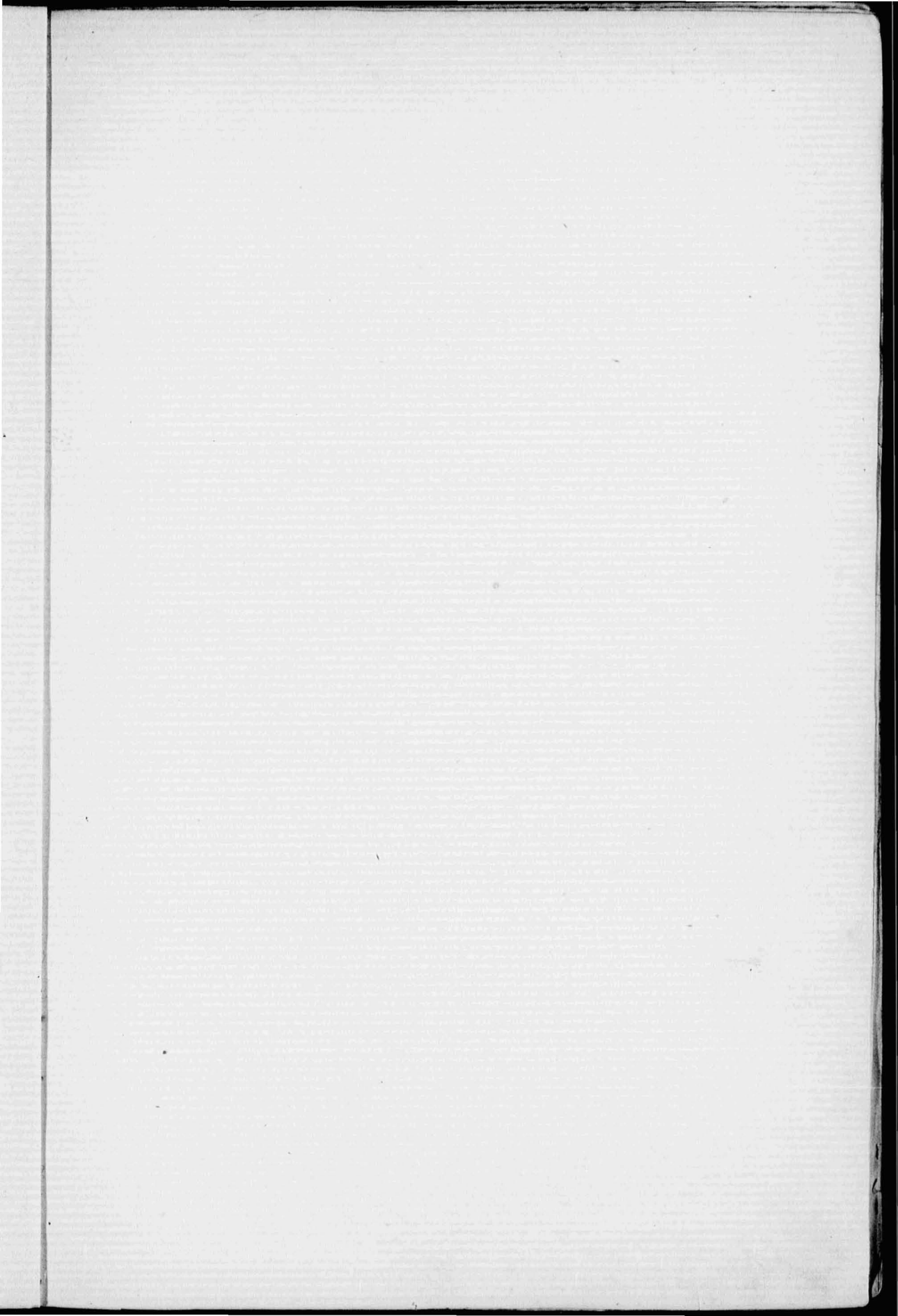
HAARLEM -- KRUSEMAN & TJEENK WILLINK.

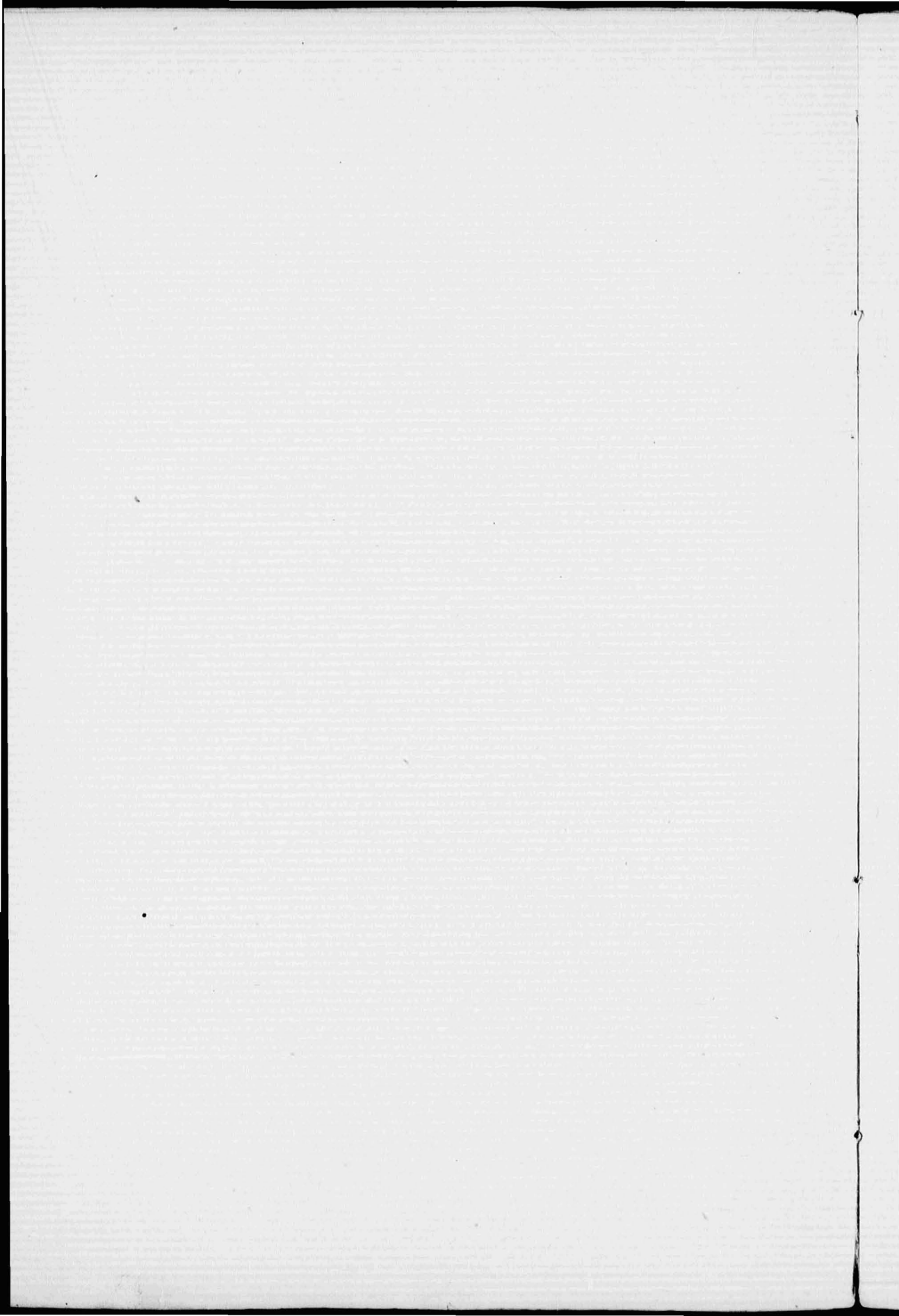
1877.

P. oct.  
1454

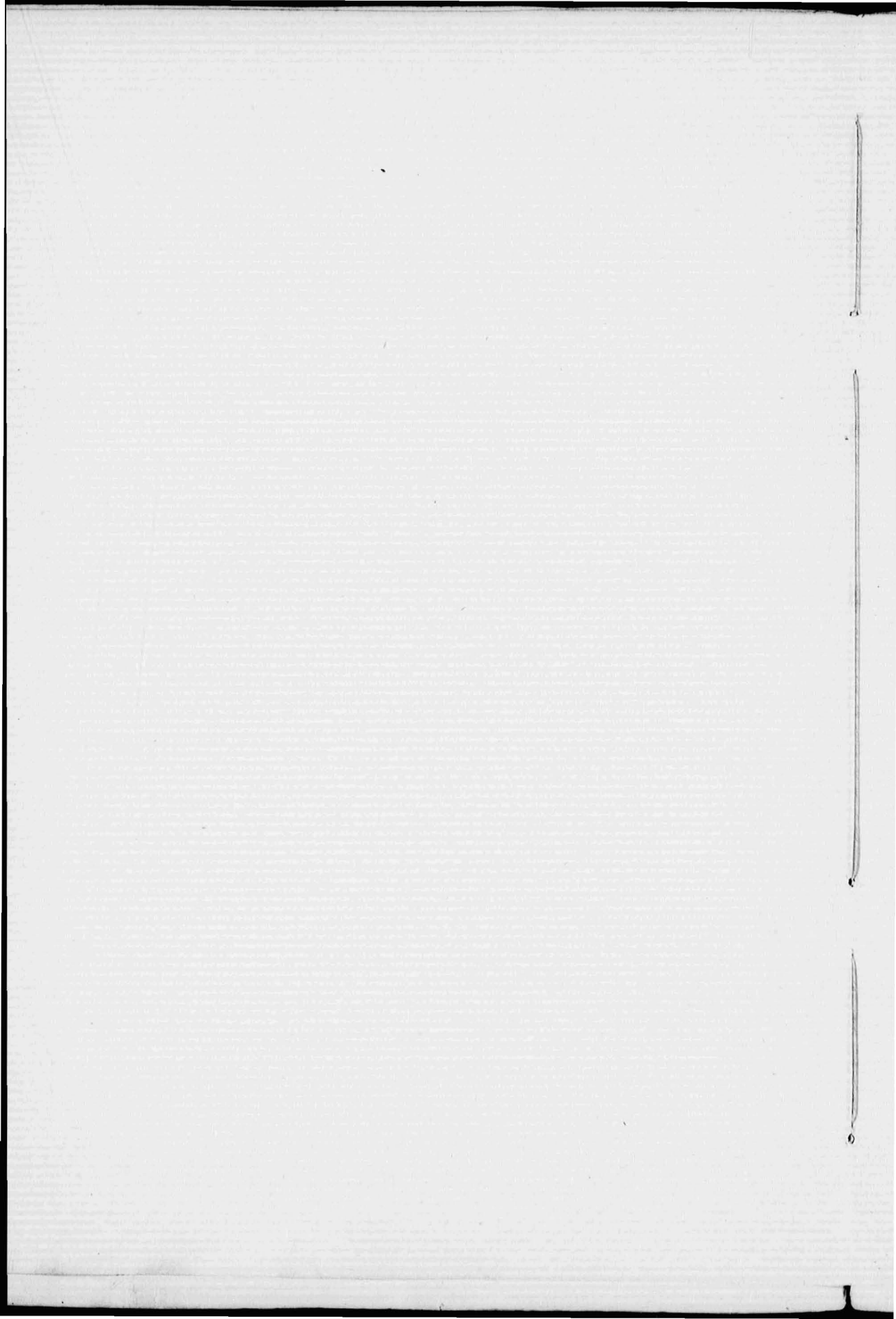








HET ZONNESTELSEL EN DE VASTE STERREN.





# HET ZONNESTELSEL

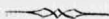
EN

# DE VASTE STERREN,

DOOR

DR. E. VAN DER VEN.

MET AFBEELDINGEN.



HAARLEM,  
KRUSEMAN & TJEENK WILLINK.

1877.

~~~~~  
Gedrukt bij Gebr. van Asperen van der Velde, te Haarlem.

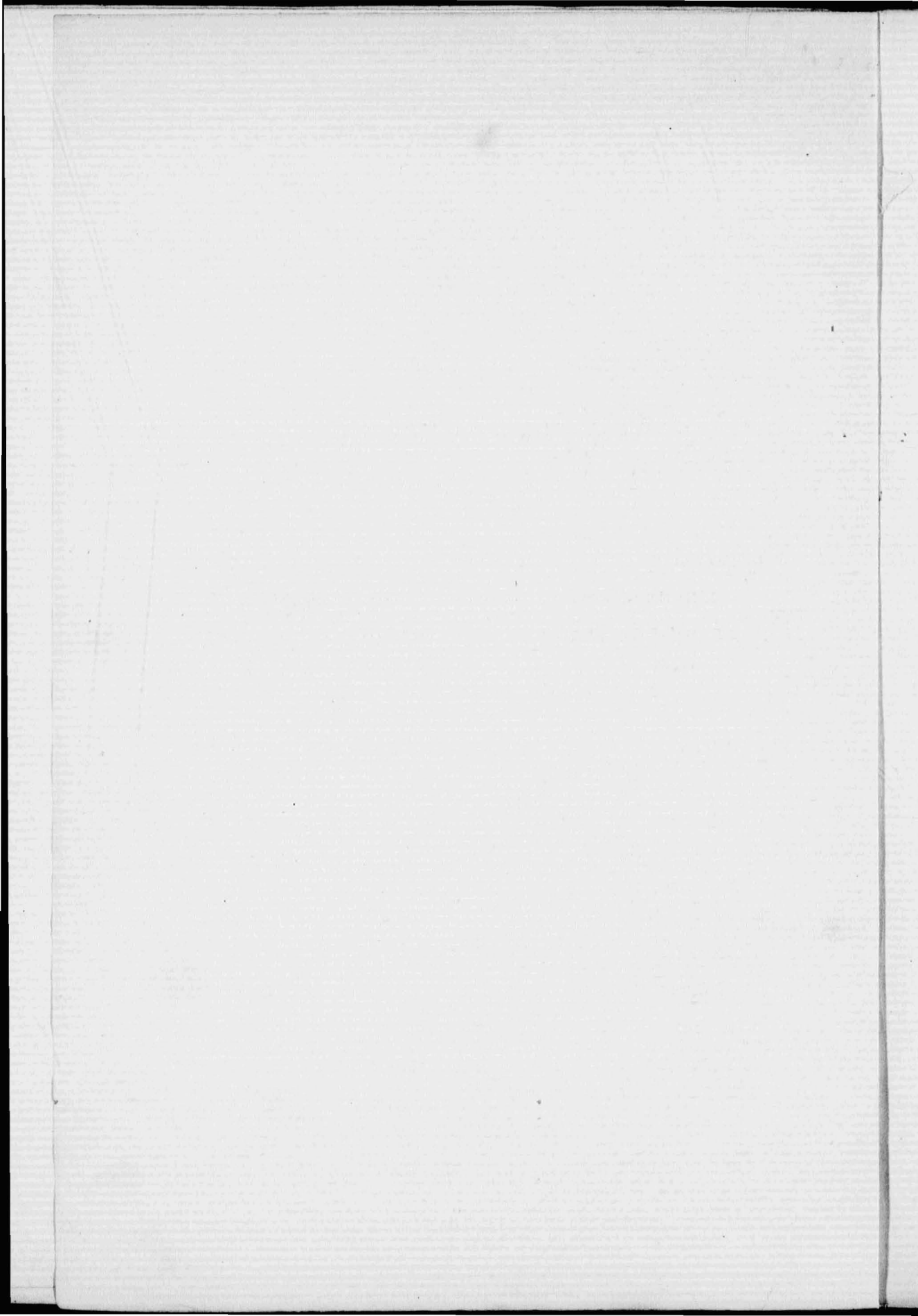
## I N H O U D.

---

### De planeten:

|                                        |      |     |
|----------------------------------------|------|-----|
| I. De binnenplaneten.....              | Blz. | 1   |
| II. De buitenplaneten. Mars.....       | „    | 21  |
| III. Jupiter.....                      | „    | 33  |
| IV. Saturnus, Uranus, Neptunus.....    | „    | 53  |
| De maan.....                           | „    | 79  |
| De kometen en de vallende sterren..... | „    | 107 |
| De vaste sterren.....                  | „    | 133 |

---



## HET ZONNESTELSEL EN DE VASTE STERREN.

### I.

#### DE BINNENPLANETEN.

De schitterende dagvorstin, de milde geefster van licht en warmte, door haar in breede stroomen uitgestort in de onmetelijke ruimte, die onvermoeid de jeugd en de schoonheid vernieuwt van hare hovelingen, de planeten, de reusachtige bron van leven en vruchtbaarheid in haar rijk, troont in het middelpunt van ons planetenstelsel en beheerscht den omloop der werelden, die het samenstellen.

Immers, de tijden zijn reeds lang voorbij, toen hij, die over de lichamen van het zonnestelsel wilde spreken, beginnen moest met zijne lezers te *beduiden*, dat zij, en onder haar onze aarde, rondom de zon uitgestrekte banen beschrijven. Moge ook thans nog de almanak ons nu eens vertellen dat de zon "in de Kreeft", dan weder dat zij in eenig ander sterrebeeld van den dierenriem is aangekomen, wij laten ons door dit reisjournaal niet meer verschalken. Inderdaad, uit eene plaatsverandering, die men bij eenig lichaam waarneemt, het besluit te trekken dat dit lichaam nu ook werkelijk zich zoo beweegt, moge het meest voor de hand liggend besluit zijn aangegrepen, het is tevens het meest kinderlijke; wij, aan de kinderschoenen reeds lang ontwassen, weten wel, dat de torens, wier spitsen wij op onze dagelijksche wandelingen beurtelings elkander zien naderen en zich van elkander zien verwijderen, slechts aan ons eigen voorwaarts gaan hunne schijnbare achterwaartsche beweging danken, dat daarbij de

naastbij gelegene zich langs de meer verwijderde in omgekeerde orde als wij zelve voortspoeden. Zoodat wij dan ook met een medelijdenden glimlach op Galilei's richters terugzien en zijn, hetzij dan historisch, hetzij dan legendarisch: "en toch beweegt zij zich" met luider stem en als van de daken zouden durven verkondigen.

Bij deze hare lange reis om de zon is de aarde niet alleen, want, behalve dat zij een trouwe gezellin heeft in de steeds om haar zich bewegende maan, heeft zij een tal van reisgenooten, die, donkere bollen als zij, ook even als zij alle leven en beweging putten uit de warmte, haar door de zon toegestraald. Deze reisgenooten noemt men dwaalsterren of planeten; dikwijls zeker hebben wij, schoon zonder het te weten, haar zachten, van dien der fonkelende vaste sterren zich door statigheid onderscheidenden glans, bewonderd, als des avonds na zonsondergang hoog boven de westerkim het heldere licht van *Venus* of *Jupiter* ons tegenblonk, of hoog aan den hemel de roode gloed van *Mars* een sterrebeeld opluisterde, waarin tot nog toe nooit eene zoo bijzonder gekleurde ster door ons was opgemerkt. Want niet geheel ten onrechte heeft men aan deze vreemde indringsters den naam van dwaalsterren gegeven; vergeleken bij al die andere hemellichten, die ten opzichte van elkander de eeuwen door niet van plaats schijnen te veranderen, schijnen zij waarlijk rond te dwalen, als waren zij aan wet noch regel gebonden. En toch ook hier weder hetzelfde: dat dwalen is niets dan schijn. Die vaste sterren staan, wij zouden haast zeggen, oneindig ver van ons af; of wij al met de aarde in een jaar een reusachtigen kring om de zon beschrijven, bij den afstand van de meeste harer vergeleken is die kring niet meer dan een ondeelbaar punt. Voorondersteld onze nietige, slechts met geleend licht getooide aarde ware van zoo verre te zien, dan zou zij voor den bewoner eener vaste ster bij al die beweging nog schijnbaar stilstaan, en nu zij om de zon loopt zal zij hem met deze schijnen samen te vallen. Ook omgekeerd dus is hare gansche beweging niet in staat eene schijnbare, hoe klein ook, bij verreweg de meeste vaste sterren te weeg te brengen, terwijl zij dit daarentegen wel kan bij de verschillende planeten, wier afstanden, zelfs van de meest verwijderde, onnoemelijk veel kleiner zijn dan die der meest nabij ons staande vaste ster. En daarom noemden wij de grilligheid harer beweging louter schijn; wat in haar onregelmatigs voorkomt

is alleen een gevolg daarvan, dat wij zelf niet stilstaan, eene nabootsing van onze eigene beweging dus in omgekeerden zin.

Want inderdaad heerscht in de beweging der planeten om de zon eene zoo groote regelmatigheid, dat zij door drie eenvoudige wetten, de wetten van KEPLER, volkomen wordt uitgedrukt. In elliptische banen, die bij de meeste weinig afwijken van cirkels nabij wier middelpunt de zon is geplaatst, loopen zij met beurtelings langzamerhand toe- en afnemende snelheid rondom deze, en wel zóó, dat zij hare grootste snelheid bereiken als zij het kortst bij de zon zich bevinden, hare kleinste wanneer zij van haar het verst zijn verwijderd.

Dezen versten afstand van de zon bereikt de aarde midden in den zomer, den kortsten omstreeks het begin van het jaar. En wanneer de mededeeling van dit feit iemand vreemd moge klinken, zoo vreemd zelfs, dat hij hier aan een drukfout zou willen denken, dan bedenke hij, dat het niet deze grootere of kleinere afstand van de zon kan zijn, die de wisseling onzer jaargetijden regelt. Immers, op den top van den Mont-Blanc is op den middag de temperatuur veel lager dan aan den voet, schoon men ook daar naderbij de zon is dan hier. Die wisseling is voor ons hoofdzakelijk het gevolg van twee oorzaken, de eene dat des zomers de tijd, gedurende welke de aarde door de zon verwarmd wordt, grooter is dan die gedurende welke zij warmte uitstraalt in de ruimte, de andere dat des zomers de zonnestralen meer loodrecht op haar invallen. Zij zelve verkrijgt op deze wijze eene hoogere temperatuur; en door aanraking met een verwarmd lichaam stijgt de temperatuur der lucht meer dan doordien de warmtestralen, van de zon komende, haar doorklieven. Zoo is dan ook de lagere temperatuur van de lucht op den top van hooge bergen hoofdzakelijk aan de afwezigheid van groote verwarmende vlakke-uitgebreidheden op die hoogten toe te schrijven.

De oorzaak nu waardoor een planeet, als zij in haar baan het kortst bij de zon is gekomen, het snelst loopt, is gelegen in de grootere aantrekking, die deze daar op haar uitoefent. En door deze zelfde oorzaak beweegt ook eene die korter bij de zon staat, wier baan dus geheel is ingesloten door die van eene meer verwijderde zuster, zich steeds sneller dan deze, zoodat er voor haar twee redenen zijn waarom zij haren omloop in korteren tijd volbrengt.

Planeten nu, wier banen op deze wijze door die van onze aarde

zijn ingesloten, noemt men binnenplaneten, en het is aan haar dat wij in de eerste plaats onze aandacht willen wijden.

Er zijn twee omstandigheden, waaraan men een binnenplaneet gemakkelijk van een buitenplaneet kan onderkennen. De eerste is deze, dat zulk een binnenplaneet, uit de aarde gezien, zich steeds maar op een vrij beperkten afstand van de zon kan verwijderen. Eene uiteenzetting van de redenen, waarom dit zoo is, schijnt haast overbodig. Als er toch om hetzelfde middelpunt twee cirkels zijn getrokken op den buitenste van welke een waarnemer zich beweegt, dan zal die wel nooit een lichaam, dat op den binnensten cirkel loopt, zich van het middelpunt verder zien verwijderen dan op den afstand van een straal des kleinsten cirkels. En evenmin als ooit dat lichaam, als hij zelf met het gelaat steeds naar het middelpunt blijft gekeerd, zich achter hem zal kunnen bevinden, zal hij ooit een binnenplaneet ter middernacht in het zuiden hebben te zoeken.

Tijdens elken omloop der aarde zou dus zulk een planeet, al liep zij niet sneller dan de aarde, minstens eenmaal tusschen deze en de zon moeten doorgaan, en evenzoo minstens eenmaal achter haar moeten omgaan; en, als zulk een binnenplaneet veel sneller loopt dan zij, zal dit zelfs meermalen in een jaar kunnen gebeuren. Dit laatste verschijnsel zullen wij natuurlijk niet kunnen waarnemen, daar de planeet daarbij door het licht der zon wordt overstraald. Wel echter het eerste; wij zullen haar in dat geval als een zwarte stip over de zonneschijf zien heentrekken. Toch is ook dit verschijnsel veel zeldzamer dan volgens het boven gezegde het geval zou moeten zijn; en dit is daaraan toe te schrijven, dat bij de door ons genoemde voorstelling men zich de beide banen, die van de aarde en die van de binnenplaneet, steeds in hetzelfde vlak gelegen dacht, terwijl dit toch inderdaad niet het geval is. Die vlakken toch maken hoeken met elkaâr, evenals de bladen van een opengeslagen en niet volgens de tegenwoordige regelen der kunst ingebonden boek; en nu dit zoo is zal in de meeste gevallen, waarin zij anders achter of voor de zon zou moeten omgaan, de planeet op eenigen afstand boven of beneden haar langs gaan. Er moeten dus nog al vrij wat omstandigheden samenkomen, om uit de aarde de zon en de binnenplaneet in dezelfde richting te zien. Een van de twee punten, waar de baan der planeet het vlak snijdt, waarin de aardbaan ligt — *knoopen* noemt



men ze — moet daartoe niet alleen met het middelpunt van de zon en de aarde in eene rechte lijn liggen, maar de planeet moet daarboven juist op het oogenblik dat dit plaats heeft in een dier snijpunten zich bevinden; en het is aan de noodzakelijkheid van den samenloop dezer omstandigheden toe te schrijven, dat maar zeer zelden zulk een lichaam over de zon gaat.

De omlooptijd van *Mercurius* bedraagt nog geen 88, die van *Venus* nog geen 225 dagen. Lagen nu de banen dezer binnenplaneten met die der aarde in één vlak, dan zouden bij beide toch veel meer dan de genoemde tijden verstrijken tusschen de twee oogenblikken, waarop een van haar met de aarde en de zon op eene rechte lijn staat. Immers de aarde staat zelf niet stil; zij beweegt zich in dezelfde richting om de zon als zij. Het is er dus mede als met den minuut- en den uurwijzer eener pendule; als beide elkander op dit oogenblik bedekken, dan zal er meer dan een vol uur moeten verstrijken eer dit wederom geschiedt, omdat de minuutwijzer ook nog datgene heeft in te halen wat de uurwijzer in dien tijd is vooruitgekomen. Zetten wij voor beide de berekening op, dan blijkt het, dat, als wij met de beide planeten in één vlak onzen loop volbrachten, tusschen twee overgangen van *Mercurius* gemiddeld 116 en tusschen twee van *Venus* 584 dagen zouden verlopen.

Maar deze voorwaarden zijn nog hoogst eenvoudig, als wij ze vergelijken bij die waaraan moet voldaan worden nu de vlakken der loopbanen niet samenvallen. De punten, waar de loopbaan eener planeet het vlak snijdt waarin de aardbaan ligt, verplaatsen zich; maar hierin ligt niet het groote bezwaar. Eene berekening, geheel overeenkomende met de zoo even geschetste, zou ons spoedig leeren, om de hoeveel tijd de zon, de aarde en zulk een knoop in eene rechte lijn komen te staan. Maar de kans, dat juist als dit zoo is, de planeet in dien knoop zal staan is hoogst gering; zóó gering, dat terwijl *Mercurius* in een eeuw dertien maal voorbij de zon gaat, dit met *Venus* slechts zestien maal geschiedt in duizend jaar. Tusschen twee op elkander volgende overgangen der eerstgenoemde planeet verloopt achtereenvolgens  $3\frac{1}{2}$ , 7,  $10\frac{1}{2}$  jaar. Twee achtereenvolgende overgangen van *Venus* daarentegen hebben acht jaar na elkander plaats; maar dan verloopt er een tijd van  $105\frac{1}{2}$  jaar, eer de planeet wederom voorbij de zon gaat. De laatste over-

gang had op den 8<sup>en</sup> Dec. ll. plaats <sup>1</sup>, terwijl op den 6<sup>en</sup> December 1882 de eerstvolgende zal worden gezien.

De zoo even besprokene *Mercurius* en *Venus* zijn de eenige binnenplaneten. Wel heeft men eenige dagen, misschien eenige weken, lang gemeend, dat er nog een derde was gevonden, maar die korte tijd was lang genoeg om ieder van een dwaling te doen terugkomen. Een vreemde geschiedenis; zij viel voor tegen het einde van het jaar 1859. Reeds lang had men opgemerkt dat de wezenlijke loop van *Mercurius* afweek van hetgeen hij volgens de berekening zijn moest; de planeet bewoog zich dan weér sneller, dan weér langzamer dan het geval moest zijn, al bracht men ook alle bekende storende invloeden in rekening. Want, en dit zij hier als *in parenthesi* gezegd, bij haar loop om de zon kan een planeet zich niet volkomen naar den invloed der zon regelen. Alle stof trekt aan; en nu moge de zon, door hare overwegend groote massa, allen in bedwang houden, de aantrekkende kracht der overige lichamen doet zich niettemin ook gelden. En zij doet dit in zeer verschillende mate. Wanneer wij toch nagaan dat de drie planeten *Mercurius*, *Venus* en de *Aarde* soms alle aan denzelfden kant van de zon kunnen staan, terwijl op een ander tijdstip, bij voorbeeld, de twee laatstgenoemde aan deze, de eerste aan gene zijde van de zon zich kan bevinden, en wanneer wij dan daarbij bedenken, dat als de afstand tusschen twee lichamen 2, 3, 4, 5 en meermalen kleiner wordt, de kracht, waarmede zij

---

<sup>1</sup> Menigeen zal zich dan ook herinneren, hoe uit alle rijken van Europa, ook uit Nederland, wetenschappelijke commissiën, voorzien van alle hulpmiddelen ter harer waarneming dienstig, de verre reis hebben ondernomen naar de streken, waar zij zichtbaar zou zijn. Zonder dat wij hier in eene uitvoerige beschouwing kunnen treden omtrent de wijze, waarop men uit dit verschijnsel den afstand kan afleiden van de zon tot de aarde, achten wij toch voor velen de enkele mededeeling niet overbodig, dat het meer nauwkeurig bekend worden met dien afstand het doel was, tot wier bereiking zooveel moeite en geld werd besteed. Men kon meenen, dat de enkele begeerte, een op zich zelf weinig belangwekkend verschijnsel te zien, tot deze excursiën gedreven had.

De eerste betrouwbare bepaling van dien afstand berust op de waarneming der beide overgangen, die in 1761 en 1769 plaats hadden. Toch liet hare nauwkeurigheid genoeg te wenschen over om de in deze eeuw aangeboden gelegenheid niet ongebruikt te laten voorbijgaan. Welke de juiste resultaten dezer vernieuwde pogingen zijn is nog niet bekend; maar wij twijfelen niet of de sterrekundigen zullen haar in elk geval in 1882 nogmaals aan de waarneming trachten te toetsen.

elkander aantrekken, 4, 9, 16, 25 en meermalen wordt vergroot, dan ziet men in dat de wezenlijke loopbaan van elk dezer drie nog al wat van een ellips zal kunnen verschillen. De ellips is slechts de grondvorm van de baan eener planeet; was deze er alleen met de zon, dan zou die baan een zuivere ellips zijn. Nu zij echter zoo overvloedig gezelschap heeft, leidt dit haar af van haar pad. Zou zal dan in het door ons gestelde voorbeeld *Mercurius* in het eerste geval verder van, in het tweede naderbij de zon komen, in het eerste geval dus langzamer, in het tweede sneller loopen, dan overeenkomt met de wetten haar door de zon zelve gesteld. Toch vallen deze verschillen niet buiten het domein der wiskundige berekening. Zooals wij reeds zeiden: men bracht ze in rekening, en toch — de werkelijkheid maakte voortdurend de theorie te schande: tot eindelijk in het laatst van gemeld jaar LEVERRIER, een fransch sterrekundige, wiens naam wij meermalen zullen ontmoeten waar van planeten sprake is, in eene der *Académie des Sciences* aangeboden verhandeling aantoonde, dat al die onregelmatigheden alleen dan konden verklaard worden, wanneer men aannam, dat nog nader bij de zon dan *Mercurius* zich een planeet moet bevinden; een planeet dus, wier baan geheel door die van *Mercurius* is ingesloten. En wat wil het toeval. Niet lang daarna schrijft een geneesheer uit het zuiden van Frankrijk, LESCARBAULT was zijn naam, een dilettant-astronoom die dagelijks de zonnevlekken telde en catalogiseerde, dat hij op zekeren dag, het was den 26<sup>en</sup> Maart van dat jaar, een zwart schijfje over de zon had zien trekken; en daar noch *Mercurius*, noch *Venus* zich op dien dag tusschen ons en de zon hadden kunnen bevinden, was het duidelijk, dat men hier te doen had met de door LEVERRIER voorspelde planeet. Was het nu uit wezenlijke opgewondenheid over eene zoo luisterrijke ontdekking, of was het door den invloed van den sterk keizersgezinden, senatorialen met een tabaks-monopolie — wij Hollanders van reeds wat ouderen datum zouden zeggen een suiker-contract — begiftigden directeur van het Parijsche observatorium, die den gelukkigen vinder allerlei ovatiën, zelfs het legioen van eer bezorgde? Wij willen ons oordeel opschorten; genoeg zij het, dat op Kerstdag van dat jaar aan een banket, ter eere van beiden te Parijs gegeven, menige toast gewijd werd aan de nieuwe planeet, aan *Vulcain*. Maar ook anders dan onder dien franschen naam hebben wij die planeet van één dag

nooit gekend. Ook andere sterrekundigen, van betere hulpmiddelen voorzien en in gunstiger omstandigheden geplaatst, raadpleegden hunne journalen omtrent de verschijnselen op den genoemden dag aan de zon waargenomen, en daar zij nu van een regelmatig over de zon zich voortbewegend schijfje daarin zelfs de sporen niet konden ontdekken, weigerden zij eenvoudig de reeds gedoopte een plaats te geven onder de levenden; en sedert hebben wij zoo min van *Vulcain* als van *LESCARBAULT* iets vernomen.

Zooals het er dus thans om staat, kennen wij aan *Mercurius* nog steeds de naaste plaats bij de zon toe; dan volgt *Venus*. Deze binnenplaneten vertoonen een verschijnsel, dat wij niet onopgemerkt mogen laten voorbijgaan, dat toch zonder afzonderlijke vermelding lichtelijk aan de aandacht van velen zou ontsnappen, omdat het met het bloote oog niet wordt gezien. Slechts met een vrij goeden kijker gewapend ontdekt het, dat die beide planeten zich aan ons nooit voordoen als volkomen ronde schijfjes; dat zij daarentegen, evenals de maan, achtereenvolgens verschillende *schijngestalten* of *phasen* doorloopen, om, wanneer zij hare geheel verlichte helft naar ons toe keeren en dus worden zouden wat wij bij de maan *vol* noemen, met de zon tegelijk aan den hemel te staan en dus in hare stralen zich te verliezen.

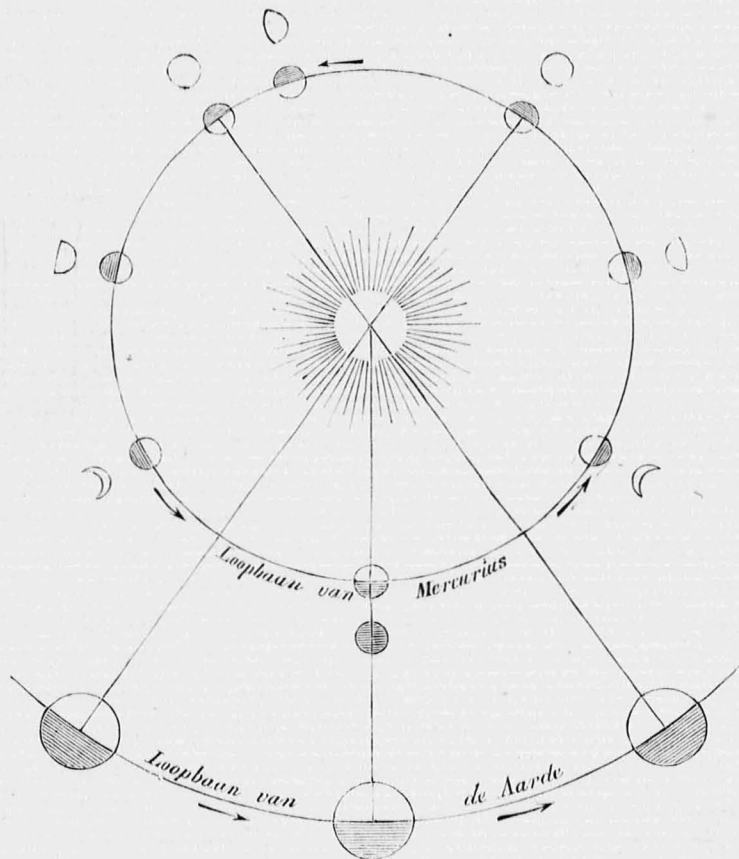
De nevensstaande figuur (Fig. 1) zal dit beter dan eenige beschrijving duidelijk maken, en daarbij tevens doen zien, dat, juist omgekeerd als bij de maan, eene wassende binnenplaneet aan de linker-, eene afnemende daarentegen aan de rechterzijde verlicht is.

Deze phasen der binnenplaneten hebben in de sterrekunde historische waarde. Toen het stelsel van *COPERNICUS*, waarbij werd aangenomen dat de zon het hoofdlichaam was waarom alle planeten, ook de aarde, zich bewegen, pas was gesteld tegenover dat van *PTOLOMEUS*, waarin aan de aarde het middelpunt als standplaats was aangewezen, toen gebruikten de verdedigers van het oude stelsel deze phasen, die men niet zag en toch volgens het nieuwe stelsel zien moest, als een argument tegen dit laatste. Eene nieuwe vinding echter begunstigde ook hier eene gansche omwenteling op wetenschappelijk gebied. Want als *GALILEI*, op dat gebied het eerst van haar gebruik makende, den kijker op *Venus* richtte, zag hij hare regelmatig verloopende schijngestalten; zijne waarneming gaf aan de strek-

king van het argument eene tegenovergestelde richting, daar zij een van de grondslagen werd waarop, vooral in de eerste tijden, het nieuwe stelsel was gevestigd.

De binnenplaneten kunnen zich, reeds boven merkten wij dit op,

Fig. 1.



slechts tot op een bepaalden afstand links en rechts van de zon verwijderden; en het is uit het daar gezegde gemakkelijk af te leiden, dat deze afstand aan den hemel een boog zal beslaan van evenveel graden als de hoek bevat, waaronder wij van hier de straal van die planetenbanen zien. Dit heeft tengevolge dat zulk een planeet nu

eens vóór de zon op-, dan weder na de zon ondergaat. De verschijnselen volgen hierbij elkander aldus op. Zij op een gegeven oogenblik de planeet, uit de aarde gezien, zoo ver mogelijk links van de zon verwijderd, dan zal zij ook, zoodra na zonsondergang de duisternis genoeg is gevallen om haar licht dat der atmosfeer in het westen te doen overtreffen, zoo hoog mogelijk aan den hemel gezien worden. Bij *Mercurius* bedraagt die grootste hoogte 28, bij *Venus* 48 graden. Van nu af zal de planeet langzamerhand de zon schijnen te naderen, hetgeen tengevolge zal hebben, dat zij bij zonsondergang voortdurend al lager en lager zal staan, om eindelijk zóó nabij haar te komen, dat zich haar licht verliest in dat van de avond-schemering. De planeet is nu gedurende eenige dagen te gelijk met de zon aan den hemel; in die dagen zal zij, natuurlijk zonder dat wij daarvan iets kunnen bemerken, óf boven óf beneden den zonerand langs, of, in de zeer zeldzame bovengenoemde gevallen, juist over de zonneschijf of achter de zon om kunnen gaan. Zoo komt ze dan, van uit de aarde gezien, rechts van de zon te staan; en als zij zich van deze genoeg zal hebben verwijderd om te maken dat haar licht dat van de morgenschemering overtreft, dan zal ze vóór zonsopgang boven de oosterkim weder te voorschijn treden, om zich langzamerhand al meer en meer, maar nooit verder dan de bovengenoemde afstanden, van de zon te verwijderen, tot haar terug te keeren en, na in den regel weder boven of onder haar langs te zijn gegaan en daarbij gedurende eenigen tijd voor ons onzichtbaar te zijn geweest, des avonds, kort nadat de zon ter kimme is gedaald, met haren zachten glans uit de schemering op te duiken. In weinig woorden saâmgevat, een binnenplaneet kan beurtelings *morgenster* en *avondster* zijn. Dit geldt zoowel van *Mercurius* als van *Venus*; toch wordt, als wij haar met dien populairen naam hooren aanduiden, in den regel de laatste planeet bedoeld, omdat *Mercurius* zich gedurende te korten tijd genoegzaam van de zon verwijdert om de aandacht van het algemeen op zich te vestigen. In de klassieke geschriften ontmoet men voor elk der twee sterren twee namen; *Mercurius* wordt daar, wanneer zij avondster is, met dien zelfden naam genoemd, maar heet als morgenster *Apollo*, terwijl *Venus* in het eerste geval onder den naam *Vesper*, in het tweede onder den naam *Lucifer* voorkomt. Deze dubbele benaming vinden wij natuurlijk in den mond van

hen, die slechts oppervlakkig den hemel beschouwden; maar even natuurlijk komt het ons, na het boven uiteengezette, voor, dat een meer aandachtige beschouwing bij de in dit opzicht meer ontwikkelden dier dagen de gedachte deed oprijzen, dat morgen- en avondster eigenlijk een en hetzelfde hemellichaam was, dat slechts beurtelings aan deze en aan gene zijde van de zon zich vertoonde.

Al wat wij tot nog toe verklaarden heeft betrekking op de binnenplaneten in het algemeen; wij willen haar thans elk afzonderlijk beschouwen.

*Mercurius*, wier massa slechts de helft is van die der aarde, beweegt zich langs een baan, die van alle bekende planetenbanen het meest van den cirkelvorm afwijkt, en langs deze baan loopt zij, evenals al de groote planeten, uit de zon gezien, van de rechter naar de linkerhand. Daar nu de zon in een van de brandpunten dezer ellipsvormige baan is geplaatst, moet de afstand, waarop in de verschillende punten dier baan de planeet zich van haar bevindt, aan veel grootere veranderingen onderworpen zijn dan bij voorbeeld met onze aarde het geval is. De gemiddelde afstand bedraagt slechts  $\frac{2}{5}$  van dien der aarde; maar in de punten, die het verst van en het naast bij de zon zijn gelegen, wijkt de afstand ongeveer  $\frac{3}{14}$  van dit gemiddeld bedrag af, en deze afwijking zelve bedraagt nog meer dan anderhalf millioen D. G. mijlen. Eene zoo groote verandering in den afstand moet eene daarmede overeenkomstige ten gevolge hebben in de schijnbare afmetingen der zon, welk hemellichaam bij den gemiddelden afstand aan den hemel van *Mercurius* toch reeds eene oppervlakte beslaat, die zes en een vierde maal zoo groot is als die, welke het aan den hemel van ons aardbewoners inneemt.

De overweging van deze omstandigheid voert tot eenige gewichtige vergelijkingen tusschen de temperaturen, die, alle andere omstandigheden gelijk gerekend, op *Mercurius* en op de aarde moeten heerschen. Gelijk wij weten is ons zonnestelsel geplaatst in een streek van het heelal, waarvan alle punten eene temperatuur hebben, die bepaald wordt door de licht- en warmtestralen, welke de omringende hemellichamen uitzenden, en deze koude planetarische temperatuur ligt niet ver beneden die van onze poolstreken. Elke planeet op zich zelve nu zou ook deze zelve temperatuur bezitten, indien er niet twee oorzaken waren, die medewerken om haar te verwarmen. Een

van deze, de inwendige warmte, die het nog overgebleven deel is van de warmte, welke de planeet oorspronkelijk heeft bezeten, is ons, wat hare intensiteit betreft, bij *Mercurius* volkomen onbekend. Van de andere daarentegen kunnen wij die met voldoende zekerheid nagaan; wij weten dat de verwarmende invloed van zonnestralen, als alle andere omstandigheden gelijk zijn, tot het vier-, negen-, zestenvoud, enz. stijgt, wanneer de afstand van dat hemellichaam twee, drie, vier, enz. malen kleiner wordt. Vergelijken wij nu, om de gedachten te bepalen, een warmen zomermiddag ten onzent, waarbij de zon ongeveer dertig graden van het zenith is verwijderd, bij een dergelijke zonnestand op *Mercurius*, en bedenken wij, van de bovengenoemde gegevens uitgaande, dat bij den ongeveer twee en een half maal zoo kleinen afstand van de zon de werking harer stralen ruim zesmaal zoo groot is, dan kunnen wij ons voorstellen wat voor ons een warme zomermiddag op die planeet zijn zou! En dan hebben wij nog niet eens gedacht aan de gelijktijdig tot meer dan het zesvoud stijgende intensiteit van het licht der zon!

Wij moeten echter nog wat dieper in deze zaak doordringen, als wij in eene vergelijking willen treden van de levensvoorwaarden hier op aarde met die op *Mercurius*.

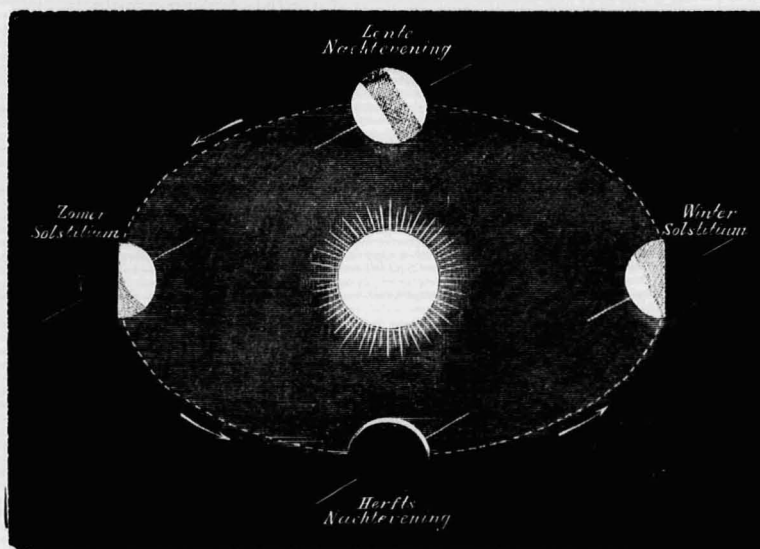
En dan is het al wederom de vraag: waarom is het hier des zomers zooveel warmer dan des winters? In de eerste plaats, omdat in den zomer de tijd, gedurende welken de aarde zelve warmte absorbeert, in de streken waar wij wonen veel langer is dan die, gedurende welken zij warmte uitstraalt in de ruimte, en omdat in den winter hier juist het omgekeerde plaats heeft. In de tweede plaats, omdat de verwarmende invloed der zonnestralen op de vaste aardschors des te grooter is, naarmate zij meer loodrecht op den bodem vallen; en wij weten dat de stralen van een wintermiddagzon even rakelings langs de aarde strijken als die van de ten ondergang nijgende zon in den zomer. De aarde dus wordt zelve in onze streken door deze twee oorzaken een meer en dieper verwarmd lichaam dan in den winter, en zoo-doende meer in staat de met hare oppervlakte in aanraking zijnde lucht tot hogere temperatuur op te voeren.

Willen wij dus in eene vergelijking treden, dan moeten wij vragen hoe het met de wisseling van dag en nacht op *Mercurius* gesteld is, hoe met het invallen der zonnestralen op de deelen harer



oppervlakte, in ligging met onze woonplaats op aarde meest overeenkomende. Een antwoord op die vragen moet de onderstaande figuur (fig. 2) ons helpen geven. Deze vertoont ons *Mercurius* in vier verschillende standen ten opzichte van de zon geplaatst; standen overeenkomende met die van onze aarde op den 22<sup>en</sup> December, den 22<sup>en</sup> Maart, den 22<sup>en</sup> Juni en den 22<sup>en</sup> September. De rechte lijn, die, steeds evenwijdig aan zich zelve blijvende, in die vier standen door de planeet is getrokken, stelt de as voor waarom zij dagelijks

Fig. 2.



wentelt; en het is opmerkelijk hoe schuins die as staat op het vlak, waarin de baan der planeet ligt; zij maakt er een hoek van slechts ongeveer  $20^\circ$  mede. Bij onze aarde is dat geheel anders. Hare as helt zóó weinig met betrekking tot het vlak van hare baan,  $66\frac{1}{2}^\circ$  ongeveer, dat de lijn, die in de rechts en links door de figuur voorgestelde standen het licht van de duisternis scheidt, veel naderbij de polen komt, veel minder van de richting der as afwijkt.

Beschouwen wij nu eens de figuur rechts, en noemen wij het naar beneden gekeerde uiteinde der as de zuidpool, dan is het voor die pool zomer, en dus, van het standpunt van ons bewoners van een

noordelijk halfrond gezien, voor ons midden in den winter. Als in dezen stand de planeet om hare as wentelt, dan blijft de omgeving dier zuidpool, tot op grooten afstand van haar, onafgebroken in het door de zon beschenen gedeelte der planeet, terwijl daarbij, in hare naaste omgeving, hare stralen bijna loodrecht op den bodem vallen. De plaatsen nabij den evenaar daarentegen zien de zon dagelijks open ondergaan, en hare stralen strijken daar als het ware rakelings langs den grond. En nu de noordelijke streken, gelijk staande met de door ons bewoonde. Voor deze is het winter; maar welk een winter! Over eene oppervlakte, die zich tot den twintigsten breedtegraad rondom de pool uitstrekt, — wij aardbewoners zouden zeggen tot in het noordelijk deel van de woestijn van Sahara, tot in dat van Voor-Indie en tot in het zuiden van Mexico — gaat op den hier voorgestelden dag de zon niet op, terwijl op onze aarde de plaatsen, waar dit eenmaal 's jaars zoo is, op onze poolcirkels gelegen zijn.

Gelukkig nog maar, zouden wij haast zeggen, dat een etmaal op *Mercurius* slechts weinig langer duurt dan bij ons; dag en nacht zijn daar maar vijf en een halve minuut langer, daar de planeet in 24 uren en zoovele minuten eens om hare as wentelt. Maar wat er vooral toe bijbrengt om de anders zeker over hare grootste uitgestrektheid met eeuwige sneeuw en ijs bedekte planeet in onze oogen ten minste eenigszins bewoonbaar te maken, is de snelheid, waarmede zij om de zon loopt; en in dit opzicht verkeert, indien het ten minste verkieselijker kan worden geacht gebraden dan bevroren te worden, de noordpool in gunstiger omstandigheden dan de zuidpool, omdat in het zomersolstitium de planeet haren kortsten afstand van de zon bereikt, en zij dus de, in onze figuur, rechterhelft van hare baan in minder tijd doorloopt dan de linkerhelft. Eene geheele omwenteling volbrengt zij in ongeveer 88 van onze dagen, en is zodoende in minder dan drie van onze weken uit den zoo even beschreven stand gekomen in dien der lente-nachtevening, waarbij de cirkel, die licht van duisternis scheidt, door de polen gaat; bij het wentelen van de planeet om hare as blijven nu alle plaatsen even lang in het lichte als in het donkere gedeelte, met andere woorden, overal op *Mercurius* is de zon even lang op als onder, zijn dag en nacht even lang. Zij die van weerszijde nabij den evenaar wonen, krijgen nu, *tout comme chez nous*, de zon ongeveer boven hun hoofd

op den middag; maar niet voor zoo langen tijd als bij ons. Want wederom goed drie weken later heeft de planeet reeds den in de figuur aan de linkerzijde afgebeelden stand ingenomen; en voor de bewoners van het noordelijk half rond — als wij op *Mercurius* woonden zouden wij zeggen voor ons — geldt nu hetzelfde, wat wij in den eerst besproken stand omtrent de bewoners van het zuidelijk half rond hadden kunnen opmerken. Gedurende eenige achtereenvolgende dagen gaat op eenen afstand van de pool, gelijk aan dien waarop ons land verwijderd is van de pool der aarde, de zon niet onder. Zij schiet hare stralen daar gedurende dien tijd bijna loodrecht op den bodem neder!

Hoe verbazend groote, voor menschen als wij zeker onverdragelijke wisseling van temperatuur moet dus in de streken, met onze gematigde luchtstreek overeenkomende, op deze planeet heerschen. Jaar in, jaar uit, in even meer dan zes weken tijds uit een streek binnen onzen poolcirkel te worden overgeplaatst naar eene nabij den evenaar, in de eerste gedurende eenige dagen de zon niet te zien opgaan, in de laatste haar niet alleen gedurende een groot gedeelte van den dag hare stralen loodrecht op ons te voelen nederschieten, maar zelfs gedurende eenige etmalen achtereen haar niet te zien ondergaan, haar in elk dier etmalen weder ongeveer boven het hoofd te krijgen, om dan weder aan het einde van de volgende zes weken in een dagen langen nacht te zijn gedompeld, waarlijk, zooveel afwisseling moet, van een menschelijk standpunt beschouwd, onverdragelijk schijnen. Van dit standpunt ziende, verklaren wij *Mercurius* alleen bewoonbaar over den smallen gordel, die aan weerszijden van den evenaar door den breedtecirkel van  $20^{\circ}$  wordt omsloten. Tenzij . . .

Tenzij deze planeet mocht omgeven zijn van een dampkring, die, als een der polen zomer heeft, hare oppervlakte beschermt tegen de onmiddellijke inwerking der zonnestrallen en die gedurende den korten winter de uitstraling van den bodem genoeg belemmert, om de temperatuur op de oppervlakte der planeet niet beneden het vriespunt te doen dalen. Omtrent zulk een dampkring zijn wij niet nader ingelicht dan door de waarnemingen van SCHROETER, die in 1799 bij een van de overgangen van *Mercurius* in plaats van een zwarte, scherp begrensde vlek, rondom het schijfje van de planeet een nevelachtigen ring meent te hebben gezien, minder lichtgevend dan de

oppervlakte der zon zelve, en later door die van BEER en MÜDLER, wien het gebleken is dat tijdens de kwartieren de afscheiding tusschen licht en duisternis op de planeet zelve nooit scherp is begrensd, dat het licht als het ware zachtkens wegvloeit in de duisternis. Want ook de spectraal-analyse heeft geene vertrouwbare resultaten opgeleverd; alleen weten wij door haar dat in het spectrum van het door de planeet teruggekaatste zonnelicht de donkere strepen C en F van FRAUNHOFER even goed voorkomen als in het direkte, en dat, terwijl het roode gedeelte van dat spectrum veel lichtkracht bezit, het blauwe en violette daarentegen zeer lichtzwak is.

De kleine afstand, waarop *Mercurius* zich van de zon verwijderd, zal altijd een hinderpaal blijven bij het streven naar waarnemingen, waarop men met eenig vertrouwen besluiten omtrent de samenstelling van haren dampkring, veel minder dan nog omtrent de gesteldheid van hare vaste kern, zal kunnen gronden. Wat deze laatste betreft, kennen wij door berekening slechts hare gemiddelde dichtheid, die anderhalf maal zoo groot is als de gemiddelde dichtheid der aarde, en vermoedt men, op grond van waarnemingen, eveneens van SCHROETER, BEER en MÜDLER, dat er zeer hooge bergen op hare oppervlakte voorkomen. De lijn, die tijdens de kwartieren licht van duisternis scheidt, is toch niet alleen volgens hen niet scherp getrokken, maar vertoont nog daarenboven onregelmatigheden, die alleen daaraan kunnen worden toegeschreven, dat de toppen van hooge bergen reeds door de zon worden beschenen als haar licht nog niet op de oppervlakte der planeet zelve valt.

Wenden wij thans onze blikken van *Mercurius* naar *Venus*, dan vinden wij tegenover vele trekken van overeenkomst ook eenige punten van verschil.

Onder de laatste noemen wij vooral de gedaante van hare loopbaan; terwijl *Mercurius* de meest uitmiddelpuntige heeft van alle planetenbanen, gelijkt die van *Venus* meest op een cirkel; hetgeen dan ook ten gevolge heeft, dat de snelheid van haren loop zeer regelmatig en daardoor ook de duur van de verschillende jaargetijden voor eenige plaats aan hare oppervlakte vrij wel gelijk is. In dit opzicht heeft dus *Venus* meer overeenkomst met de aarde.

Nog een ander punt van groote overeenkomst met de aarde vinden wij in hare afmetingen; hare middellijn toch verschilt van die der aarde niet meer dan vijftien duizendste deelen van het totaalbedrag, en hare afplatting kan, daar zij zoo klein is dat wij haar niet nauwkeurig meten kunnen, niet grooter zijn dan de geringe afplatting van den aardbol; ook deze zou, op dien afstand gezien, haast onmerkbaar zijn.

Verder verschilt *Venus*, wat de wisseling van dag en nacht betreft, weinig van beide, aangezien het etmaal op haar, daar zij in 23 uren en 31 minuten eens om hare as wentelt, slechts 39 minuten korter dan op aarde en dus ook slechts  $44\frac{1}{2}$  minuut korter dan op *Mercurius* is.

Maar wat de bewoonbaarheid der planeet betreft, voor wezens georganiseerd als de ons bekende, is zij al een even onherbergzaam oord als *Mercurius*; ten minste als wij SCHROETER's bepaling van de helling der as ten opzichte van het vlak der loopbaan vertrouwen mogen. Volgens hem bedraagt die niet meer dan  $15^{\circ}$ <sup>1</sup>; en als dit zoo is, varieeren de temperaturen op plaatsen, wier ligging met die van onze woonplaats op aarde overeenkomt, zelfs tusschen nog ruimer grenzen.

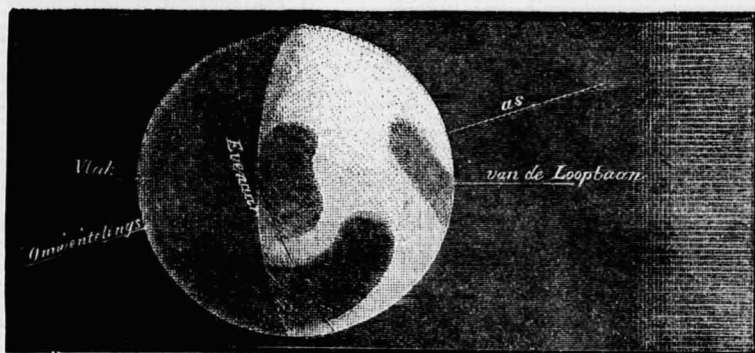
In fig. 3 wordt de stand van de planeet ten opzichte van de zon voorgesteld op het oogenblik, dat het aan de noordpool zomer is. Uit haar blijkt, dat op dien dag voor schier het gansche zuidelijke halfrond de zon niet op-, en dat zij voor bijna het gansche noordelijke halfrond niet ondergaat. Want bij eene wenteling om de in de figuur aangegeven as blijft het laatstgenoemde bijna in zijn geheel van de zon afgewend, het eerstgenoemde naar haar toegekeerd. Bewoonden wij dus op *Venus* een land, dat, als het onze op aarde onder den breedtecirkel van  $52^{\circ}$  ligt, dan zou op den middag van dien dag de zon  $23^{\circ}$  ten noorden van ons zenith staan; hare stra-

<sup>1</sup> SCHROETER's bepaling van de helling der as is niet onweersproken gebleven; DE VICO meent haar zelfs, volgens zijne waarnemingen (1840), op  $53^{\circ} 12'$  te moeten stellen. Zonder te willen beslissen aan welke zijde de waarheid is, deelen wij slechts mede dat alles hier afhangt van de nauwkeurigheid van tot fouten zeer ligt aanleiding gevende waarnemingen betreffende de helling der wegen, langs welke de planeet bij hare wentelende beweging vlekken schijnt meê te voeren, omtrent welke het niet eens zeker is of zij zelve geen eigen beweging hebben.

len zouden dan ongeveer op dezelfde wijze ons treffen als op den 22<sup>sten</sup> Juni de bewoners van streken onder onzen evenaar.

Ongeveer zestien dagen later zou zij op den middag door het zenith gaan, terwijl zij gedurende al dien tijd boven den horizon zou zijn gebleven, om eindelijk, een dag of tien later nog, na in het geheel gedurende twee-en-vijftig achtereenvolgende dagen niet te zijn onder geweest, haar aangezicht eens eenige minuten lang voor ons te verbergen. Haar aangezicht, dat uit *Venus* gezien nog daarenboven straalt met een glans, die het dubbel is van den zonnegloed op aarde! Mocht er na het verstrijken van dien tijd van organismen als de ons bekende nog iets in het leven zijn gebleven, dan kan men er verzekerd van zijn, dat een halven omlooptijd later, als een

Fig. 3.



even lange periode zal zijn doorloopen waarin geen zonnestraal onze woonplaats bescheen, al wat de hitte gespaard heeft in sneeuw en ijs zijn ondergegaan!

Over nog smalleren gordel dus dan op *Mercurius*, een gordel die zich aan weerszijden van den evenaar slechts weinige graden uitstrekt, kunnen wij *Venus* slechts eene, voor wezens als de ons bekende, geschikte woonplaats achten. Daar alleen, waar de zon dagelijks op- en ondergaat, waar zij wel omstreeks de nachteveningen, even als bij ons in de verzengde luchtstreek, boven het hoofd der bewoners komt maar, wegens de groote helling van de loopbaan ten opzichte van den evenaar, in weinige dagen zich noord- of zuidwaarts spoedt, om,

als het in een der gematigde luchtstreken zomer is, hare stralen slechts langs den bodem te laten strijken, — daar alleen kan plantengroei en dierlijk leven zijn.

Tenzij... ja wederom tenzij, evenals wij omtrent *Mercurius* opmerkten, een dampkring haar omgeeft, die, even als de daar onderstelde, maar dan — wegens den langeren duur der kritieke perioden — in veel hoogere mate, de eigenschap bezit den toevoer van warmte in den zomer zoowel als hare uitstraling in den winter te belemmeren.

Van zulk een dampkring van *Venus*, en over het algemeen van den physischen toestand dier planeet, weten wij, schoon meer dan van dien van *Mercurius*, toch weinig bepaalds. Minder in elk geval dan men bij eene oppervlakkige beschouwing zou kunnen vermoeden. *Venus* toch verwijderd zich niet alleen ver genoeg, van de zon om hare waarneming gedurende vele dagen achtereen, elken avond vele uren lang, mogelijk te maken; zij komt daarenboven, als de tweede in rangorde, veel korter bij de aarde dan hare nader bij de zon geplaatste zuster. Immers, haar kortste afstand van de aarde kan zelfs maar het verschil bedragen tusschen de stralen van onze en hare loopbaan. Maar men vergat bij deze overweging, dat, juist als dit zoo is, de planeet bijkans hare geheele donkere helft naar ons heeft toegewend, dat de waarneming van een eenigszins belangrijk gedeelte harer oppervlakte eerst dan mogelijk is, wanneer zij, in een der kwartieren zich vertoonende, op een afstand grooter dan die van de zon zich van ons heeft verwijderd.

De dichtheid der planeet, ook hier leert dit de berekening, is bijna gelijk aan die der aarde; stellen wij deze = 1, dan wordt gene door het getal 0.987 aangegeven. Verder is het bijna ontwijfelbaar zeker, dat op hare oppervlakte bergen voorkomen. Evenals bij *Mercurius* toch geeft ons de gekartelde lijn, die tijdens de kwartieren licht van duisternis scheidt, aanleiding tot deze bewering; maar zij wordt hier nog bevestigd door de waarneming, dat tijdens het wassen en afnemen der planeet de horens — zoo noemt men de uiteinden van den verlichten sikkels — bijna altijd afgestompt en als het ware afgesneden schijnen. Ook heeft SCHROETER een helder punt opgemerkt, dat geheel van het verlichte gedeelte afgezonderd lag, en waarschijnlijk de top van een hoogen berg moet zijn geweest, die reeds

door het zonnelicht werd beschenen, toen aan den voet nog alles in het duister lag. Schoon verre van, op het voetspoor van sommigen, uit deze op zich zelf staande waarneming te willen besluiten tot het bestaan van bergen, wier hoogte 44 kilometers zou bedragen en dus tienmaal die van den Mont-Blanc zou te boven gaan, meenen wij toch uit de beschouwing van alle gezamentlijk te mogen afleiden, dat de oppervlakte der planeet, evenals die der aarde, hare hoogten en laagten heeft. Ook de vlekken door BIANCHINI en SCHROETER in de vorige eeuw op haar waargenomen schijnen hierop te wijzen; ten minste indien zij zoo onveranderlijk zijn, dat, gelijk ARAGO zegt in zijne *Astronomie populaire*, DE VICO haar in 1840 en 1842 onder volkomen dezelfde gedaante als de zoo even genoemde sterrekundige heeft teruggezien.

De dampkring van *Venus* is hoog genoeg om eene duidelijke waarneembare schemering op hare oppervlakte te veroorzaken. Als zij zich nagenoeg tusschen ons en de zon bevindt en dus haar sikkel zeer smal is, kan men, niettegenstaande de fijnheid der punten waarin zij uitloopt, duidelijk zien dat deze sikkel meer dan den halven omtrek, ja soms zelfs 18 graden meer, omvat, dan het geval zou zijn als er geen schemering was. In eenige van die gevallen moet men zelfs de geheele donkere schijf verlicht hebben gezien op eene wijze, die aan ons noorderlicht herinnerde.

De helderheid van *Venus* laat toe, dat zij op klaar lichten dag door een goeden kijker zichtbaar is, en haar licht spectroscopisch onderzocht kan worden. Dit onderzoek leert, dat het spectrum van haar licht in de hoofdzaak met het kleurenbeeld van het zonnelicht overeenkomt; het onderscheidt zich daarvan voornamelijk slechts doordien vele strepen daarin donkerder zijn dan bij het zonnenspectrum het geval is. VOGEL heeft waargenomen, dat vooral de natrium-strepen zeer sterk uitkomen, ja breeder zijn dan in het zonnenspectrum; een verschijnsel, van welks wezentlijk bestaan men zich door nauwkeurige vergelijking van het spectrum met dat van den grond des hemels altijd dadelijk kan overtuigen, en tot het besluit voert, dat deze veranderingen door de atmosfeer der planeet moeten veroorzaakt worden. Opmerkelijk is vooral in het spectrum van *Venus* een zeer donkere band in het rood en een donkere, niet scherp begrensde streep in het groen, op plaatsen waar in het spectrum van het dag-



licht slechts zeer flauwe strepen zichtbaar zijn; terwijl ook bij den overgang van het groen naar het blauw en in het indigo zich vele strepen van FRAUNHOFER versterkt vertoonen.

Behalve deze bijzondere absorbtie van lichtstralen van eene bepaalde golflengte veroorzaakt de dampkring van *Venus*, evenals die van *Mercurius*, eene algemeene, die echter licht van juist tegenovergestelde kleur geldt; want in tegenstelling met dat van *Mercurius* is in het spectrum van *Venus* het blauw en violet zeer schitterend, terwijl het rood zich uitermate lichtzwak vertoont.

---

## II.

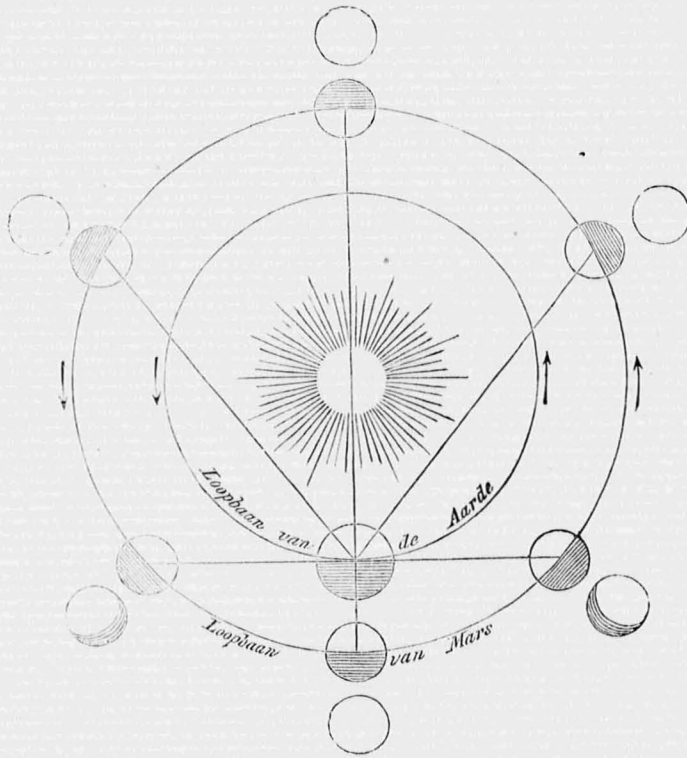
### DE BUITENPLANETEN. MARS.

Hebben wij in een voorgaand hoofdstuk alleen die planeten besproken, wier banen door die van de aarde zijn omsloten, thans willen wij de aandacht vestigen op die, wier banen de onze omgeven. En wanneer wij dan de algemeene kenmerken nagaan, waardoor deze *buitenplaneten* zich van de binnenplaneten onderscheiden, dan merken wij allereerst op, hoe zulk een buitenplaneet in plaats van, als *Mercurius* en *Venus*, nu eens rechts, dan weder links van de zon op bepaalden afstand zich te verwijderen, van de aarde gezien den geheelen hemel kan rondloopen. Immers, zulk een planeet, die buiten ons omloopt, kan ook, wanneer wij met het aangezicht naar de zon zijn gekeerd, achter ons komen te staan; een stand, dien een binnenplaneet ten opzichte van de aarde en de zon zeker nooit kan aannemen. Gedurende een ganschen omloop met betrekking tot de aarde, gaat een binnenplaneet eens achter de zon om en eens tusschen de aarde en de zon door; een buitenplaneet daarentegen zal wel ook eens in dien tijd achter de zon omgaan, in welk geval men zegt, dat zij *in conjunctie* is, maar een halven omloopstijd later zal de aarde in het midden staan tusschen de zon en de planeet. Men zegt dan, dat de planeet *in oppositie* is; als zij dien stand heeft bereikt, zal zij des middernachts juist in het zuiden worden gezien, of, zooals wij zooveen zeiden, juist achter ons als wij het aangezicht wenden naar de zon.

Deze omstandigheid zal nog verduidelijkt worden door eene beschouwing van fig. 4, die tevens een ander kenmerkend onderscheid tusschen een buiten- en een binnenplaneet zal leeren kennen.

De geregelde opvolging der fasen of schijngestalten namelijk, die wij bij de binnenplaneten opmerkten, kan, de figuur toont dit

Fig. 4.



duidelijk, bij een buitenplaneet niet plaats hebben. Reeds zonder haar zouden wij in één opzicht tot dit besluit komen, als wij slechts bedenken, dat een planeet, wier baan de onze omgeeft, hare donkere helft nooit geheel naar ons kan toekeeren; m. a. w.: nooit in die schijngestalte zich aan ons kan vertoonen, waarin wij de maan *nieuw* noemen. In de geregelde opeenvolging bestaat dus in elk geval reeds deze gaping, dat, zoowel wanneer de planeet *in oppositie* als wan-

neer zij *in conjunctie* is, zij hare geheele verlichte helft ons toewendt. In het laatste geval echter is zij niet voor ons zichtbaar, omdat zij dan gelijktijdig of bijna gelijktijdig met de zon op- en ondergaat. En beschouwen wij nu onze figuur, waarin wij de aarde, — om zoodoende de buitenplaneet op ééne cirkel elken mogelijken stand met betrekking tot haar te doen innemen, — steeds dezelfde plaats laten behouden, dan doet ons die figuur, gedurende den overgang van de oppositie naar de conjunctie en omgekeerd, de volgende bijzonderheden zien.

Nauwelijks is, rechts in de figuur, de planeet uit den eerstgenoemden stand gekomen, of een waarnemer op aarde ziet reeds aan hare rechterzijde een strookje van hare donkere helft, dat langzamerhand breeder wordt en reeds, als de planeet een vierde van de rechterhelft harer baan verder is gekomen, zijn grootste breedte heeft bereikt. Bij het doorloopen van het overige deel dier halve baan wordt dit donkere strookje, eerst langzaam dan sneller, voortdurend smaller, en het is gansch verdwenen als de planeet in conjunctie komt. Bij het doorloopen van de andere helft der baan heeft juist het omgekeerde plaats. Het verlichte schijfje verliest, maar nu aan den linkerkant, eerst bijna onmerkbaar langzaam, maar sneller zoodra het een vierde van den omloop verder is, iets van zijn cirkelronde gedaante, en het is aan dien kant meest afgeplat, als de planeet weder op ongeveer een vierde gedeelte van den halven omtrek na in oppositie is gekomen. In den korten tijd, die nu verder verstrijkt eer de planeet in dien stand zich bevindt, verdwijnt echter de afplatting weder geheel; want in oppositie staande vertoont zij zich als een volkomen rond schijfje. Van regelmatige opeenvolging van fasen is — wij zien het — dus in het geheel geen spraak; slechts van een beurtelings aan de eene en aan de andere zijde afnemen, waarvan ons fig. 5 vrij wel het grootste bedrag doet zien.

Maar wat ook vooral de buitenplaneten kenmerkt, is de onregelmatige wijze, waarop zij hare banen om de zon schijnen af te loopen. Zooals wij in den aanvang van het vorige hoofdstuk opmerkten, loopt een binnenplaneet met grootere snelheid om de zon dan de aarde. Schoon wij dan ook hare baan verkort zien, omdat die bijna in één vlak ligt met de onze, zoo is toch de wijze, waarop zij die uit de aarde gezien doorloopt, wat de richting der beweging aangaat,

eene vrij getrouwe afspiegeling van haren waren loop. Als bij voorbeeld *Venus* zoo kort mogelijk bij ons staat, dan gaan wij beide in dezelfde richting vooruit, en, daar zij sneller zich beweegt dan wij, zal het voor ons zijn als ging zij vooruit met het verschil van hare snelheid en de onze; maar toch altijd nog vooruit. Bij een buitenplaneet is dit gansch anders. Zij beweegt zich langzamer om de zon dan de aarde; staat zij dus met ons aan denzelfden kant van de zon,

Fig. 5.



m. a. w.: is zij in oppositie, dan zal het ons, die sneller gaan, zijn als ging zij met het verschil der snelheden achteruit, om aanstonds, als wij haar inderdaad bijna rechtstreeks ontvlieden, op haren weg terugkeerende, weder haren gewonen loop om de zon te hervatten. Op den schijnbaren loop der buitenplaneten, die zeer ver van de zon verwijderd zijn en daarom ook zeer langzaam vorderen, die van een stilstaande aarde ge-

zien tal van jaren noodig zouden hebben om eens den ganschen hemel rond te loopen, moet dus de beweging der aarde van grooten invloed zijn. De schijnbare loop van zulk een planeet is meer een herhaalde nabootsing van onze jaarlijksche beweging dan eene afspiegeling van de hare: langs een lijn, die zoovele strikken vertoont als er jaren zijn in haren omloopstijd, kruipt zij, soms achterwaarts, soms daarentegen met de som der snelheden voorwaarts gaande, den hemel rond. Zij schijnt inderdaad te dwalen aan den hemel.

*Mars*, die, van de zon gerekend, op onze aarde volgt, loopt dan ook van de buitenplaneten het snelst; in 687 van onze dagen volbrengt zij één omloop, zoodat haar jaar ongeveer zoo lang is als twee van de onze. Toch bevat het jaar van *Mars* nog geen 669 etmalen van de planeet zelve, daar die in 24 uren 39 min. en 35 sek. eens om hare as wentelt.

De loopbaan dezer planeet wijkt, wat hare gedaante betreft, zeer af van een cirkel; het verschil tusschen haren grootsten en kleinsten afstand van de zon bedraagt daardoor bijna een vijfde van den laatstgenoemde. Dat haar afstand van de aarde tusschen nog wijdere grenzen verandert, zal, bij eenig nadenken en door de beschouwing van fig. 4, aan ieder duidelijk zijn. Terwijl zij, in conjunctie zijnde, op een afstand van  $57\frac{1}{4}$  mill. duitsche geographische mijlen van onze aarde kan verwijderd zijn, zal zij, onder de gunstigste omstandigheden in oppositie komende, haar tot op  $7\frac{1}{3}$  mill. D. G. mijlen kunnen naderen; op een afstand dus, die bijna een achtste deel is van den eerstgenoemde.

Wanneer zij op den kleinsten afstand van ons is gekomen, biedt de planeet ons eene zeer gunstige gelegenheid om over den physischen toestand aan hare oppervlakte te oordeelen. Inderdaad is deze dan ook van geen der planeten ons zoo volkomen bekend als van *Mars*; hetgeen deels wel daaraan is toe te schrijven, dat zij ons tot op zoo korten afstand nadert, maar toch ook grootendeels een gevolg is van de omstandigheid, dat zij juist des nachts het hoogst aan den hemel staat als zij de aarde het meest nadert. *Venus* toch, schoon nog nader bij de aarde komende dan *Mars*, is ons in dit opzicht bijna volkomen onbekend, doordien zij, in die voor de waarneming gunstige positie staande, ook juist gelijktijdig met de zon aan den hemel staat. Wat nog daarenboven, en misschien wel het meest, onze bekendheid met de toestanden op *Mars* tot eene zeer bepaalde maakt, is de merkwaardige overeenkomst, die er tusschen dezen en den toestand op aarde bestaat; zij biedt ons punten van vergelijking aan, die wij bij de overige planeten ten eenenmale missen; en dit is zoo sterk dat ongetwijfeld de aarde aan de bewoners van *Mars* ongeveer dezelfde verschijnselen moet vertoonen, als deze planeet aan ons. Slechts in twee opzichten bestaat er verschil. Ten eerste in de afmetingen; de diameter van *Mars* is slechts iets langer dan de helft van die der aarde, zoodat haar volumen minder dan een zevende gedeelte van den kubieken inhoud onzer planeet bedraagt. Toch behoeft dat verschil den toestand op hare oppervlakte niet zóó zeer te wijzigen als dit andere, dat de intensiteit van het licht en de warmte der zon, wegens den grooteren afstand, slechts 0.43 van die op aarde is, terwijl daarbij deze intensiteit, wegens de grootere

uitmiddelpuntigheid der baan, binnen veel ruimere grenzen moet veranderen dan op aarde.

Ook moet er grooter verschil bestaan tusschen de temperaturen van het noordelijk en zuidelijk halfmond. Immers reeds in den aanvang van het eerste hoofdstuk merkten wij op, dat een planeet des te sneller loopt naarmate zij korter bij de zon zich bevindt. Hoe meer dus de baan afwijkt van een cirkel, des te grootere ongelijkmatigheid zal er zijn in de snelheid van de beweging. Nu heeft *Mars*, juist als zij op haren grootsten afstand van de zon zich bevindt, haar noordpool naar de zon gekeerd. En al bereikt de rechtstreeksche invloed der zon dan juist zijn minimum, wij weten reeds dat niet daarvan hoofdzakelijk de wisseling der jaargetijden afhangt. Die pool heeft toch zomer, de zuidpool winter, daar aan gene de dagen langer dan de nachten zijn en de zonnestralen meer loodrecht op den bodem vallen dan aan deze. Het eerstgenoemd seizoen dus duurt, daar met een grooteren afstand een tragere loop overeenkomt, aan de noordpool veel langer dan aan de zuidpool, en omgekeerd. Op aarde doet zich volkomen hetzelfde geval voor, maar daar, wegens de bijna cirkelvormige gedaante der aardbaan, in veel mindere mate. De 668 dagen van het jaar op *Mars* zijn voor het noordelijk halfmond over de vier jaargetijden dus verdeeld, dat de lente  $191\frac{1}{3}$ , de zomer 181, de herfst  $149\frac{1}{3}$  en de winter 147 dagen duurt; lente en zomer samen duren daar dus 76 dagen langer dan aan het zuidelijk halfmond. De verdeling in luchtstreken of klimaten is overigens op de planeet ongeveer dezelfde als bij ons. Haar as maakt met het vlak der loopbaan een haak, die slechts  $5\frac{1}{4}^{\circ}$  kleiner is dan de helling van de as der aarde, hetgeen ten gevolge heeft dat de poolcirkels zooveel verder van de polen, en de keerkringen zooveel verder van den evenaar liggen, dat dus de gematigde luchtstreken een kleiner gedeelte van de oppervlakte der planeet innemen. Maar van zoo groote en zoo snelle temperatuursveranderingen als wij bij voorbeeld bij *Venus*, met hare sterk hellende as en haren snellen loop, opmerkten, kan op *Mars* nog minder spraak zijn dan bij ons.

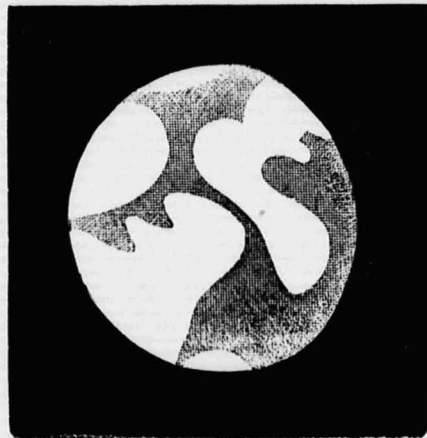
Laat ons thans de merkwaardige bijzonderheden nagaan waarin die planeet met de aarde overeenkomt, en die zich op haar vertoonen aan ieder, die bij een heldere luchts- en kalme weersgesteldheid, een vermogenden kijker op haar richt als zij omstreeks middernacht zoo hoog

mogelijk boven den horizon staat. Zij zal dan aan ons zich voordoen als een bijna volkomen cirkelrond schijfje <sup>1</sup>, bezaaid met donkere en schitterend heldere vlekken, die in glans en helderheid sterk verschillen. Die schitterende deelen hebben, uitgenomen in twee niet volkomen diametraal tegenover elkander liggende punten, een eigendommelijke rossige kleur, terwijl daarentegen de donkere blauw, of groenachtig grijs schijnen. Alleen in die twee punten, die niet juist aan de uiteinden van dezelfde middellijn liggen, ziet men twee vlekken van ongelijke uitgebreidheid, die bijzonder helder zijn. De kleur dezer, de polen van *Mars* omringende vlekken is schitterend zuiver wit, en in geen opzicht gelijk aan die van de overige deelen der planeet.

De figuur 5, die hier gemakshalve nog eens is afgedrukt (Fig. 6) geeft, naar SECCHI, een voorstelling van de opgenoemde bijzonderheden. Deze zijn deels blijvend, deels veranderlijk; en onder de veranderingen, die sommige ondergaan, zijn er waarvan het onmogelijk is haar alleen daaraan toe te schrijven, dat wij alles geprojecteerd zien op de oppervlakte van een bol, die met vrij groote snelheid om een as wentelt. Zij grijpen zoo snel

plaats, dat zij alleen door het strijken van wolken over de oppervlakte kunnen verklaard worden. Inderdaad zijn de rood- en blauwachtige vlekken somtijds doormengd met andere van geelachtige kleur, welke kleur daarom allerwaarschijnlijkst alleen door de werking van het contrast wordt veroorzaakt, dat men in de meest uitgestrekte donkere velden dergelijke volkomen witte vlekken verschij-

Fig. 6.



<sup>1</sup> Omtrent de afplatting van *Mars* is men zeer in het onzekere; ARAGO schat die op  $\frac{1}{30}$ , HERSHEY op  $\frac{1}{26}$ , KAISER, uit metingen gedurende de oppositie in 1862, op  $\frac{1}{118}$  van de middellijn haars evenaars.

nen ziet; zonder twijfel wolken, die het zonlicht sterk terugkaatsen.

In het algemeen is men het daarover eens, dat men in de roode heldere vlekken van *Mars* het vaste land, in de blauwachtige de zeeën en in de geelachtige de wolken dier planeet aanschouwt; eene onderscheiding die zich daarop grondt, dat het water, daar het de grootste hoeveelheid licht absorbeert, ook de kleinste hoeveelheid moet terugkaatsen. Klaarblijkelijk is dan de verdeling van water en vast land op *Mars* eene gansch andere dan op aarde; de zeeën toch zijn dan, zoo niet geheel dan toch voor het grootste gedeelte, door de vaste landen ingesloten.

Waarom nu de kleur van het vasteland juist roodachtig is? Sommigen schrijven dit eenvoudig toe aan de kleur van ãen bodem zelf, die bijvoorbeeld uit okerachtige stoffen of uit rooden zandsteen kan bestaan. Anderen meenen dat de kleur der planten op *Mars* even algemeen rood kan zijn als zij op aarde groen is; eene onderstelling, die op zich zelve niets onwaarschijnljks heeft, maar door de verschijnselen niet voldoende wordt bevestigd. Wanneer toch, als bij ons, de plantengroei in eenig halfmond meer of min weelderig is, naarmate dat halfmond zomer of winter heeft, zal men ook, tenzij men op *Mars* uitsluitend boomen met blijvend loof wil aannemen, deze roode tint met de jaargetijden in intensiteit moeten zien wisselen.

Meest merkwaardig zijn voor ons de witte vlekken die de polen omgeven. Van de overige onderscheiden zij zich zoowel door hare kleur als door hare veranderlijkheid. Maar het meest treffend is daarbij de omstandigheid, dat naarmate de eene vlek toeneemt de andere afneemt, en wel in dier voege, dat de kleinste omtrek altijd overeenkomt met den zomer, de grootste met den winter van het halfmond, waar zij is gelegen. Zoo zagen BEER en MÄDLER de witte vlek rondom de zuidpool langzamerhand afnemen en haren omtrek al nauwer en nauwer worden tot op het tijdstip, dat, voor het zuidelijk halfmond, overeenkomt met het midden van Juli in het noordelijk halfmond op aarde; van dien tijd af verwijdde zich de kring verder. Bij een latere oppositie nam men dergelijke afneming der witte vlek waar in het noordelijk halfmond, waarbij die in het zuidelijke belangrijk in uitgebreidheid toenam. En ook deze veranderingen komen overeen met den zomer in het noordelijk, met den winter in het zuidelijk halfmond.

Wij zijn dus ongetwijfeld hier op aarde getuige van de vorming



van poolijs, van het vallen en weder wegsmelten van sneeuw op een andere planeet; wij wonen als het ware uit de verte al die wisselingen van koude en warmte bij, die den winter van de lente, den herfst van den winter scheiden. Dit afnemen der witte vlekken bij het naderen van den zomer kan slechts geschieden door het voortdurend smelten en verdampen der sneeuw, en de dikte van de laag dezer sneeuw moet zeer aanzienlijk zijn.

Maar er is nog eene bijzonderheid, die strekt om onze overtuiging van de juistheid der zoo even gemaakte gevolgtrekking te versterken. Zooals wij boven reeds hebben opgemerkt, heeft de zuidpool veel langer winter dan de noordpool, omdat de planeet het gedeelte van hare baan waarin zij deze naar de zon houdt gekeerd, veel langzamer doorloopt dan dat waarin gene naar de zon gewend is. Dit moet noodzakelijk ten gevolge hebben, dat de cirkel van eeuwig ijs en sneeuw rondom de noordpool des winters een kleineren omtrek zal hebben dan die rondom de zuidpool; en inderdaad bevestigen de waarnemingen dat besluit volkomen. Van de witte vlek om de zuidpool verandert de uitgebreidheid binnen veel ruimere grenzen dan die van de tegenovergestelde; want terwijl zij veel grootere uitgestrektheid heeft gedurende den winter, neemt zij in den zomer zóó sterk af, dat hare oppervlakte niet meer dan een vijfde gedeelte is van de vlek om de noordpool.

Het eerste gedeelte van dit verschijnsel nemen wij om dezelfde redenen ook op aarde waar; de cirkel van altijddurend ijs strekt zich ook daar verder om de zuidpool dan om de noordpool uit. Het zoo belangrijk nauwer worden van dien cirkel in den zomer daarentegen, is een verschijnsel dat alleen voor *Mars* geldt. Inderdaad zou men geneigd zijn uit den korteren duur van den zomer van de zuidpool der planeet te besluiten tot een minder sterk inkrimpen van dien cirkel dan aan de noordpool. Maar dan vergeet men, dat, wegens de groote uitmiddelpuntigheid der loopbaan, *Mars* zich in geheel bijzondere omstandigheden bevindt. De zomer aan de zuidpool duurt korter, doordien de planeet alsdan sneller zich beweegt, en met deze hare grootere snelheid stemt haar kleinere afstand van de zon overeen. Voor de aarde is dit verschil zeer gering, maar voor *Mars* is het zóó groot, dat de zon op den grootsten afstand slechts een oppervlakte heeft gelijk 0.43, en op den kleinsten eene van 0.56 van de

zonneshijf, zooals wij die zien op aarde. Onder de eerstgenoemde afmetingen vertoont zich dus de zon des zomers in het noordelijk, onder de laatstgenoemde des zomers in het zuidelijk halfrond van *Mars*; en dit verschil is groot genoeg om de hoeveelheid der in den korteren zomer aan het eerstgenoemde meêgedeelde zonnewarmte de in den langeren zomer van het laatstgenoemde verstrekte ver te doen overtreffen.

Waar men van sneeuw spreekt, daar spreekt men van een dampkring; zonder dezen toch zou de sneeuw, ook al ware de temperatuur zóó laag dat die niet smelten kon, in damp overgaan, dat wil zeggen, zelf een atmosfeer vormen. Of deze atmosfeer behalve waterdamp ook andere gassen bevat?

Gewichtige vraag voor ons, die als het ware van nature er toe geneigd zijn om, waar van planeten spraak is, de blikken te wenden naar de kwestie van het al of niet bewoonbaar zijn... en dan liefst nog wel door wezens ongeveer als wij. En geen wonder. Wij vinden ons zelve zoo schrikkelijk interessant dat het jammer zou zijn, wij vinden ons leven hier op aarde zoo alleropwekkendst aangenaam, dat het liefdeloos zou zijn, als wij niet wenschten dat er geen plekje in het heelal mocht worden gevonden waar niet de diakoniemannetjes voor de paleizen der Strousberg's van de kleine steentjes worden gereden, niet de Max Havelaar's de onderdanige dienaars zijn der Slijmerings. Ook zijn er die, bij al hun ontwikkeling, in een of ander schuilhoekje des gemoeds het denkbeeld blijven koesteren, dat *jenseits* eene verhuizing naar deze of gene planeet niet tot de volstrekte onmogelijkheden behoort. Ook deze laatste nu, voor zooverre zij meenen dat longen, aderlijk en slagaderlijk bloed en wat dies meer zij, tot den verhuisboel zullen behooren, hebben lucht noodig, liefst wel een mengsel van zuurstof en stikstof.

Den zoodanigen nu moet ik met leedwezen mededeelen, dat omtrent de samenstelling van de atmosfeer van *Mars* maar weinig met zekerheid bekend is. Volgens de waarnemingen van VOGEL en LOHSE kan men ongeveer twintig van de voornaamste Fraunhofersche strepen in het kleurenbeeld van *Mars* herkennen. Deze strepen echter zijn herkomstig van de atmosfeer der zon zelve; als wij ze in teruggekaatst zonnelicht niet alle terugvinden, kan dit slechts een gevolg zijn van de zwakheid van dat licht. Alleen in het rood ver-

toont zich een donkere band waar in het zonnespectrum slechts drie strepen zichtbaar zijn, terwijl in het groen een streep voorkomt waar het zonnespectrum er in het geheel geene vertoont. Deze laatste zou dus wijzen op de aanwezigheid van een gas, dat noch in de atmosfeer der zon, noch in die der aarde voorhanden is. Dat verder een groep lijnen in het spectrum van *Mars* overeenkomt met een van de voornaamste groepen der atmosferische strepen op aarde, wijst daarentegen op eene samenstelling, die, in dit opzicht ten minste, van de samenstelling onzer atmosfeer niet verschilt.

Maar hoe dit ook zij, en zonder als zoo even den spot te willen drijven met hen, die de wetenschap te veel onwetenschappelijks vragen, wij houden het er voor, dat, zelfs wanneer de spektroskoop ons de samenstelling van de atmosfeer van *Mars* leerde kennen als volkomen overeenkomende met de onze, eene overplaatsing naar die planeet voor ons niet verkieselijk zou kunnen geacht worden. De ontzachelijke uitwisseling van vocht, die periodiek plaats heeft tusschen de twee halfronden, vooral tusschen de twee poolstreken, moet op hare oppervlakte orkanen doen ontstaan, van wier geweld wij ons geen denkbeeld kunnen vormen, terwijl het smelten van sneeuw over zoo groote oppervlakte even verschrikkelijke periodieke overstromingen moet ten gevolge hebben. Het bestaan van plantengroei achten wij daarom op *Mars* onder de mogelijkheden, niet die van hooger ontwikkeld dierlijk leven; en in zooverre zou dan die planeet eerder overeenkomen met de aarde in een van de ver achter ons liggende geologische tijdperken.

Intusschen moet men wellicht bij het doen van geene uitspraken meer voorzichtig zijn, dan wanneer deze de mogelijkheid betreffen van het elders bestaan van hetgeen wij leven noemen met bewustzijn. Wij kunnen ons nu eenmaal niet los maken van de vormen waaronder wij dit leven steeds hebben waargenomen; naarmate wij tot het monisme of tot het dualisme ons bekennen, is het eigenlijk geestelijk leven eens menschen ons tot produkt van of de inwoner bij een organisme, dat nu eenmaal alleen onder zeer beperkte voorwaarden bestaan kan. Wie echter zal ons verzekeren dat niet gansch andere organismen, waarvan in geen van de natuurrijken op aarde de representanten zijn te vinden, wier bestaan aan gansch andere voorwaarden gebonden is dan de ons bekende, ja voor wier bestaan

zelfs aardsche toestanden doodelijk zijn zouden, datzelfde geestelijk leven zouden kunnen voortbrengen of aan een dergelijken geest tot woonplaats zouden kunnen strekken. De eeuwige waarheden, die der wiskundige wetenschap bij voorbeeld, gelden door het gansche heelal; en de geschiktheid om die te kennen en te begrijpen is aan vleesch en bloed niet noodzakelijk verbonden.

---

## HET ZONNESTELSEL EN DE VASTE STERREN.

### III.

#### J U P I T E R.

Gelijk onder de goden de doopvader, zoo is onder de planeten het petekind de eerste onder haars gelijken. En komt haar al niet daarbij, gelijk aan hem, het opperbewind over allen in zekere mate toe, gehoorzaamt ook al zij, evenals hare natuurgenoeten, aan de oppermachtige zon, in zooverre gaat toch de vergelijking door, dat zij heerscheresse is over een stelsel van manen of satellieten, die door haar bij de lange reis om de zon worden meégevoerd; manen, die elk in het bijzonder meer massa bezitten dan eene van de vele *Asteröiden*, wier banen op bijna driemaal zoo grooten afstand als die van de aarde van de zon verwijderd zijn.

Want al moet in dit opstel op de meest schitterende onder de planeten meest onze aandacht zijn gevestigd, haar glans trekt nog daarom die aandacht niet zóó uitsluitend, dat wij den ring van dwergplaneten zouden vergeten, aan wie alle te zamen men den naam van *Asteröiden* gaf. Er is een tijd geweest, waarin men nog moeite deed om aan elk dier kleinen een naam te geven; ja zelfs een lange tijd, waarin er slechts vier bekend waren, waarin onze meester, als een andere Jupiter, de wenkbrauwen fronsde, als onder het planetental de namen *Ceres*, *Pallas*, *Juno* en *Vesta* niet weérklonken van de schoolbank. Maar in dien tijd valt niet de schooljeugd van de meesten onzer lezers; toen die jongens waren van het kaliber, dat zich met

planeten inlaat, hadden reeds de sterrekundigen de gansche godenwereld leeg geplunderd, waren zij zelfs reeds tot die der nimfen en feeën afgedaald, om het talloos kroost der planetenzoekers niet zonder naam te laten ronddolen in die der menschen. Maar dat was niet vol te houden. De individualiteit der asteroiden ging, als die der Franschen in *Prince Caniche*, op in cijfers. Aan den hemel zijn zij met de pakjesdragers aan groote stations, met de politie-dienaars in onze bevolkte steden gelijk te stellen: ook zij heeten slechts N<sup>o</sup>. zooveel.

Maar laat ons, om de feiten meer geregeld ter tafel te brengen en scherper te doen uitkomen, tot den dydaktischen schrijftrant terugkeeren.

Sedert lang dan was den sterrekundigen reeds een wet of liever een regel bekend, die algemeen de wet van TITIUS wordt genoemd, en die, al moge zij overigens volstrekt geen wetenschappelijke beteekenis hebben, reeds daarom vermeldenswaard is, dat zij een middel aan de hand geeft, om de verhouding tusschen de afstanden van de verschillende planeten tot de zon, zonder veel inspanning te onthouden.

Telt men bij elk der termen van de reeks

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192

het getal 4 op, dan geven de komende sommen

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196

bij benadering de verhouding tusschen de genoemde afstanden te kennen. Als men toch, zooals in deze reeks, den afstand van de aarde tot de zon voorstelt door het getal 10, dan is

|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| die van <i>Mercurius</i> . . . . . | 3,87,   |
| „ „ <i>Venus</i> . . . . .         | 7,23,   |
| „ „ <i>Mars</i> . . . . .          | 15,24,  |
| „ „ <i>Jupiter</i> . . . . .       | 52,03,  |
| „ „ <i>Saturnus</i> . . . . .      | 94,39,  |
| en „ „ <i>Uranus</i> . . . . .     | 191,83. |

Men ziet dat in de reeks een getal (28) voorkomt, waarmede geen van de in het begin dezer eeuw bekende planeten overeenstemt. Reeds sedert lang meende men dan ook, dat op dezen afstand van de zon zich nog een planeet zou moeten bevinden, die, hetzij dan door het

weinig terugkaatsend vermogen van hare oppervlakte, hetzij door hare geringe uitgebreidheid, zich tot nog toe aan de nasporingen der sterrekundigen had weten te onttrekken. Dit duurde tot in het begin dezer eeuw, toen, achtereenvolgens op den 1<sup>en</sup> Januari 1801, den 28<sup>en</sup> Maart 1802, den 23<sup>en</sup> Maart 1807 en den 1<sup>en</sup> September van datzelfde jaar, *Ceres* door PIAZZI te Palermo, *Pallas* en *Vesta* door OLBERS te Bremen en *Juno* door HARTING te Lilienthal ontdekt werden, en het bij de berekening bleek, dat deze vier planeetjes ongeveer op zoodanigen afstand van de zon zich bewegen, dat het getal 28 der reeks dien vrij nauwkeurig aangeeft. Het bleef bij deze vier, tot in het jaar 1844 LUTHER te Bilk, bij Düsseldorf, een vijfde ontdekte; sedert is hun getal voortdurend zóó vermeerderd, dat, tenzij eenige mededeeling betreffende eene nieuwe ontdekking reeds onderweg is, de op den 26<sup>en</sup> Januari l.l. door PAUL HENRY te Parijs waargenomene, de jongste onder de planeten en tevens de 159<sup>e</sup> dezer zogenaamde *Asteroiden* is.

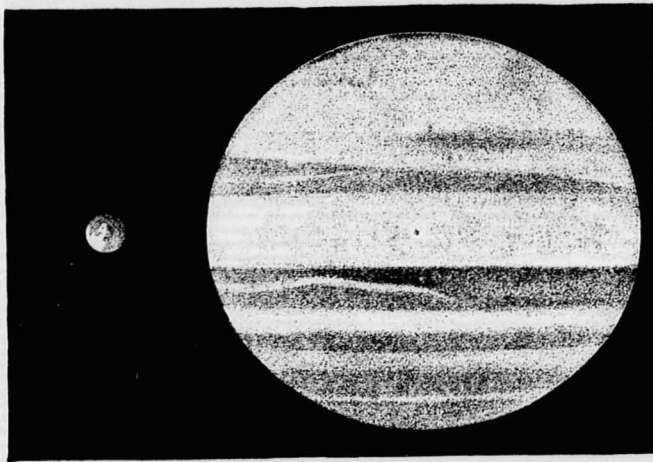
In banen, wier vlakken soms sterker dan die van eene der groote planeten ten opzichte van het vlak onzer loopbaan hellen, bewegen zij zich allen op ongeveer den bovengenoemden afstand van de zon; en alle bezitten zij, zelfs in verhouding tot de kleinste der overige planeten, eene zóó geringe massa, dat omtrent hare physische gesteldheid niets bijzonders kan worden waargenomen. Inderdaad veroorzaken alle asteroiden te zamen, volgens berekening van LEVERRIER, in den regelmatigigen loop van *Mars* door hare aantrekking slechts zóó weinig stoornis, dat de massa van alle te zamen niet meer dan een vierde gedeelte van die der aarde zijn kan.

Daarentegen overtreft, zooals wij reeds in den aanvang van dit opstel zeiden, de planeet *Jupiter*, alle andere in grootte. Haar gemiddelde afstand van de zon is, gelijk wij uit de zoo even meege-deelde wet reeds kunnen opmerken, meer dan het vijfvoud van dien der aarde, en ofschoon daardoor, zelfs als zij in oppositie is, haar afstand van de aarde nog het viervoud van den straal onzer loopbaan bedraagt en dus veel grooter is dan die van *Venus* bij benedenste conjunctie, kan zij aan den hemel in glans met de laatstgenoemde planeet wedijveren; waarbij wij evenwel niet moeten vergeten dat *Venus* als zij het kortst bij ons staat slechts een gedeelte van haar verlichte helft naar ons houdt toegekeerd, terwijl,

als *Jupiter* in dit geval verkeert, wij het teruggekaatste zonnelicht van hare geheele verlichte helft ontvangen. Het licht van *Jupiter* is in dit geval zelfs sterk genoeg om bij helderen hemel scherp begrensde voorwerpen een duidelijk zichtbare schaduw te doen werpen.

Inderdaad is dan ook het volumen dezer planeet ongeveer 1400 maal zoo groot als dat van de aarde; fig. 7 stelt vergelijkenderwijze de afmetingen van beide voor. De macht, die zij in deze van de zon verwijderde streken over hare omgeving zou kunnen uitoefenen, met andere woorden, de storingen, die zij in den loop der naast bij haar staande hemellichamen zou kunnen teweegbrengen, zou zeker nog belangrijker zijn, als zij eene met dien grooten omvang evenredige massa bezat. Dit is echter geenszins het geval. De gemiddelde dichtheid van de stof, waaruit zij bestaat, is nog geen vierde deel

Fig. 7.



van de gemiddelde dichtheid der aarde; zoodat, daar het gewicht van een kubieken decimeter van de stof, waaruit de aarde bestaat, gemiddeld 5,448 kilogrammen weegt, een kubieke decimeter van de stof der planeet slechts een gewicht heeft van ongeveer 1,3 kilogram. Bestond de gansche planeet uit steenkool, dan zou zij ongeveer even zwaar zijn als nu het geval is.

Op twee bijzonderheden, die deze planeet kenmerken, willen wij te gelijk de aandacht vestigen, omdat zij met elkander in nauw ver

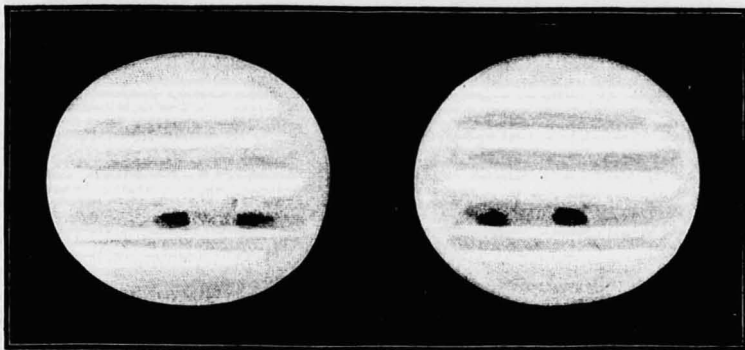


band schijnen te staan. Zij zijn de groote afplatting aan de polen en de groote snelheid van de wenteling om de as.

De eerste bedraagt ongeveer een veertiende van de grootste middellijn; met andere woorden, wanneer de middellijn van den evenaar der planeet in veertien gelijke deelen wordt verdeeld, dan bevat de as, waarom zij wentelt, slechts dertien van deze deelen. Bij de aarde bedraagt de afplatting slechts een driehonderdste deel van de grootste middellijn; beeldden wij haar af in de verhouding der grootte als waarin de dit opstel voorafgaande plaat *Jupiter* voorstelt, dan zou men van een afplatting niets kunnen bemerken, terwijl bij deze de afwijking harer doorsnede van de cirkelvormige gedaante dadelijk in het oog valt.

Met deze aanzienlijke afplatting nu komt eene daaraan evenredige omwentelings-snelheid overeen; in 9 uur en 55 minuten toch draait zich de planeet eenmaal om hare as, zoodat een etmaal op hare opper-

Fig. 8.



vlakte op verre na niet de helft van dat op aarde bedraagt. Uit de snelle verplaatsing der vlekken — fig. 8 stelt de grootte van de verplaatsing van twee vlekken in 37 minuten en 15 sekonden voor — is door BEER en MÄDLER deze omwentelings-snelheid afgeleid. De samenkomst van zoo groot een afplatting met eene zoo snelle aswenteling is vooral merkwaardig, als men haar beschouwt in verband met de wijze, waarop, volgens LAPLACE, het gansche planetenstelsel in den loop der tijden zou ontstaan zijn.<sup>1</sup> Want als inderdaad de

<sup>1</sup> Zie de eerste serie mijner *Kosmos*-artikelen, het laatste hoofdstuk.

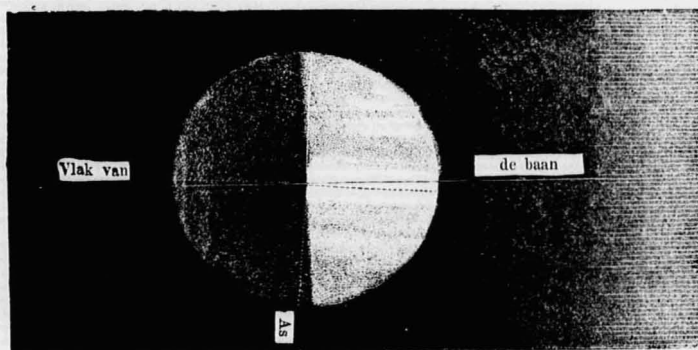
verschillende planeten deel hebben uitgemaakt van een groot gasvormig lichaam, dat in onze dagen tot aan de oppervlakte der zon is ineengekrompen en waarvan zij bij die inkrimping zich achtereenvolgens losscheurden; als daarenboven dit lichaam in dezelfde richting als waarin dit thans nog de zon doet, met groote snelheid zich wentelde om een as, dan moeten ook alle planeten zelve niet alleen in diezelfde richting om een as draaien, maar dan moeten ook, als alle andere omstandigheden gelijk zijn, tevens zij de grootste afplatting vertoonen, wier omwentelings-snelheid het grootst is. Geene hypothese omtrent de wording der planeten kan levensvatbaar zijn, die niet de overeenstemming van afplatting met omwentelings-snelheid weet af te leiden uit den toestand, door haar als de oorspronkelijke aangenomen; van de beide kampen, waarin hunne zienswijze betreffende den oorspronkelijken toestand der aarde de geologen verdeeld houdt, zou dat der Neptunisten onvermijdelijk reeds lang door de Plutonisten zijn ingenomen, indien niet de afgeplatte bolvormige gedaante der vaste aardkorst zoowel ware af te leiden uit de onderstelling, dat die uit een waterachtige oplossing van een groot deel der haar samenstellende stoffen langzamerhand is afgezet, als uit deze andere, dat die stoffen van den gloeiend vloeibaren tot den vasten toestand zijn afgekoeld.

Met de bovengenoemde groote snelheid om hare as wentelende, beweegt *Jupiter* zich in den tijd van ongeveer twaalf jaren eens om de zon. Zoo langen tijd dus zou er op die planeet tusschen twee achtereenvolgende jaargetijden van denzelfden naam verstrijken, indien werkelijk wisseling dier getijden op hare oppervlakte plaats had; een zomer zou dan voor bewoners van plaatsen op hooger noordelijke breedte dan onze woonplaats op aarde gelegen, drie achtereenvolgende jaren duren, en insgelijks een winter. Toch zou zulk een zomer niet zoo bijzonder heet, zulk een winter daarentegen uiterst streng zijn. Immers, bij den grooten afstand, waarop *Jupiter* van de zon blijft, zal voor haar de schijnbare middellijn der zon slechts een vijfde, hare oppervlakte slechts een vijfentwintigste deel bedragen van die der zonschijf, zooals zij zich aan ons, aardbewoners, voordoet. De intensiteit van hare warmte en van haar licht zal evenzoo slechts per vierkante eenheid het vijfentwintigste deel der voor ons geldende wezen, en bij een zoo verminderden invloed der zonnestrallen zou de lange zomer minstens dragelijk, de lange winter daarentegen onuitstaan-

baar zijn, indien werkelijk van zomer en winter op deze planeet sprake zijn kon.

Inderdaad is dit niet het geval. Bij hare beweging om de zon toch blijft, op de wijze waarop fig. 9 dit voorstelt, de as, waarom de planeet wentelt, voortdurend bijna loodrecht op het vlak, waarin de loopbaan ligt. De cirkel, die op hare oppervlakte licht van duisternis scheidt, gaat dus ongeveer door de beide polen der planeet; hetgeen ten gevolge heeft, dat elke plaats op hare oppervlakte altijd de helft van een etmaal, dat is ongeveer *vijf* van onze uren, nacht en even lang dag heeft. Het lang en korten der dagen is dus op *Jupiter* een onbekend verschijnsel; het is daar overal en altijd nacht-evening, evenals voor ons op den 22<sup>en</sup> Maart en den 22<sup>en</sup> September.

Fig. 9.

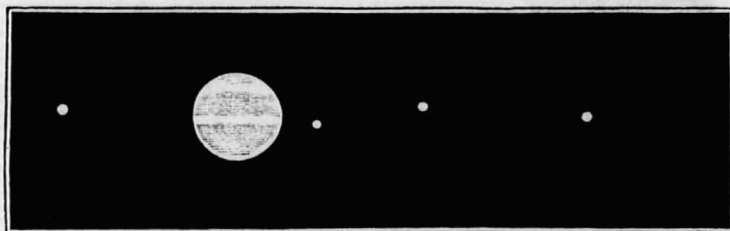


En daar het vlak van haar loopbaan met dat van haren evenaar samenvalt zal men, om bij de vergelijking met onze eigene woonplaats op aarde te blijven, de zon op den middag altijd even hoog zien, als wij haar zien op de genoemde dagen, waarop de zon zich bevindt in een der punten, waar de loopbaan der aarde het vlak van haren evenaar snijdt. Waren alle andere omstandigheden gelijk, dan zou dus voor ons eene overplaatsing naar een van de gematigde luchtstreken van *Jupiter* niets anders dan voordeel aanbieden. Wij zouden ons dan verheugen in een eeuwige lente, die, door geen smeltend poolijs tot nabij het vriespunt afgekoeld, van beter gehalte zou zijn dan een lente in onze streken; een lente, die ook nog op andere wijze zou bestaan dan in de zangen onzer dichters alleen.

Maar laat ons, ten einde ons goed humeur niet te wagen aan het lang verwijlen bij omstandigheden, waaraan nu toch eenmaal niets is te veranderen, onze gedachten afleiden, door te zien wat er is van de heerschappij door *Jupiter* in eigene omgeving uitgeoefend; eene heerschappij, die wij reeds bij den aanvang dezer beschouwingen met een woord noemden.

Wanneer men een kijker, al is die ook slechts van middelmatig vermogen, op die planeet richt, dan ziet men haar omgeven van een somtijds grooter, somtijds kleiner aantal, maar nooit van meer dan vier verlichte schijfjes, die met de planeet bijkans in eene rechte lijn staan. Bij eene eenigszins voortgezette beschouwing veranderen die van stand met betrekking tot elkander; hunne beweging geschiedt steeds in of ongeveer in het vlak van den evenaar der planeet; van welk vlak de ligging zeer gemakkelijk te herkennen is aan de donkere banden, die, zooals wij later nader zullen bespreken, de planeet

Fig. 10.



steeds omringen. Fig. 10 stelt de planeet voor, omgeven door hare vier manen of satellieten.

Eene nauwgezette waarneming heeft geleerd, dat wij hier te doen hebben met vier donkere lichamen, die, evenals de planeet zelve haar licht van de zon ontvangende, om deze eene onbepaald voortgezette reeks van omwentelingen volbrengen, op de wijze waarop onze maan dit doet rondom de aarde. Van de planeet afgekend wordt eene onwenteling volbracht:

|                                     |       |         |           |
|-------------------------------------|-------|---------|-----------|
| door de 1 <sup>e</sup> satelliet in | 1 dag | 18 uren | 28 min.   |
| "  "  2 <sup>e</sup> "              | "  "  | 3 dagen | 13 " 14 " |
| "  "  3 <sup>e</sup> "              | "  "  | 7 "  "  | 3 " 43 "  |
| "  "  4 <sup>e</sup> "              | "  "  | 16 "  " | 16 " 32 " |

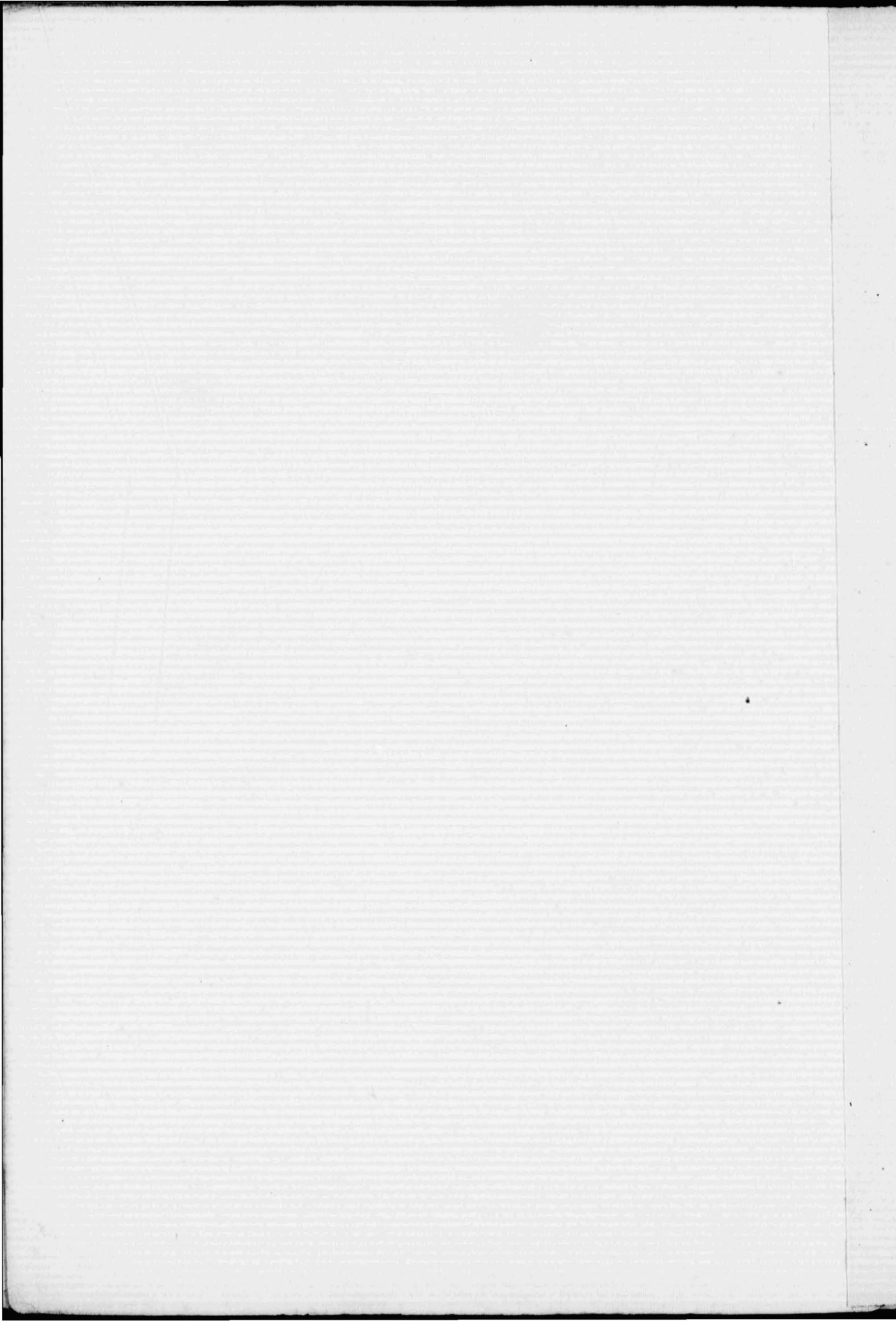
Daar nu de afstanden van de satellieten van *Jupiter* tot het mid-



JUPITER.

Donkere en heldere banden, volgens Wärrén de la Rue.  
Overgang en schaduw van een Satelliet op de schijf van de planeet.

L. J. J. J. J. J.



delpunt dier planeet veel grooter zijn dan de afstand van de maan tot het middelpunt der aarde, en dus ook de omtrekken hunner banen in die zelfde reden die van de maan overtreffen, hebben wij hier te doen met een loop, aanzienlijk veel sneller dan die van de maan. Deze snelheid, in verband beschouwd met de snelle aswenteling der planeet zelve, zoowel als de richting dier beweging, die met de richting der aswenteling overeenkomt, zijn zoovele steunselen voor de nevelhypothese van LAPLACE, welke wil, dat tijdens eene vroegere ontwikkelings-periode van het planetenstelsel ook de manen zich onder den invloed der middelpuntvliedende kracht van de afkoelende gasvormige planeten hebben losgescheurd.

Van de oppervlakte van *Jupiter* gezien vertoont zich de naastbij-

Fig. 11.



staande satelliet ongeveer onder dezelfde afmetingen als waaronder wij de maan zien. De twee volgende zijn aan elkander vrij wel gelijk, en hunne middellijn zou door iemand, die op de planeet was geplaatst, ongeveer half zoo groot worden gezien als die van de maan door ons, terwijl van de vierde de schijnbare afmetingen nauwelijks  $\frac{5}{8}$  van die der maan zijn zouden. Wanneer men echter de ware afmetingen vergelijkt bij die van de maan, dan blijkt het, dat alleen de tweede satelliet iets kleiner is dan zij; met hun vieren hebben die satellieten een volume, dat negen en een half maal zoo groot is als dat der maan en bijna een vijfde deel is van dat der aarde. Fig. 11 stelt vergelijkenderwijze de doorsneden der zes zoo even genoemde hemellichamen voor.

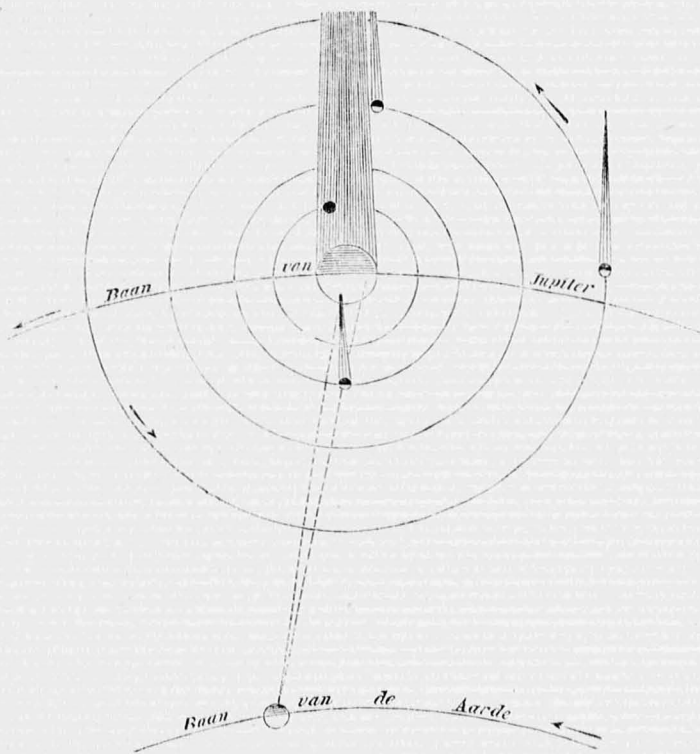
Aan den nachtelijken hemel van *Jupiter* prijken dus somtijds boven den horizon van dezelfde plaats vier hemellichten van ongeveer hetzelfde voorkomen als de maan; elk van hen zal, even als deze, de verschillende schijngestalten in regelmatige opeenvolging vertoonen, terwijl daarenboven alle vier te zamen gelijktijdig den waarnemer het schouwspel van verschillende dezer gestalten kunnen aanbieden. Een volle maan, een maan die het eerste kwartier even gepasseerd is en een die bijna in het laatste kwartier is, kunnen daar te gelijk met een die in de overgangsperiode tusschen twee der zoo even genoemde schijngestalten verkeert, aan den hemel staan.

En tal van verduisteringen zullen deze satellieten ondergaan. Achter *Jupiter* toch strekt zich een ontzachelijke kegel van schaduw uit, die alle plaatsen omvat waar haar lichaam de zonnestrallen belet door te dringen. Deze schaduwkegel ligt met zijn top in het vlak van de loopbaan en wordt daardoor in twee bijna gelijke helften gesneden. Wanneer nu de banen der satellieten, zooals dit bij deze planeet het geval is, met die van de drie naastbij haar staande, in het vlak van de loopbaan zelve liggen, dan zal zulk een maan telkens verduisterd worden, wanneer zij is wat wij bij onze maan vol noemen. De tijdsruimte tusschen twee zoodanige phasen bedraagt natuurlijk iets meer dan een omwentelingsduur der satelliet; zij zou daaraan slechts dan gelijk zijn wanneer *Jupiter* zelf stil stond. Nu die planeet zich om de zon beweegt, moet de satelliet, om weér met de zon en de planeet in ééne rechte lijn te staan, ook nog het eind weegs inhalen, dat de planeet is vooruitgekomen in den tijd, dien de satelliet aan zijn loop om de planeet besteedde. Ongeveer vier etmalen van *Jupiter* verstrijken er zoodoende tusschen twee verduisteringen van de eerste satelliet, acht en een half etmaal tusschen twee van de tweede, en zeventien en een half etmaal tusschen twee van de derde. Ook de vierde ondergaat verduisteringen, maar veel zeldzamer dan de derde. Doordien het vlak van zijn baan met dat van de baan der planeet zelve niet samenvalt, bestaat er kans, dat de satelliet boven of onder den schaduwkegel doorgaat; en deze kans wordt nog vergroot door de omstandigheid dat die kegel zelf op den grooteren afstand veel nauwer is dan waar de overige satellieten hem doorklieven. Opmerkelijk is het, dat de vier satellieten van *Jupiter*, zooals door LAPLACE is aangetoond, onmogelijk ooit te gelijk ver-



duisterd kunnen worden. Dit neemt niet weg dat wij aardbewoners daarom de planeet toch wel geheel ontbloot van hare lijftrawanten kunnen zien. In fig. 12 is het geval voorgesteld waarin, uit de aarde gezien, de eerste satelliet reeds is verduisterd, de tweede tusschen ons en de planeet staat, de derde op het punt is van verduisterd te worden en de vierde alleen volkomen zichtbaar is. Wanneer

Fig. 12.



nu de laatste, òf op dit zelfde oogenblik in den schaduwkegel zich bevond, òf een stand had overeenkomstig met dien van den derde, waarbij deze zoo geplaatst was, dat hij, zonder nog daarom in den schaduwkegel gedompeld te zijn, uit de aarde gezien door de schijf der planeet werd bedekt, dan zou het genoemde geval zich reeds voordoen. Bevindt zich een satelliet in den stand, waarin fig. 12 ons den tweede voorstelt, dan ziet men, als in de aan dit opstel toegevoegde plaat,

nabij den linkerrand der planeet, het schijfje, dat aan de naar ons gekeerde zijde door de zon verlicht is, zich projecteeren op de donkere banden die over de planeet loopen, en op aanmerkelijken afstand daarvan een zwart schijfje, dat niets anders is dan de doorsnede van den schaduwkegel van den satelliet met de oppervlakte der planeet. Voor de plaatsen, die door de wenteling der planeet zoowel als door de eigen beweging van den satelliet in den schaduwkegel worden gedompeld, is op die oogenblikken de zon totaal verduisterd, waaruit wij opmerken dat een totale zonsverduistering op de oppervlakte van *Jupiter* een even weinig ongemeen verschijnsel is als eene totale maansverduistering. Bedenken wij daarbij dat, wegens den veel kleineren hoek waaronder men op deze planeet de zon dan een harer manen ziet, zulk een verduistering veel langer zal duren, dat tevens, uithoofde van de snelle aswenteling, gedurende den tijd der verduistering een veel grootere boog van denzelfden parallelcirkel door den schaduwkegel wordt gesleept dan bij ons, dan kunnen wij ons eenigszins een denkbeeld vormen van het imposante dat een verduistering der zon op *Jupiter* hebben moet.

Liever dan ons hierin verder te verdiepen, willen wij thans meer bepaaldelijk onze aandacht vestigen op den physischen toestand van *Jupiter*; daartoe geeft de zoo even genoemde plaat gereede aanleiding. Wij leeren toch uit haar dat die planeet over hare gansche uitgestrektheid zich aan ons vertoont als omgeven door beurtelings donkere en heldere banden, die alle zonder onderscheid loopen in de richting van haren evenaar. Raadplegen wij wat omtrent deze de nieuwste waarnemingen leerden, dan blijkt het, dat de streken langs den evenaar worden ingenomen door een breedten helderen gordel van rooskleurig wit licht, en dat deze aan weërszijde wordt begrensd door gordels van koperkleurige tint. Op deze volgen beurtelings heldere en donkere banden, waarbij de donkere langzamerhand meer blauwachtig van tint worden, naarmate zij de polen naderen, terwijl die polen zelve omgeven zijn door kringen van ontwijfelbaar blauwe kleur. Gewoonlijk zijn er twee of drie van deze donkere gordels op elk halfmond.

Al deze verschijnselen moeten ongetwijfeld worden toegeschreven aan bijzonderheden in den dampkring van *Jupiter*, en men heeft dan ook wel eens getracht hunne verklaring af te leiden uit eene vergelij-

king met overeenkomstige verschijnselen, die onze dampkring moet vertoonen aan een buiten de aarde geplaatsten waarnemer. De heldere gordels zouden dan streken zijn, waar wolken de overhand hebben, terwijl de donkere ons de oppervlakte der planeet zelve zouden vertoonen. Toch moet men bij eene zoodanige vergelijking zeer voorzichtig te werk gaan. Wel heeft het spectroscopisch onderzoek getoond, dat in den dampkring van *Jupiter* eene groote hoeveelheid waterdamp is opgelost. Volgens waarnemingen toch van HUGGINS, BROWNING en VOGEL komen in het roode en vooral ook in het aan het groen grenzende gedeelte van het over het algemeen vrij lichtzwakke spectrum der planeet tal van strepen voor, die wij ook op aarde in het zonnenspectrum waarnemen als de zon ter kimme neigt en die alleen aan absorbtie door waterdamp kunnen worden toegeschreven.

Maar verder dan tot de aanwezigheid van waterdamp in den dampkring van beide planeten gaat dan ook de vergelijking niet door; van de wijze, waarop die damp is opgeheven, geldt zij, onzes inziens, niet meer. Op een afstand, vijfmaal zoo groot als waarop zij van de aarde is verwijderd, kan de zon moeielijk wolkenmassa's veroorzaken, die groot genoeg zijn om uit de aarde zelfs hare diepte te kunnen zien. En met de wolkenmassa's in *Jupiter's* dampkring is dit inderdaad wel het geval; men schat van sommige die diepte op minstens  $\frac{1}{20}$  van de middellijn van den kleinsten satelliet, dat is op ongeveer 180 kilometers. En als TYNDALL het vormen dezer wolken toch wil toeschrijven aan de zonnearmte, die juist door het dichte omhulsel van waterdamp op de oppervlakte der planeet als het ware wordt opgehoopt gehouden, dan verklaart hij toch het ontstaan der doorschijnende waterdamp niet, die in de donkere banden den blik tot de oppervlakte der planeet laat doordringen. Onzichtbare waterdamp toch heeft, om te kunnen bestaan, warmte noodig; en al moge TYNDALL's opmerking het bestaan van eene hooge temperatuur beneden de wolken waarschijnlijk maken, omtrent de mogelijkheid van het bestaan dier temperatuur in hoogere streken laat zij alles onbeslist. En de donkere atmosferische strepen in het spectrum van het licht van den witten aequatoriaal-gordel wijzen toch op absorbtie van licht in de onzichtbare waterdamp, die boven dien gordel zich uitstrekt.

Er zijn evenwel nog andere redenen, waarom het moeielijk valt de wolken in den dampkring van *Jupiter* aan te zien als voortgebracht door de werking der zonnearmte. In de eerste plaats, als die gordels door de zon waren opgeheven, hoe zou het dan mogelijk zijn, dat zij zoo weinig verandering ondergaan, als zij aan de nachtzijde van de planeet verkeerden; een orkaan, die gedurende zes van onze weken met een snelheid van 150 kilometers in den dampkring van *Jupiter* woedde, onderging volstrekt geene verandering, of de plaats, waar hij woedde, naar de zon of van haar was gewend. En dan deze orkanen zelve; om haar te verklaren, kunnen wij wel tot geene andere oorzaak onze toevlucht nemen dan tot groote temperatuurverschillen in de verschillende lagen van den dampkring; deze echter toe te schrijven aan de werking eener zon, wier oppervlakte slechts  $\frac{1}{2}$ , is van die, welke dat hemellichaam voor ons aardbewoners heeft, zou een oplossing zijn, die bij eenig nadenken niemand voldoende zou voorkomen. Inderdaad, de omwentelingen in dien dampkring zijn, als wij de groote uitgebreidheid van zijne oppervlakte in aanmerking nemen, allerbelangrijkst. De zwarte vlekken, die in fig. 8 worden gezien, stellen niet de schaduw voor van een satelliet, die tusschen ons en de planeet doorgaat; ook zij zijn draaikolken in de wolkenmassa's, die den blik doen doordringen tot op de oppervlakte der planeet.

In de laatste twee of drie jaren heeft zich daarenboven eene verandering van zoo merkwaardigen aard op *Jupiter* voorgedaan, dat zij wijst op veel energieke krachten, dan die welke in den regel atmosferische veranderingen veroorzaken. In den herfst van 1870 vestigde BROWNING er de aandacht op, dat de acuatoriale gordel zijn rooskleurig licht had veranderd in een dat ontwijfelbaar een oranje-tint had. Ook was hij veel minder glad begrensd geworden en nam men vreemde bijzonderheden bij hem waar. De heldere randen der gordels, die dezen rooden acuatoriaal-gordel omgaven, schenen gerafeld en getand te zijn geworden als de kanten van stormwolken, en de mazen, daardoor gevormd, strekten zich zoover uit over die zone, dat zij die als het ware in verschillende vakken splitsten. Daar waren dus buitengewone krachten aan het werk; want ieder van die uitsteeksels had een uitgestrektheid, die de grootste onzer aardsche afmetingen verre overtrof. En haar uiterlijk veranderde, even als dat van

den ganschen gordel, zichtbaar van den eenen nacht tot den anderen. SECCHI nam, onder het heerlijk klimaat van Italië, zijne kleursverandering waar en zegt daarvan het volgende: "Gedurende de schoone avonden dezer maand (Februari 1871) had *Jupiter* een wonderlijk uiterlijk. De acquatoriale gordel van eene geprononceerde rosekleur was bezaaid met een groot aantal gele wolken. Boven en beneden dezen gordel lagen vele, zeer schoone banden, en hunne blauwe en gele kleur vormde een opmerkelijk contrast met die van den aequatorialen gordel. De oppervlakte der planeet is waarlijk zoo verschillend van alles wat ik vroeger heb gezien, dat er alle reden is om de meteorologie der planeet tot een punt van opzettelijke beoefening te maken." <sup>1</sup>

Het is der moeite waard hier in het voorbijgaan op te merken, hoe, naar al deze verschijnselen te oordeelen, *Jupiter's* oppervlakte zeker niet zulk een liefelijk oord van rust en kalm genot is als velen <sup>2</sup> bij een oppervlakkige beschouwing zich voorstelden, noch ook, wat anderen dachten, de schoonste van alle bewoonde werelden. En al willen wij gaarne toegeven dat op deze aarde niet alles "pour le mieux dans le meilleur des mondes" is, zoo kunnen toch de medegedeelde verschijnselen ons hoeden voor al te wangunstige vergelijkingen tusschen ons lot en dat van de bewoners van *Jupiter*; beschouwingen, waarvan wij er hier nog eene ten beste willen geven, waaromtrent het ons haast moeielijk valt te zeggen, dat zij afkomstig is van een man als BREWSTER (*More worlds than one*, 4<sup>e</sup> hoofdstuk).

"Kan op zulk een planeet, die veel prachtiger is dan de onze,

---

<sup>1</sup> In 1873 heeft de planeet eene merkwaardige verandering ondergaan; zij heeft langzamerhand haar oude uiterlijk teruggekregen, daar de roodachtige gordel hare gewone roomwitte kleur weder heeft aangenomen. Deze omstandigheid heeft onder anderen den twijfel opgeheven of het niet aan de betere telescopen met verzilverde spiegels, die zoo juist de kleuren doen onderscheiden, was toe te schrijven, dat men nu zag wat vroeger ook zoo was, maar toen met de minder uitstekende hulpmiddelen niet gezien werd.

<sup>2</sup> SMYTH. "There exists, we are told, in that distant world a perennial spring, a striking display of the beneficence of the Creator, for the Jovian year contains twelve mundane years; and if there were a proportionate length of winter, that cold scream would be three of the earthly years in length and tend to the destruction of vegetable life."

niet een type van verstandelijk ontwikkelden bestaan, waarvan de zwakste nog een NEWTON zou te boven gaan? Bedienen hare bewoners zich niet van veel sterker telescopen en mikroskopen dan de onze? Zijn zij niet veel scherpzinniger in het afleiden van nieuwe waarheden uit reeds bekende, hebben zij niet veel vruchtbaarder methoden van analyseeren, maken zij niet veel diepzinniger combinatiën? Die menschen hebben ongetwijfeld een hooger inzicht, dat hen voert tot een veel grooter opvatting, tot een meer volmaakte kennis van de ontwerpen en de werken Gods. Maar waarmede ook hun verstand zich bezig houde, wie zal er aan twifelen, dat zij de wetten der stof bestudeeren en ontwikkelen, die rondom hen, boven hen en onder hen in de hemelen werkzaam zijn?"

Orkanen, die weken aaneen woeden, en werken des geestes als de hier door BREWSTER gefantaseerde, laten zich al zeer moeielijk met elkander in harmonie brengen. Maar er is meer. Boven reeds merkten wij op, dat als dag en nacht (en bij *Saturnus* geldt deze aanmerking, zooals wij later zien zullen, ook voor zomer en winter) voor de wolkenformatie volkomen gelijk geldende zijn, deze wel van andere krachten zal moeten afhankelijk gesteld worden dan van die der zon; dit feit in elk geval ontdekt ons de onmacht der zon om op zoo grooten afstand eene zoo reusachtige formatie teweeg te brengen. Aan de oppervlakte zelve der planeet moet hare oorzaak gezocht worden; en dan vindt ook de vorming der gordels eene gereede verklaring. Want als stroomen damp tot groote hoogten worden opgeworpen en met groote snelheid, dan zullen die, de oppervlakte verlatende met de zijdelingsche beweging die daar heerscht, gebracht worden in streken waar die zijdelingsche beweging, ten gevolge van den grooteren afstand tot de as, veel aanzienlijker is. Zij zullen dan door die meer snel zich zijwaarts bewegende lucht worden aangegrepen en medegesleept. Juist het omgekeerde van hetgeen wij hier zien gebeuren, als een trein, die in volle vaart is, een stroom van dampwolken achter zich laat; of liever, juist hetzelfde als hetgeen wij zouden zien gebeuren, als een wind, sneller dan de beweging van den trein, zelf de dampwolken voor dezen uitjog.

Daar nu hitte de eenige kracht is, die de enorme wolkenmassa's kan voortbrengen, moet de planeet zeer warm zijn, zoo warm misschien als rood gloeiend ijzer. Deze onderstelling geeft ook eenige

verklaring van de roodachtige kleur der donkere gordels. Dat de aequatoriale gordel zoo van kleur veranderd is zou dan alleen daaraan zijn toe te schrijven, dat in de laatste jaren in die aequatoriale streken geen wolken zijn gevormd of de gevormde spoedig zijn verstrooid. En dit laatste niet geheel, daar de beste telescopen nog altijd een menigte op wolken gelijkende vormingen hebben doen zien boven de roodgekleurde zone.

PROCTOR (*Popular Science Monthly*, Juli 1872) voert tot steun dezer onderstelling de volgende feiten aan.

Twee seriën van waarnemingen, de eene van BOND in Noord-Amerika, de andere van ZÖLLNER in Duitschland, bewijzen dat *Jupiter* driemaal zooveel licht uitstraalt als wanneer zij evenzoo geplaatst was als nu en daarbij dezelfde constitutie had als *Mars*, en viermaal zooveel als wanneer die planeet was geconstitueerd als onze maan. *Jupiter* schijnt inderdaad zoo helder als het geval zou zijn wanneer die planeet geheel bestond uit aardsche wolken. Waren nu op de oppervlakte der planeet in het geheel geen donkere banden, dan zou men kunnen aannemen dat die planeet geheel met wolken of sneeuw was bedekt; nu zij, niettegenstaande die donkere banden, toch zoo helder is, kan het wel niet anders of zij straalt eigen licht uit.

Een tweede feit leveren waarnemingen van LASSELL en SECCHI betreffende de overgangen van satellieten over de schijf der planeet. De eerste zag den vierden satelliet over de planeet gaan in den nacht van 30 December 1870. Bij het intreden was hij haast niet te onderscheiden van den rand, daar hij er in het geheel niet uitzag als een ronde heldere vlek. Maar al voortgaande werd hij donkerder dan de oppervlakte der planeet, en toen hij een vierde van zijn weg over de planeet had afgelegd was hij, in vergelijking met den achtergrond, een *zwarte* vlek geworden, zoo donker, dat, als men *Jupiter* had gezien zonder iets te weten van de oogenblikkelijke positie der satellieten, men gemeend zou hebben dat de schaduw van een satelliet over de planeet heenging. SECCHI zag in den avond van den 3<sup>en</sup> Februari 1871 den overgang van den derden satelliet en van zijn schaduw. De eerste scheen gansch zwart toen hij in het midden van den schijf was gekomen, en veel kleiner dan zijn schaduw, die te gelijk zichtbaar was. De satelliet werd onzichtbaar toen hij den rand

naderde, en kort bij den rand verscheen hij weder, maar nu als een heldere vlek.

Uit deze laatste waarneming volgt, dat het licht nabij den rand niet, op de wijze zooals onze hypothese dat wil, wordt versterkt door eigen lichtgevend vermogen. Is dan misschien de wezenlijke bol der planeet veel kleiner dan wij die meten, en dus de eigenlijke dichtheid der planeet niet zoo klein als wij haar uit die metingen afleiden?

Een andere bewijsgrond voor de omstandigheid dat *Jupiter* geen wereld kan zijn als de onze, willen wij nog putten uit dit samen-treffen van de geringe dichtheid der planeet en de groote uitgestrekt-hed van haren dampkring. Onderstel eens dat die wereld wel met de onze overeenkwam, dat dus ook in dien dampkring alles was als in den onzen, dan willen wij bij die onderstelling reeds dadelijk de objectie te gemoet komen, dat men omtrent de diepte van de wolkenmassa's, een diepte die wij boven op 180 kilometers hebben geschat, niet zoo volkomen zeker is. Wij willen bij onze redeneering die diepte veel geringer stellen en ook dan nog aantonen, dat aan de oppervlakte der planeet, alle omstandigheden aan die op aarde gelijk gesteld zijnde, een drukking zou moeten heerschen waarbij geen stof van de gemiddelde dichtheid der planeet zou kunnen be-staan.

Nemen wij dan aan dat de samenstelling van dien dampkring is als die van den dampkring der aarde, en dat in de buitenste lagen die wij zien, ten gevolge van de daar nog boven liggende, door de strepen in het spectrum zich aan ons kenbaar makende onzichtbare waterdamp, een drukking heerscht die een vierde is van de drukking aan de oppervlakte der zee bij ons. Reeds in dit geval zal, daar de drukking der atmosfeer telkens als men gelijke afstanden daalt verdubbeld wordt, reeds bij een zeer matige schatting der diepte de drukking aan de oppervlakte ontzachtelijk groot moeten zijn. Bij onze aarde verdubbelt de drukking als men ongeveer 6,5 kilometer daalt; bij *Jupiter* daarentegen, ten gevolge van de grootere aantrekking der veel aanzienlijker massa, reeds als men ruim 2,5 kilometer daalt. En daar nu ruim 2,5 in 180 ongeveer 72 malen begrepen is, zou de drukking van den dampkring aan de oppervlakte door een aantal atmosfeeren worden uitgedrukt, dat slechts met eenentwintig cijfers zou zijn te schrijven. Zelfs wanneer men, om alle objectie tegen de



schatting van de diepte te gemoet te komen, 18 van deze 21 cijfers wegschraapt, en zoodoende die diepte slechts op ruim 25 kilometers wordt gesteld, dan bedraagt nog altijd de drukking aan de oppervlakte tusschen de 200 en 300 atmosfeeren; en ieder zal toestemmen dat geen gas, *tenzij bij een zeer hooge temperatuur*, onder die drukking kan blijven bestaan.

Een dampkring van slechts vijftiwintig kilometers diep is echter zoo goed als niets met betrekking tot een lichaam van een volume als dat van *Jupiter*, en aan te nemen dat die diepte zoo gering is, staat gelijk met aan te nemen, dat van het *vaste* lichaam der planeet de dichtheid niet meer dan een vierde van die der aardmassa bedraagt. Nu vragen wij, die weten dat bij eene veel geringere drukking gegoten staal aan het vloeien kan worden gebracht als water, hoe bij deze enorme drukking in het binnenste der planeet een massa van zoo geringe dichtheid zou kunnen blijven bestaan? Wil men die geringe dichtheid verklaren, dan is men genoodzaakt om aan te nemen, òf dat *Jupiter* bestaat uit andere elementen dan die wij kennen, en deze onderstelling wordt door het spectroscopisch onderzoek tegengesproken, òf dat *Jupiter* is omgeven van een dampkring van groote uitgestrektheid en diepte.

Wil deze nu gasvormig blijven, dan moet de oppervlakte van de planeet zelve zeer heet zijn. Alle moeielijkheden, die wij zoo even opnoemden, zouden in nog veel hoogere mate zich voordoen bij eene beschouwing van de zon, indien wij van deze niet wisten dat zij zeer heet is. *Jupiter* moet dus allerwaarschijnlijkst een zon in miniatuur zijn wat de uitstraling van warmte betreft; dat zij daarbij zoo weinig licht uitstraalt moet misschien toegeschreven worden aan de omstandigheid, dat dit licht niet door de dikke wolken heen naar buiten kan doordringen.

*Jupiter's* stelsel zou op deze wijze een wereld op zich zelf kunnen vormen. En al is dan, volgens onze beschouwing, die planeet niet de schoonste van alle bewoonde werelden, BREWSTER en allen, die met hem in diezelfde richting aan hunne verbeelding vrij spel lieten, kunnen zich dan nog troosten met het denkbeeld dat zij voor hare manen een bijzon is, die aan deze, bij den grooten afstand der eigenlijke zon, toch nog genoeg warmte verstrekt om hare oppervlakte bewoonbaar te maken.

Wij kunnen het CAMILLE FLAMMARION niet te veel nazeggen: "Il y a des idées scientifiques, au nombre desquelles se trouve celle de la pluralité des mondes habitables, qui offrent une côté pittoresque plus accessible que toute autre à l'imagination, et dès qu'on se laisse entraîner par ce penchant maladif au merveilleux, qui nous porte tous vers les vagues régions de l'inconnu, c'est un premier pas de fait dans les entraînements de l'erreur."

---

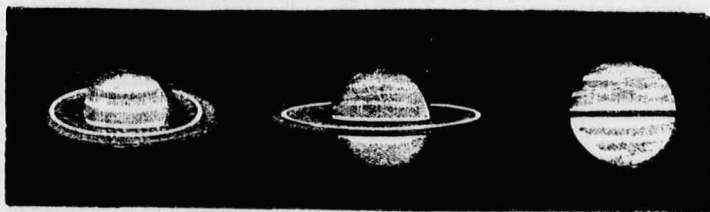
## IV.

## SATURNUS, URANUS, NEPTUNUS.

Wat haren afstand van de zon betreft, op *Jupiter* volgende en, wat hare grootte aangaat, met deze planeet alleen te vergelijken, beweegt zich in streken, die lang voor de grenzen van het planetenstelsel werden gehouden, de om vele redenen bijzonder merkwaardige planeet *Saturnus*. Ongeveer tienmaal zoover van de zon verwijderd als de aarde, wordt zij door haar honderdmaal minder sterk aange trokken en loopt zij dientengevolge in hare veel langere baan veel langzamer dan de aarde in de hare. Eénen omloop volbrengt zij eerst in 29 jaren en 167 dagen. Waren de gemiddelde snelheden gelijk en de banen cirkelvormig, dan zouden de omloopstijden aan de grootten der afstanden evenredig, en dus ook de jaren van *Saturnus* slechts ongeveer tienmaal zoo lang als de onze moeten zijn.

Van de aarde gezien, zijn de afmetingen van *Saturnus* natuurlijk aan zeer groote veranderingen onderhevig. Als toch op eenig gegeven oogenblik de aarde tusschen haar en de zon is geplaatst, bedraagt die afstand slechts het verschil van beider afstanden tot de zon, terwijl, als ruim een half jaar later de zon in het midden staat, die afstand tot de som der beide laatstgenoemde zal zijn geklommen, en dus het verschil niet minder dan een gansche middellijn der aardbaan zal bedragen. Daar in het eerste geval de planeet voor ons juist het hoogst aan den hemel staat als de zon het diepst onder de noorderkim is gedaald, treffen in alle opzichten de gunstigste omstandigheden voor hare waarneming samen. Fig. 13 laat toe de schijnbare afmetingen van

Fig. 13.



*Saturnus* te vergelijken, zooals die zich bij den kleinsten, den gemiddelden en den grootsten afstand voordoen. Op den grootsten afstand

vertoont de planeet zich aan het bloote oog nog altijd als een vaste ster van de eerste grootte, terwijl zij door een goeden kijker wordt gezien als een sterk afgeplatte bol, die, zooals de figuur aantoont, door een ring is omgeven. De afplatting der planeet is dan ook veel aanzienlijker dan die der aarde; terwijl zij bij gene meer dan  $\frac{1}{12}$  van de grootste middellijn bedraagt, is bij deze het verschil tusschen de as van omwenteling en de middellijn van den evenaar slechts  $\frac{1}{300}$  van de laatstgenoemde. Met deze groote afplatting komt weder, zooals wij om reeds in een vorig opstel uiteengezette redenen moesten verwachten, eene snelle omwenteling overeen. Door nauwkeurige waarneming van de donkere banden, die evenwijdig aan den evenaar over de planeet loopen, heeft men den duur eener omwenteling kunnen bepalen; sommige onregelmatigheden in die banden toch keeren regelmatig in 10 uur 20 min. 17 sek. ter zelfder plaatse terug en geven ons aanleiding dien duur met groote waarschijnlijkheid op genoemd bedrag te stellen.

De omwentelings-as staat — de waarneming der genoemde banden leerde ook deze omstandigheid kennen — niet, zoo als bij Jupiter, bijna loodrecht op het vlak der baan. Zij maakt daarmede een hoek van ongeveer 64 graden, eene helling, die slechts twee graden kleiner is dan die van de as der aarde met betrekking tot hare baan. Daar de omwentelings-as eener planeet bij haren loop om de zon steeds bijna volkomen evenwijdig blijft aan zich zelve, keert dus ook *Saturnus* gedurende de eene helft van den omloop de eene, gedurende de andere helft de andere pool naar de zon, zoodat er, om zoo te zeggen, op de oppervlakte der planeet ook wisseling der jaargetijden plaats heeft. Maar welke wisseling! Elk jaargetijde toch duurt daar niet minder dan ruim zeven onzer jaren, en de overgang van het eene dezer getijden tot het andere, het lengen en korten der dagen zoowel als het stijgen en dalen van de zon op den middag, overgangen, die reeds hier op aarde van dag tot dag op bijna onmerkbaar wijze plaats hebben, verdeelen zich daar over eene haast dertigvoudige tijdsruimte. Verbeelden wij ons het tijdbestek van den 22<sup>en</sup> September tot den 22<sup>en</sup> Maart tot vijftien van onze jaren uitgerekt, en laten wij ons dan voorstellen wat met een zon, wier oppervlakte honderdmaal zoo klein wordt gezien als door ons, voor bewoners van met onze woonplaats op aarde overeenkomende streken, zóó lang een

winter wezen moet. Toch zou die voorstelling nog eene geheel onjuiste zijn, indien wij daarbij niet de verschijnselen in rekening brachten, die de reeds boven met een enkel woord genoemde ring noodzakelijk op de oppervlakte der planeet moet teweegbrengen.

Deze ring heeft voor ons Nederlanders dit bijzonder merkwaardige, dat het een Nederlander is, die, al heeft hij hem dan ook niet in den eigenlijken zin des woords ontdekt, toch de eerste is geweest die hem als zoodanig heeft leeren kennen. Vinden wij toch dat spoedig na de uitvinding der verrekijkers niet alleen de zonderlinge vorm van *Saturnus*, maar vooral ook de groote veranderlijkheid van dien vorm de aandacht der waarnemers trof, en bestaan er ook al afbeeldingen van die planeet, uit het laatst der zestiende en de eerste helft der zeventiende eeuw dagteekenende, waarin die zonderlinge vormen zoo goed mogelijk worden nagebootst, — aan onzen landgenoot CHRISTIAAN HUYGENS komt de eer toe al die vormveranderingen uit één, en dat wel uit het ware, gezichtspunt te hebben beschouwd. Een platte dunne ring, wiens middelpunt met dat van de planeet en wiens vlak met dat van den evenaar der planeet samenvalt, een ring die zelf wel cirkelrond is, maar, waar ook de planeet zich in hare baan bevindt, steeds schuins staat op het vlak waarin de aardbaan is gelegen, verklaart volkomen alle gedaanteveranderingen, die achtereenvolgens door de planeet worden doorloopen. Men zal in twee gevallen haar even volkomen rond kunnen zien als eenige andere planeet. In de eerste plaats moet dit het geval zijn als, terwijl de aarde en de planeet aan dezelfde zijde van de zon zich bevinden, het vlak van den ring, zoo het verlengd wordt, juist door het oog des waarnemers gaat; met andere woorden, als deze den ring juist op zijn kant ziet. Had deze een dikte, aanzienlijk genoeg om op dien afstand te worden waargenomen, dan zou hij links en rechts van de planeet zich moeten voordoen als een heldere streep; maar die dikte is zoo gering, dat met de hulpmiddelen, waarover HUYGENS kon beschikken, en zelfs met die van veel later tijden, deze streep niet kon worden waargenomen. Dit verschijnsel nu is louter subjectief; alleen voor aardbewoners, en voor allen die met hen in het vlak van den ring liggen, zal het gelden.

Maar het geval zal zich ook kunnen voordoen, dat, de afstand en de beschikbare hulpmiddelen gelijk genomen aan de onze, de

ring voor niemand ter wereld, die zoo ver afstaat als wij, zal zichtbaar zijn, te weten, als die zelf juist op den kant verlicht wordt door de in zijn vlak staande zon. In de meeste gevallen zal dan aan hen, die van de aarde naar de planeet zien, de tegenwoordigheid van den ring worden verraden door de zeer smalle schaduw, die deze op de oppervlakte der planeet werpt; want alleen als toevallig ook de aarde juist op dit oogenblik met de zon in het vlak van den ring stond, zou deze schaduw zich voor aardbewoners ganschelijk niet vertoonen. Zulk een bijzonder geval nam BOND op den 22<sup>en</sup> November 1848 waar; zooals fig. 14 dit aantoont, ging op genoemd tijdstip het vlak van den ring ongeveer door de middelpunten van zon en aarde beide. En

Fig. 14.

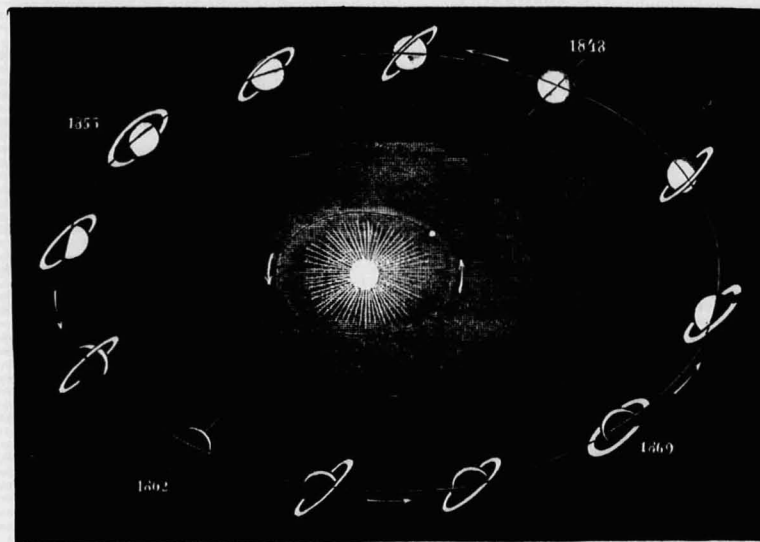
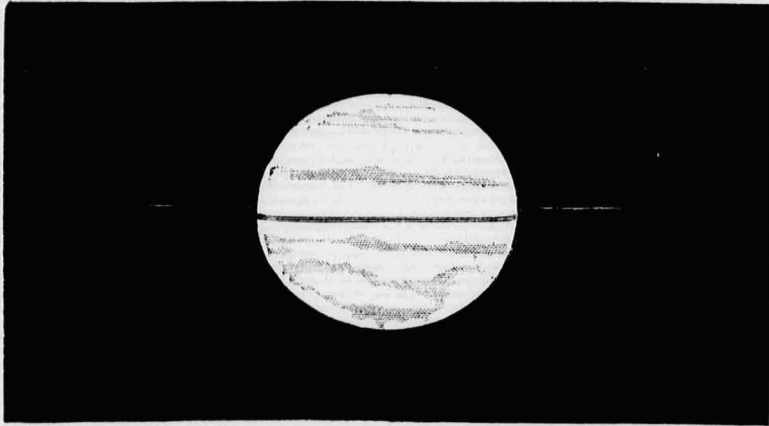


fig. 15 geeft ons eene afbeelding van hetgeen door dien beroemden waarnemer toen gezien is. De heldere streep aan weerszijden van de planeet is de op zijn kant verlichte ring, dien de thans der wetenschap ten dienste staande hulpmiddelen duidelijk zichtbaar maken; en de donkere streep, waarvan de beide heldere bijna de verlengden zijn, doet ons de schaduw zien, die ons vertelt, dat de op zijn kant verlichte ring niet volkomen op den kant door BOND werd gezien, dat zijn oog niet juist in het vlak van den ring lag.

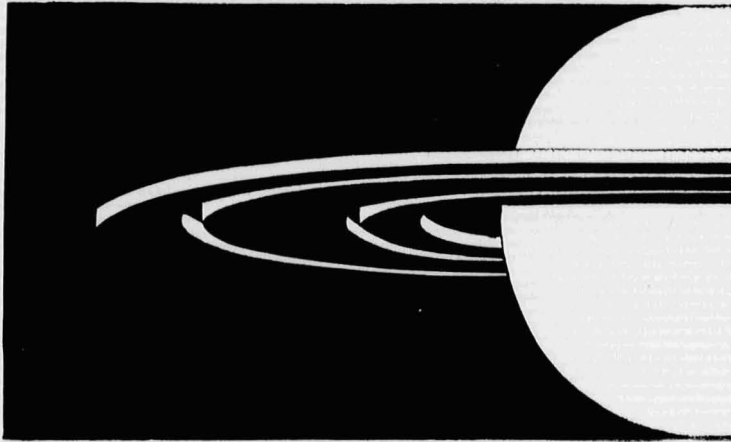
Die fig. 15 vertelt ons — wanneer de drukker, wat de goden geven! haar goed uitvoert — in haar klein bestek wonderlijke dingen. Wordt die wensch vervuld, dan moet men in den zwarten band drie afzon-

Fig. 15.



- derlijke zwarte strepen ontwaren, die elk in 't bijzonder, zeer in 't verkort, de niet verlichte onderzijden van de drie deelen doen zien,

Fig. 16.



waarin de ring gesplitst is; de ruimten tusschen deze strepen vertoonen dan van deze zelfde afdeelingen de door de zon beschenen kanten. Fig. 16, die slechts eene louter schematische voorstelling levert van

wat wij bedoelen en volstrekt niet op waarneming is gegrond, doet tevens duidelijk uitkomen, hoe, als een zoo verdeelde ring wordt gezien uit een punt dat een weinig beneden zijn vlak ligt, de verlichte buitenkant en dus ook de heldere streep aan weerszijden van de planeet noodzakelijk hooger moet liggen dan de schaduwlijn op de oppervlakte der planeet zelve.

Wij zien hier in de waarneming van BOND alzoó eene bevestiging van hetgeen andere waarnemingen, gedaan in tijden als de ringen hunne oppervlakte meer naar ons toewenden, aangaande de gesteldheid van den ring leerden. Rondom *Saturnus*, en bijna in het vlak van den evenaar dier planeet, breidt zich een stelsel uit van drie ringen, die ongelijk van breedte en betrekkelijk zeer dun zijn. De buitenste meest van de planeet verwijderde wordt van den daaropvolgenden gescheiden door eene ruimte, zoodat deze twee ringen los van elkander zijn; daarentegen schijnt de eerste, dat is de naast bij *Saturnus* liggende, met den tweeden verbonden. Deze ringen zijn zeer ongelijk van licht; de middelste is de helderste van allen, helderder zelfs dan de schijf der planeet, terwijl de buitenste ongeveer dezelfde grauwe tint heeft als de banden, die over die schijf loopen. En terwijl zij beide ondoorschijnend zijn, zoodat zij een scherp begrensde schaduw op *Saturnus* werpen, is de binnenste donker en zoo doorschijnend, dat zij de planeet omgeeft als een band, waardoor heen men haar eigen licht ziet schemeren. Zag men de planeet uit een punt, dat in het verlengde van hare omwentelings-as gelegen is, dan zou zij zich voordoen op de wijze, die in fig. 17 is voorgesteld.<sup>1</sup>

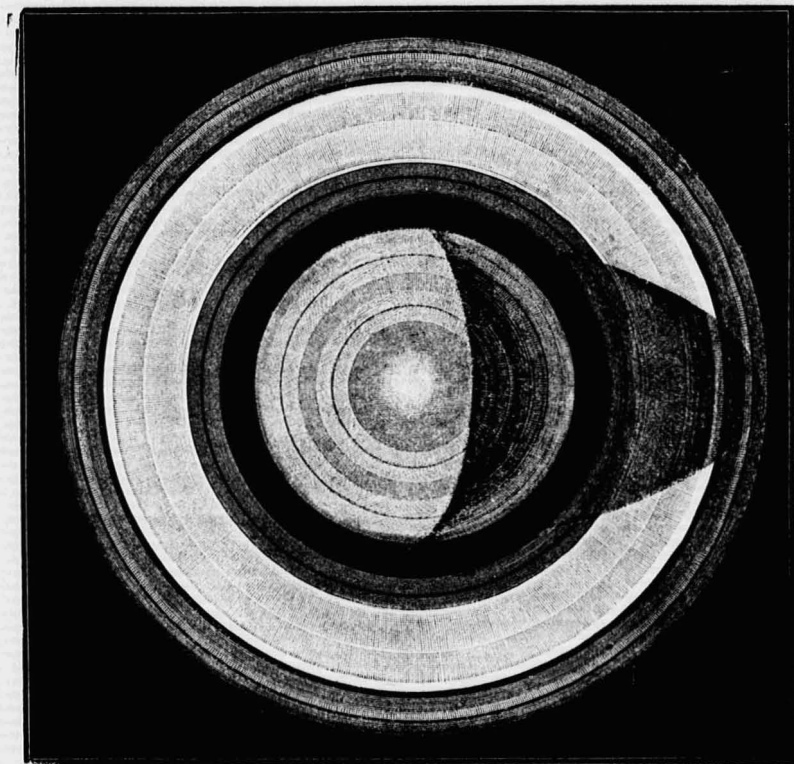
In dezen stand, zóó dat zij omgeven is door al hare ringen, ziet men echter uit de aarde *Saturnus* nooit; daarvoor is de hoek, dien het vlak van den ring met dat van de loopbaan der aarde maakt, te klein; hij bedraagt slechts  $20^{\circ} 10' 44''$ . Van het oogenblik af, dat wij boven beschreven, waarbij de ring op zijn kant wordt beschouwen, en het dus op de planeet even lang dag als nacht is, be-

|                                                        |                    |
|--------------------------------------------------------|--------------------|
| <sup>1</sup> Breedte van den buitensten ring. . . . .  | 14 712 kilometers. |
| Ruimte tusschen dezen en den tweeden ring. . . . .     | 3 168 "            |
| Breedte van den tweeden ring . . . . .                 | 29 552 "           |
| " " " derden " . . . . .                               | 12 504 "           |
| Ruimte tusschen den derden ring en de planeet. . . . . | 20 660 "           |
| Dikte van den buitensten ring. . . . .                 | 400                |



gint langzamerhand de naar ons gekeerde helft van den ring de benedenste helft van de schijf te bedekken, totdat, zeven en een half jaar later, als de noordpool zooveel mogelijk naar de zon en naar ons is toegekeerd, die helft geheel achter den ring is verborgen en zelfs de van ons gekeerde helft boven de schijf uitsteekt. Gedurende het volgende vierde gedeelte van den omloop keeren al de verschijnselen van de zoo even genoemde periode in omgekeerde volgorde terug, tot de herfst-nachtevening bereikt is en de ring we-

Fig. 17.



derom op zijn kant wordt beschenen. Van nu af aan keert de planeet meer en meer hare zuidpool naar de zon en dus ook naar ons, die, van haar gezien, haast met de zon samenvallen. Het zuidelijk of benedenste gedeelte van de eigenlijke schijf komt nu meer en meer bloot, terwijl daarentegen het noordelijk of bovenste gedeelte door den ring bedekt wordt. Zeven en een half jaar na het zoo even ge-

noemde evenachts-tijdstip heeft de zuidpool middenzomer, en ligt, uit de aarde gezien, het noordelijk deel van de schijf geheel achter den ring vorborgen, die daarentegen zelf door het zuidelijk deel der schijf bedekt wordt in zoover zijn buitenste omtrek niet zelfs beneden dat gedeelte uitsteekt. Van dit tijdstip tot aan het volgende evenachts-tijdstip keeren al deze verschijnselen in omgekeerde volgorde terug, en daarmee is dan een geheele omloop volbracht.

Het is de moeite wel waard na te gaan tot welke verschijnselen de aanwezigheid van den ring op de oppervlakte der planeet zelve aanleiding geeft. Beschouwen wij daartoe in de eerste plaats welken invloed de schaduw, door zulk een ondoorschijnend lichaam op de planeet geworpen, gedurende den omloopstijd moet hebben op de zoogenoemde wisseling der jaargetijden, en gaan wij, om de gedachten te bepalen, na, welken inbreuk het voor het noordelijk halfroend der aarde in die wisseling zou maken, als deze door een dergelijken ring van betrekkelijk gelijke afmetingen was omgeven.

Tijdens de lente-nachtevening — 22 Sept. — als de ring door de zon op zijn kant wordt beschenen en dus de schaduw tot hare kleinste afmetingen, de dikte van den ring, is teruggebracht, zou het langs den evenaar, en tot op eenen afstand van eenige kilometers van haar, nacht zijn; overal elders op aarde zouden echter, even als thans, dag en nacht in lengte niet verschillen. Eenige dagen later evenwel heeft de ring reeds zijne zuidelijke vlakte eenigzins naar de zon gekeerd. Het zonnelicht werpt nu zijn stralen tusschen de ruimte, die den ring en de planeet scheidt; voor hen, die langs en een weinig benoorden den evenaar wonen, is dus de lange nacht reeds voorbij. Maar naarmate de aarde vordert in hare baan, vallen ook de zonnestralen meer recht op de zuidelijke vlakte van den ring, wordt dus ook de slagschaduw, door deze op de noordelijke helft der aarde geworpen, breeder. Terwijl dus bij voorbeeld de bewoners van de binnenlanden van Afrika reeds weder geregelde wisseling van dag en nacht hebben, strekt zich over het noorden van dat werelddeel een al breeder en breeder wordende band van schaduw uit, liggen daar plaatsen, waar gedurende vele achtereenvolgende dagen geen zonnestraal doordringt. Om kort te gaan, de zon zou gedurende een kleiner of grooter aantal dagen worden verduisterd voor allen, die

kort genoeg bij den evenaar wonen, om te maken dat de ring hooger boven hunnen horizon wordt gezien dan de zon op den middag van den kortsten dag. Zij zouden juist voor het intreden van den eigenlijken winter, gedurende langeren of korteren tijd, bijna geheel van het zonnelicht verstoken worden. Voor hen, die op hooge breedte wonen, zou alles zijn zooals het thans is. De ring namelijk is niet breed genoeg om op plaatsen, die verder van den evenaar verwijderd zijn dan  $63^{\circ}$ , boven den horizon te worden gezien; hij ligt voor hen achter het bolvormig lichaam der planeet verborgen; en waar dit zoo is, kan hij zich al dadelijk niet plaatsen tusschen de zon en den waarnemer, kan hij voor deze de zon niet verduisteren. Voor aardbewoners nu, die op genoemde breedte wonen, bedraagt op genoemden dag de middagshoogte der zon ongeveer  $4^{\circ}$ : zoodat zoowel daar als zelfs nog iets zuidelijker de verduistering van de zon door den ring niet mogelijk zijn zou. Maar zoodra men naderbij den evenaar komt, neemt de hoogte van den ring boven den horizon veel sneller toe dan die van de zon op den middag van den kortsten dag; ja, zelfs zou op een breedte, gelijkstaande met die van het schoonste klimaat van ons noordelijk halfmond, reeds vele dagen te voren de dagboog van de zon grootendeels achter den ring verborgen blijven.

Kortom, wanneer wij bedenken dat gedurende de andere helft van het jaar voor het zuidelijk halfmond hetzelfde zal gelden als wat wij zoo even beschreven met betrekking tot het noordelijke, dan springt het in het oog, dat, indien wij van een ring voorzien waren op de wijze als *Saturnus* dat is, een groot gedeelte van de beide, thans gematigd geprezenen luchtstreken, volkomen onbewoonbaar zijn zou. En wat voor de aarde in dit opzicht geldt, geldt in nog veel hoogere mate voor die van de zon zeer verwijderde planeet. Bij haren langzamen loop om de zon kan het gebeuren, dat voor plaatsen op hare oppervlakte gedurende ongeveer tien van onze jaren de zon achter den ring verborgen, dat dus die plaatsen al dien tijd geheel van zonlicht verstoken blijven!

Hebben wij in enkele trekken aangegeven, welken invloed de aanwezigheid van een ring gedurende den omloopstijd op de oppervlakte der planeet moet uitoefenen, thans willen wij nog aantonen welk schouwspel die ring dagelijks aan de bewoners van het noordelijk halfmond van *Saturnus* te aanschouwen geeft, gedurende

die helft van den omloopstijd, waarin de noordpool naar de zon is gekeerd en dus de ring aan die zijde verlicht is.

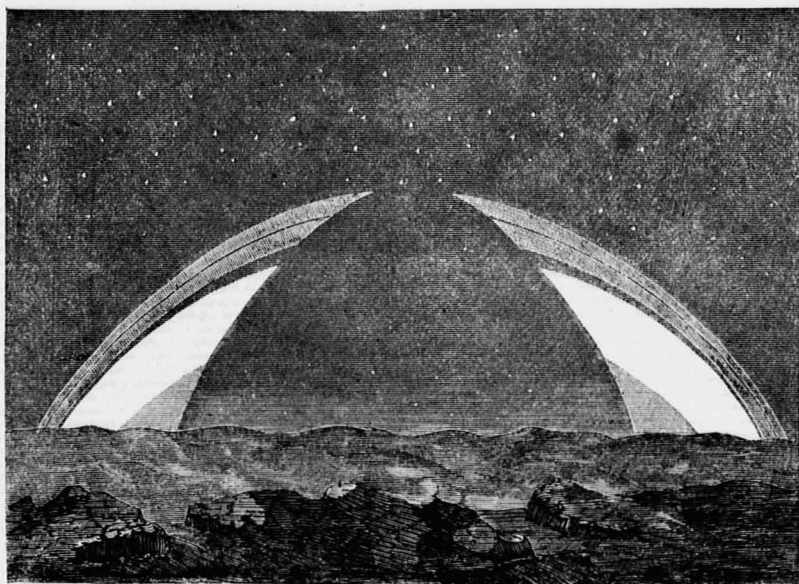
Tot op den 63<sup>en</sup> breedtegraad, wij merkten dit reeds boven op, wordt men van den ring niets gewaar. Op eene breedte van 45<sup>o</sup> echter ziet men reeds de beide buitenste ringen, en de ruimte, die hen van elkander scheidt, boven den horizon. Begeeft men zich op plaatsen nog nader bij den evenaar gelegen, dan zal eindelijk het stelsel van ringen geheel zichtbaar worden; daarbij echter zal het over zijn geheel in breedte afnemen, omdat men, nader bij den evenaar komende, den ring al meer en meer op zijn kant ziet. Onder den evenaar zelf zal hij slechts een weinig breeden band vormen die door het zenith gaat.

Des daags zal, ten minste als *Saturnus* een dampkring heeft als wij, onder dien evenaar de band, en op hogere breedten het stelsel van ringen, zich aan den hemel voordoen op dezelfde wijze en in hetzelfde licht als waarin wij soms de maan op den vollen dag aan den hemel zien staan. Des nachts daarentegen zal die band als een reusachtige lichtboog zich vertoonen, die, over het hoofd van den waarnemer gaande, loodrecht staat op zijn horizon. Veel treffender echter zal het schouwspel op eenigen afstand van den evenaar zijn. Onze fig. 18 geeft een getrouwe voorstelling van het verschijnsel zooals het te middernacht op een breedte van ongeveer 28<sup>o</sup> zich voordoet op een tijdstip ongeveer midden tusschen de lente-nacht-evening en den langsten dag gelegen. De ellipsvormige schaduw, in die figuur aangegeven, is de slagschaduw door het lichaam der planeet zelve op den ring geworpen. Natuurlijk verplaatst die schaduw zich in den loop van den nacht langs den ring. Als de zon ondergaat, bedekt de schaduw de oostzijde — in onze figuur de linkerzijde — zoodat kort na zonsondergang alleen het westelijk deel van den ring zichtbaar is. Terwijl echter langzamerhand de zon dieper onder den horizon zinkt en daarbij naar het noorden zich beweegt, wordt het westelijk deel kleiner en komt eindelijk ook in het oosten de voet te voorschijn, waarmede de lichtboog op den oostelijken rand van den horizon schijnt te rusten. Het oostelijk deel wordt nu al grooter en grooter, doordien de zon naar het oosten, de schaduw der planeet naar het westen zich beweegt; lang voor zonsopgang verdwijnt zodoende reeds het westelijk deel van den ring geheel in

het duister, terwijl, als de dageraad aanbreekt, het oostelijk deel al meer en meer door het licht van den dampkring overschienen wordt en ten laatste bij zonsopgang de geheele boog weder even flauw verlicht zich vertoont, zooals wij des daags dikwijls de maan aan den hemel zien staan.

Zoo prijkt dan aan den nachtelijken hemel van *Saturnus*, op plaatsen

Fig. 18.



en tijden als boven zijn aangegeven, in het zuiden een lichtende boog over hare breedte verdeeld in minstens zoovele banden als wij hier op aarde inderdaad om den ring kunnen waarnemen. Elk dier banden heeft zijn eigen tint, en zoowel waar zij aan elkander sluiten als waar de binnenste ring aan de planeet sluit, daar is een ledig, waardoor men nu en dan het licht eener ster ziet flikkeren. En langs dien boog verplaatst zich van het oosten naar het westen eene ellipsvormige ruimte, door niets anders van den boven den lichtboog zich uitstrekkende sterrenhemel zich onderscheidende, dan door de volkomene afwezigheid van sterren. Tenzij al wederom *Saturnus* een dampkring heeft, waarin de zonnestralen zoo worden gebroken, dat ook het door de planeet verduisterde

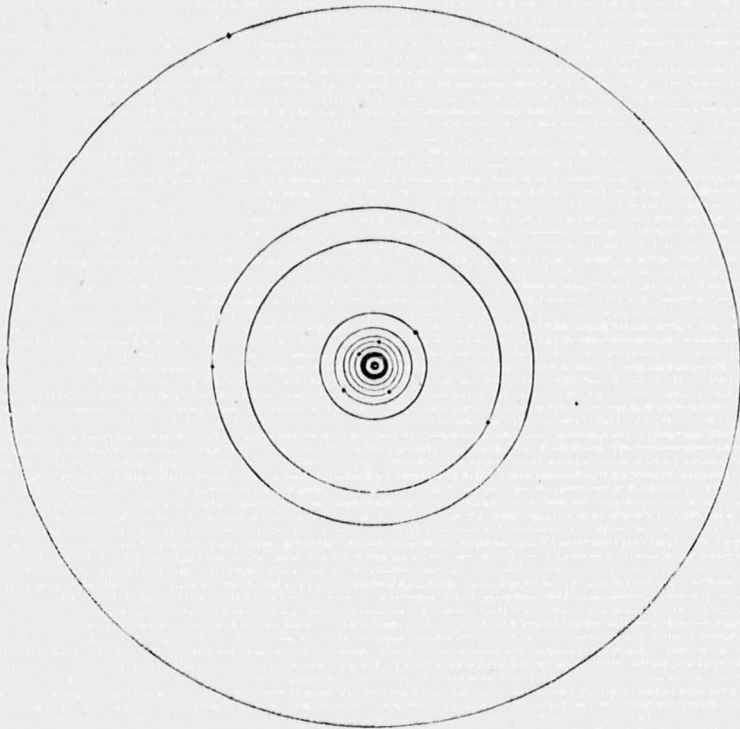
deel van den ring dezelfde koperkleurige tint verkrijgt, die de maan heeft tijdens eene eklips.

En hoe zal het des nachts zijn gedurende de andere helft van het jaar, als de ring door de zon wordt beschenen aan de zijde die naar de zuidpool is toegewend; hoe ook des daags op die plaatsen, waar de ring de zon belet hare stralen tot de oppervlakte der planeet te doen doordringen, als zij den dag met den nacht doet ineensmelten? Op deze donkere dagen zal het geheel zich, sterker nog dan gedurende een totale zoneklips de maan, als een donker lichaam vertoonen op den helderen grond des hemels; slechts langs de min of meer breede banden, die de verschillende ringen van elkander scheiden, zal de verlichte dampkring zichtbaar zijn, en slechts dan zullen eenige spaarzame zonnestrallen den bodem treffen, als deze zelve door een dier reten gluurt. En gedurende de eigenlijke nachten, dat wil zeggen die, wanneer het dan in den winter ook nacht zou zijn, al was de planeet door geen ring omgeven, zal de aanwezigheid van deze alleen herkend worden aan de totale afwezigheid van sterren over den ganschen boog, dien hij aan den hemel bedekt.

Werpen wij thans nog een blik op den hypothetischen bewoner van een der vlakten van den ring zelf, dan merken wij al dadelijk op, dat voor hem dagen en nachten, elk van vijftien jaren lang, elkander zullen opvolgen. Die dag van vijftien jaren zal echter worden afgebroken door de tijden, gedurende welke telkens om de tien een half uur de schaduw van de planeet over de woonplaats van dien ringbewoner gaat. En die lange nacht zal voor hem worden opgeluisterd door het treffend verschijnsel, dat *Saturnus* zelf alsdan hem moet vertoonen. Wanneer de aan zijne zijde gelegen helft van den bol begint verlicht te worden, dat is, op het oogeblik dat de zon onder den ring diametraal tegenover hem staat aan den hemel, zal hij aan zijn horizon een lichtgevend punt zien verschijnen. In weinige minuten zal dit reeds zijn aangegroeid tot een sikkelsikkel, zooals de maan ons die eenige dagen na nieuwe maan vertoont, om in  $2\frac{5}{8}$  uur, dat is in een vierde van den omwentelingsduur der planeet, tot een halve maan, een maan in haar eerste kwartier, te zijn aangegroeid, wier eene helft onder den ring is verborgen. En wederom  $2\frac{5}{8}$  uur later prijkt dan aan den zuidelijken hemel, in meer of minder kolossale afmetingen, al naar mate onze ringbe-

woner meer of minder nabij den binnenrand van den ring is geplaatst, een verlichte halve cirkel, alleen doorsneden door de schaduwbanden, die de nu aan zijne zijde onder den ring zich bevindende zon de van elkander afgescheiden deelen van deze op den bol doet werpen; een halve cirkel, die, van de naastbij den bol gelegen deelen van den ring gezien, haast den halven hemel zal innemen, maar die ook des te flauwer zal verlicht zijn, naarmate hij grooter is. Want naarmate een door de zon verlichte planeet verder is verwijderd en deze dus kleiner schijnt, naar die mate zal ook het licht, dat zij in haar geheel terugkaatst, over kleinere oppervlakte zijn verspreid, en dus haar schijf per vierkante eenheid sterker verlicht

Fig. 19.



worden gezien. Vergeten wij daarenboven niet, dat de luister van het verschijnsel zeer zal worden verminderd door de omstandigheid, dat de intensiteit van het zonnelicht op *Saturnus* slechts een honderdste

bedraagt van dat op aarde, dat dus ook, op denzelfden afstand gezien als waarop de maan van de aarde is verwijderd, die planeet wel zeer veel grooter dan de maan, maar toch per vierkante eenheid honderdmaal zoo flauw als deze zal verlicht zijn.

Vergeten wij echter, wanneer wij spreken over den hemel op *Saturnus*, de acht manen niet, die haar bij den langen tocht om de zon vergezellen, die te gelijk in grooteren of kleineren getale in de verschillende ons bekende maanphasen boven denzelfden horizon kunnen staan of verduisterd kunnen worden!

De grootste dezer satellieten, de zesde van de planeet af gerekend, is, even als de ring, door HUYGENS ontdekt, en dan ook door een kijker, dien wij tegenwoordig van middelmatig vermogen zouden noemen, reeds te onderscheiden. De overige, en vooral de naastbij de planeet staande, ziet men eerst door de beste kijkers van den tegenwoordigen tijd. Van die eerstgenoemde is de middellijn gemeten en bevonden niet minder te bedragen dan een zestiende deel van die der planeet zelve. Is deze meting juist, dan hebben wij hier te doen met een maan, wier middellijn meer dan de helft van die onzer aarde is. De banen dezer manen vallen allen in het vlak van den ring; brengt men ze allen in dat vlak over, dan geeft fig. 19 eene voorstelling van de verhouding hunner afstanden tot het hoofdlichaam. De naastbijstaande volbrengt haren loop om de planeet in ruim  $22\frac{1}{2}$  uur, de verst afstaande in  $79\frac{1}{3}$  dag, zoodat die eerstgenoemde in minder dan een van onze dagen alle phasen, van nieuwe maan tot nieuwe maan, doorloopt. Bij een zoo snel wassen en afnemen eener maan moet men de aanwas van het licht en van de schaduw met het bloote oog kunnen volgen. Van de baan der verst afgelegene bedraagt de straal bijna vier millioen kilometers, zoodat de uitgebreidheid van het stelsel van *Saturnus* een middellijn van niet minder dan acht millioen kilometers heeft. De afstand van de maan tot de aarde is nog geen tiende gedeelte van dien, waarop *Saturnus* van zijn buitenste maan is verwijderd. Ten slotte willen wij hier nog opmerken, dat de ring van *Saturnus* in ongeveer denzelfden tijd, in 14 uren 12 min., om zijnen as wentelt, als waarin een maan haar omloopstijd zou volbrengen, die op den afstand van den ring van *Saturnus* zou zijn verwijderd.

Wenden wij thans ten laatste den blik naar het weinige, dat wij



met zekerheid omtrent *Saturnus'* physischen toestand weten, dan treft ons in de eerste plaats de geringe dichtheid van de stof, waaruit die planeet is samengesteld. Bedroeg die gemiddelde dichtheid bij *Jupiter* nog 1,32 van die van het water, bij *Saturnus* vinden wij haar tot op ongeveer de helft, 0,64 van die van het water, verminderd. Indien dus deze planeet uit een vaste stof bestaat, zal zij op water kunnen drijven. Maar even moeielijk als het is met eenige waarschijnlijkheid eene onderstelling te maken aangaande den aggregatietoestand van de eerstgenoemde planeet, even moeielijk gaat dit voor *Saturnus*. Door PROCTOR zijn in den laatsten tijd eenige waarnemingen aangevoerd als argumenten voor de meening dat ook deze planeet nog in roodgloeienden toestand zou verkeeren. Dat de planeet in een omhulsel van dichte dampen is gewikkeld, daarvoor spreken de talrijke strepen, die men duidelijk over de gansche oppervlakte van de schijf evenwijdig aan den evenaar ziet loopen. En het is om den nog grooteren afstand van de zon hier nog moeielijker dan bij *Jupiter* aan te nemen, dat deze het zijn zou wier warmte zoo groote massa's damp houdt opgeheven. Hier staat echter tegenover dat, terwijl de gordel langs den evenaar glinsterend wit is, de polen der planeet daarentegen eene blauwachtige kleur hebben, en dat, even als wij dit bij *Mars* opmerkten, de poolstreek, voor wie het juist winter is, altijd veel helderder licht terugkaatst dan die welke zomer heeft. Dat er dus aanmerkelijke temperatuurveranderingen in den dampkring van *Saturnus* plaats grijpen, dat er, van een aardsch standpunt gesproken, op de oppervlakte dier planeet vorming en smelting van ijs plaats heeft, schijnt door deze waarnemingen zoo goed als vastgesteld te zijn, maar laat zich weinig rijmen met eene hypothese als de door PROCTOR op den voorgrond gestelde. Daarbij komt nog dat bij den overgang van een der manen over de schijf der planeet, door CHACORNAC den 1<sup>en</sup> Mei 1872 waargenomen, van welk belangrijk verschijnsel wij hier (fig. 20) een getrouwe afbeelding geven, van het eerste oogenblik af aan de schaduw duidelijk zichtbaar was, terwijl daarentegen de aan onze zijde verlichte satelliet zelf zich eerst vertoonde, toen hij een derde van den straal der planeet op de schijf was gevorderd en even spoedig voor het einde van den overgang weder verdween. Deze omstandigheid, die juist het omgekeerde is van hetgeen wij bij *Jupiter* opmerkten

pleit er voor, dat de randen van de schijf van *Saturnus* meer lichtgevend zijn dan de naderbij het middelpunt gelegen streken, en schijnt de onderstelling te begunstigen, dat deze planeet een dampkring heeft, wiens aard meer overeenkomst met dien van *Mars* dan met dien van *Jupiler*.

Ook de spektroskoop verraadt de aanwezigheid van een dichten dampkring rondom de planeet door de sterkere absorbtie-strepen, die in het kleurenbeeld van het door hare teruggekaatste zonlicht

Fig. 20.



voorkomen en dit gansche beeld zeer zwak van licht doen zijn. Daar die strepen grootendeels samenvallen met de strepen, die in het spectrum van het zonnelicht op aarde aan de absorbtie door waterdamp moeten toegeschreven worden en deze slechts versterken, worden wij ook langs dezen weg gewezen op de aanwezigheid van water op die verwijderde planeet. Evenwel komen er in het genoemde kleurenbeeld ook eenige strepen voor, die niet met strepen in het zonnespectrum, zooals dit op aarde wordt gezien, overeenkomen.

Onder de groote planeten is *Uranus*, tot wier behandeling wij van de zon uitgaande thans zijn genaderd, een der jongste te noemen; ten minste wanneer wij den ouderdom eener planeet rekenen van den tijd af aan waarop zij voor ons aardbewoners om zoo te zeggen geboren werd. Hare ontdekking toch dagteekent eerst van het jaar 1781. In Maart van dat jaar zag WILLIAM HERSCHEL,

een toen nog onbekend sterrekundige, met zijne door hem zelve vervaardigden zeven-voetsteleskoop tusschen de sterrebeelden van *den Stier* en *de Tweelingen* een hemellichaam, dat zich daarin voordeed als een schijfje. Onderscheidde het zich door deze bijzondere gedaante reeds dadelijk van de vaste sterren, nog duidelijker kwam zijn bijzondere aard uit, toen door voortgezette waarneming bleek, dat dit lichaam ook eene eigen beweging had aan den hemel. HERSCHEL, in dit opzicht zeker de zonderlinge denkbeelden zijner eeuw deelende, volgens welke het getal der sedert de grijze oudheid bekende planeten een bepaald aantal niet kon te boven gaan, meende een komeet ontdekt te hebben zonder staart, een komeet, die, behalve door de afwezigheid van dat kenmerkend aanhangsel, zich ook door haren tragen loop langs den hemel van hare behaarde <sup>1</sup> zusters zich onderscheidde. En een komeet is zij in de meening van allen gebleven, ook nog nadat LEXELL door berekening uit de waargenomen plaatsen een baan had afgeleid, die ongeveer cirkelvormig was en een afstand van de zon had ongeveer *negentien* maal zoo groot als die der aarde. Toen eindelijk, ongeveer een jaar na de ontdekking, de *Académie* te *Parijs* het nieuw ontdekte hemellichaam een planeet noemde, werden ook de meest twijfelmoedigen tot dit geloof bekeerd, en sedert dien tijd kennen wij in *Uranus* de tweede van de groote tot ons zonnestelsel behorende planeten, of liever, nog niet onder dien naam. Het zeldzame geval, dat men zulk een nakomeling had te doopen, heeft heel wat moeite veroorzaakt aan de sterrekundigen dier dagen. De Franschen noemden haar langen tijd *Herschel*, de Engelschen *Georgium Sidus*, maar de Duitschers die, met den grooten BODE aan het hoofd, den naam *Uranus* voorstelden, vonden algemeen bijval, zoodat langzamerhand eerst de Franschen, langen tijd daarna de Engelschen, met den stroom moesten medegaan en *Uranus* de eenige naam is, waaronder sedert ongeveer 30 jaren de nieuwe planeet bekend is. Eerst in 1847 toch gaf de Engelsche regeering, in het sterrekundig jaarboek, dat door haar zorg jaarlijks wordt uitgegeven, den naam *Georgium Sidus* op. Daar schulde eenige nationale ijdelheid onder dit vasthouden. *Ster van George*, dat is van GEORGE III, koning van Engeland tijdens HERSCHEL's ontdekking, was de naam

<sup>1</sup> Het woord komeet (*cometa*) is afgeleid van het Latijnsche woord *coma* = hoofdhaar.  
v. D. V. II.

door deze zelf aan de nieuwe planeet gegeven, en herinnerde aan de groote weldaden hem door dien koning bewezen. Inderdaad, HERSCHEL was tijdens zijne ontdekking een eenvoudig organist te *Bath*, die veel voorliefde had voor wis- en sterrekunde en deze wetenschappen in zijn ledige uren beoefende; de teleskoop waarmede hij *Uranus* het eerst zag, was door hem zelf vervaardigd. Toen echter GEORGE van de ontdekking hoorde, bood hij den ontdekker allen steun aan dien hij bij zijne verdere onderzoekingen zou behoeven, en daarenboven een jaargeld, dat hem in staat stelde zich voortaan onverdeeld aan de beoefening der sterrekunde te wijden. HERSCHEL, de vader de nieuwere sterrekunde, was, om met onzen KAISER te spreken, "bestemd om den menschelijken geest tot ver buiten de grenzen van het zonnestelsel op te voeren, en dien eenen zetel te bereiden te midden van duizende nieuwe werelden en wonderen in de hoogere streken van den hemel, die voor het brein der stervelingen steeds ontoegankelijk waren toegeschenen." En dat hij deze bestemming bereikte dankt de wetenschap aan GEORGE in de tweede, aan de toevallige ontdekking eener planeet in de eerste plaats. Had de ontdekking van *Uranus* voor de wetenschap niets meer opgeleverd, dan dat zij HERSCHEL had gemaakt tot wat hij geworden is, dan nog zou die ontdekking voor haar een der meest gewichtige gebeurtenissen van het einde der vorige eeuw geweest zijn.

Toch heeft zij nog oneindig meer opgeleverd. In de eerste plaats eene grondige beoefening van de wijze, waarop de planeten elkan- der wederkeerig in haren loop storen. Dat deze storingen moesten plaats hebben, werd algemeen erkend, sedert de wetten der algemeene aantrekkingskracht door NEWTON ontdekt waren. Toch achtte men dien storenden invloed gering, daar hare uitwerking verborgen bleef onder de fouten der waarneming. Zoo leverden bijv. de waarnemingen in de tijden, die de ontdekking van *Ura- nus* voorafgingen, niet zoo nauwkeurige resultaten, dat men uit den loop van *Saturnus* en *Jupiter* den invloed van een onbekende planeet zou hebben kunnen opsporen, wier loopbaan die der beide genoemde planeten insloot. Eerst toen na herhaald pogen de loop van *Uranus* zich niet wilde regelen naar eenige banen, die men voor haar had berekend, en ook de vele waarnemingen van vroegere dagen <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Na de ontdekking van *Uranus* als planeet bleek het, dat men haar te voren reeds

in geen dier banen volkomen pasten, begreep men, dat de invloed der beide zoo even genoemde groote planeten bij de beschouwing van dien loop niet buiten rekening mocht worden gelaten. En toen ook na alle vruchteloze, langer dan een eeuw voortgezette inspanning van vernuften als dat van LAPLACE geene tafels voor den op- en ondergang van *Uranus* waren te berekenen, waarnaar die planeet gedurende langen tijd zich verkoos te gedragen; toen de theorie zeide haar laatste woord te hebben gesproken en de waarneming haar steeds in het ongelijk bleef stellen, vestigde zich het vermoeden, dat nog andere lichamen tot het stelsel moesten behooren, wier afstand tot de zon dien van *Uranus* overtrof. En de theorie, van deze onderstelling uitgaande, ontdekte *Neptunus*; de rollen omkeerende, stelde zij het de waarneming tot taak hare ontdekking in de diepten van het heelal op te sporen. Doch hierop komen wij zoo aanstonds uitvoeriger terug.

Wie zich herinnert dat de aantrekking, door de verschillende lichamen op elkander uitgeoefend, evenredig is aan de hoeveelheid stofs, aan de massa dier lichamen, die zal ook begrijpen, dat bij het berekenen van de boven vermelde storingen, bekendheid met de massa van *Uranus* onmisbaar was. En deze kan, zoolang de storingen onbekend zijn, alleen worden bepaald naar aanleiding van de snelheid, waarmede de op bekende afstanden van haar verwijderde manen haren loop om de planeet volbrengen. De eerste vraag, die te beantwoorden viel, was dus of *Uranus* door een of meer satellieten omringd werd. HERSCHEL beantwoordde deze vraag in bevestigenden zin; met behulp van zijnen twintig-voets teleskoop ontdekte hij in 1787 in de onmiddellijke nabijheid der planeet twee kleine sterren, aangaande welke het bij voortgezette waarneming bleek, dat zij niet anders dan de gezochte wachters zijn konden, en wel, naar hetgeen wij thans weten, van de planeet af gerekend de tweede en de vierde. In den loop van het volgende zevental jaren ontdekte hij er nog vier; maar haar licht was zóó zwak, dat het, tenzij in de gunstigste omstandigheden, zelfs door het evenzoo zwakke licht van de planeet volkomen overstraald werd. Aan alle betrouwbare metin-

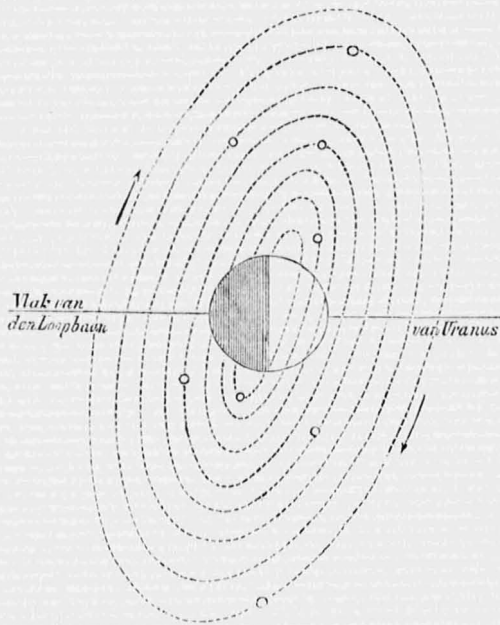
---

minstens *twintig* maal geobserveerd en evenzoo vele malen hare plaats aan den hemel bepaald had, zonder echter haar eigenaardig karakter te herkennen.

gen onttrekken zij zich op deze wijze geheel; ja, zelfs kon alleen hij, die over hulpmiddelen als die van HERSCHEL beschikte, zich het genoeg van haar te zien verschaffen. Men begon dan ook reeds vrij algemeen aan het werkelijk bestaan der manen te twijfelen, toen in 1828 de jongere HERSCHEL de twee in 1787 door zijn vader het eerst ontdekte terugvond. Sedert zijn de hulpmiddelen zoo verbeterd, dat in 1847 door LASSELL bij Liverpool en door STRUVE op de Pulkowa bij Petersburg, op datzelfde tweetal genoegzaam betrouwbare metingen zijn uitgevoerd, om met haar tot eene voldoende kennis van de massa der planeet te kunnen geraken.

Wat het aantal der wachters betreft, hebben wij slechts omtrent het werkelijk bestaan van vier hunner voldoende zekerheid. Wat

Fig. 21.



verder deze lichamen bijzonder opmerkelijk maakt, zijn de groote hoeken, die de vlakken harer loopbanen met die van de planeet maken; fig. 21 geeft van de ligging dier vlakken een voorstelling. Vallen deze vlakken ongeveer samen met die van den evenaar der planeet, dan ligt de omwentelings-as van deze bijna in het vlak van hare loopbaan; maar zoowel omtrent den stand dezer as als omtrent den duur der omwenteling kunnen wij

langs den gewonen weg niets ervaren, omdat de groote afstand niet toelaat bijzondere punten op hare oppervlakte waar te nemen en te volgen. Zeer buitengewoon, in dit opzicht een uitzondering makende op hetgeen wij van alle andere lichamen in het planetenstelsel weten, is de omstandigheid, dat minstens twee der wachters een teruggaande be-

weging hebben, dat wil zeggen, dat zij, uit de planeet gezien, zich bewegen van de linker- naar de rechterhand. Zij alleen maken daardoor inbreuk op de kracht der hypothese, die wij in eene vorige serie dezer opstellen als de nevelhypothese van LAPLACE leerden kennen.

*Uranus* loopt in ruim 84 jaren om de zon en is dus op eenen ongeveer negentienmaal grooteren afstand van haar verwijderd, waaruit verder volgt, dat dit hemellicht, uit die planeet gezien, slechts eene ongeveer 360 maal zoo kleine oppervlakte heeft als voor ons. Reeds boven zeiden wij, dat bijzonderheden op hare oppervlakte niet zijn te onderscheiden. De stand van de omwentelings-as is ons dan ook alleen bekend uit de groote veranderingen in de gedaante der planeet. De verschillende metingen der middellijn, — die ten laatste tot eene gemiddelde lengte hebben geleid 4,8 maal zoo groot als die der aarde — leverden aanvankelijk zoo uiteenlopende uitkomsten, dat men de verschillen onmogelijk aan fouten in de waarneming kon toeschrijven, tot ARAGO op het denkbeeld kwam, dat zij gereedelijk verklaard konden worden uit de onderstelling, dat *Uranus* eene zeer afgeplatte planeet is, wier omwentelingsas bijna in het vlak van hare baan ligt en dus ook met dat waarin de aardbaan ligt slechts een kleinen hoek maakt. En inderdaad, wanneer een sterk afgeplatte bol met de omwentelings-as ligt in een vlak, waarin zich, rondom hem, ons oog beweegt, dan zullen bij die beweging de afmetingen van dien bol aan gestadige veranderingen onderhevig zijn. Latere waarnemingen bevestigden deze hypothese, die ons doet besluiten, dat voor alle plaatsen op de oppervlakte dezer planeet, zelfs ook voor ieder van hare polen, de zon bijna in het toppunt kan komen. Inderdaad zal dit voor iedere pool het geval zijn op die 84 jaren van elkan- der verwijderde tijdstippen, waarop zij, bij de aan zich zelf evenwijdige beweging der as, naar de zon zal zijn toegekeerd.

Wat de boven reeds besproken massa van *Uranus* aangaat, deze is met betrekking tot den omvang dier planeet zeer gering; de gemiddelde dichtheid bedraagt, die van water 1 gesteld zijnde, slechts 0,84. Vinden wij reeds hierin een bewijs, dat de physische toestand van deze planeet, even als die van *Jupiter* en *Saturnus*, geheel en al verschilt van dien der met de aarde overeenkomende nabij de zon geplaatste planeten, — nog sterker komt dit uit als men in rekening brengt wat de spektroskoop heeft doen zien.

Even als *Saturnus*, moet de planeet een dampkring bezitten, die een sterk absorbeërend vermogen op het zonnelicht uitoefent. Volgens HUGGINS en VOGEL toch vertoonen zich in het spectrum van het door *Uranus* uitgestraalde licht zes breede banden, die op het eerste gezicht schijnen overeen te komen met de heldere strepen in het spectrum van gloeiende dampkringslucht, maar waaromtrent het bij nauwkeurige vergelijking blijkt, dat zij iets minder breekbaar zijn dan deze. Ook kunnen zij niet geacht worden van gelijken oorsprong te zijn als de zoogenoemde atmosferische strepen in het zonnenspectrum. De meest breekbare dezer banden, in het blauwgroen gelegen, valt, volgens beide waarnemers, samen met de streep F van FRAUNHOFER, dat is met de heldere waterstofstreep H $\beta$ . Toch is deze streep geen eigentlijke Fraunhofersche, zooals die in het spectrum van het door een planeet teruggekaatst zonnelicht moet voorkomen; want het licht van *Uranus* is zóó zwak, de spleet van den spektroskoop moet dus zóó wijd zijn, dat deze strepen zich in het spectrum niet kunnen vertoonen. Wat wij dus bij de beschouwing van *Jupiter* en ook bij die van *Saturnus* slechts uit meer verwijderde gronden hebben kunnen afleiden, blijkt hier met groote waarschijnlijkheid; dit namelijk, dat *Uranus*, die ons nog ander licht toezendt dan teruggekaatst zonnelicht, zelf nog eenigermate lichtgevend en dus nog niet zoover afgekoeld is, als wij weten dat met onze aarde, met de binnenplaneten en met *Mars* het geval is.

Nog minder dan het zeer weinige, dat wij omtrent den physischen toestand der drie laatstgenoemde groote planeten konden mededeelen, is ons bekend van *Neptunus*, de planeet, wier baan, voor zoover wij weten ten minste, de grens is van ons zonnestelsel. Zelfs de gemiddelde dichtheid van de stof, waaruit zij is samengesteld, laat zich niet met zekerheid noemen. Is het zeker, dat hare middellijn het zesvoud van die der aarde en hare massa kleiner dan een veertienduizendste en grooter dan een een-en-twintig-duizendste deel van die der zon is, dan moet die dichtheid al zeer gering zijn. Uit de grootte dier middellijn toch zou, als beider dichtheid gelijk was, voortvloeien, dat de massa der zon slechts het 5832voud van die



van *Neptunus* zou wezen; is echter die massa ruim driemaal zoo klein, dan zal ook de dichtheid der planeet slechts een derde van die der zon (1,46) en dus nog minder dan de helft van die van zuiver water zijn.

De zeegroene kleur van het licht van *Neptunus* doet reeds dadelijk vermoeden, dat van het witte zonnelicht bij de terugkaatsing aan hare oppervlakte reeds een groot aantal stralen van bepaalde breekbaarheid verloren gaat; en ook het spectrum toont dit aan, daar het een donkere streep in het geel en twee donkere banden in het blauw vertoont. Niettegenstaande deze aanzienlijke absorbtie, en niettegenstaande de groote afstand, waarop deze planeet van ons verwijderd is — ongeveer dertigmaal zoo ver als de aarde van de zon — heeft het licht der planeet eene groote helderheid; alle zoovele feiten, die ons met recht doen vermoeden, dat ook zij eigen licht uitstraalt.

Omtrent den stand van de as, den omwentelingsduur en de afplatting van *Neptunus* is niets met zekerheid bekend: alleen weet men dat zij door één wachter vergezeld wordt, die in 5.887 dag haren omloop volbrengt. Is dus hetgeen wij omtrent haar kunnen mededeelen weinig belangrijk, de geschiedenis harer ontdekking is een van de meest treffende episoden uit die der nieuwere sterrekunde; treffend genoeg om aan haar ten slotte eenige regelen te wijden.

Zooals wij reeds bij de bespreking van *Uranus* opmerkten, deed de loop dezer planeet vermoeden, dat nog buiten hare loopbaan die van eene groote planeet lag, die haar aanzienlijk stoorde. Toch komt men tot dit besluit niet zoo ras als de weinige woorden zouden doen vermoeden, waarmede wij dit feit daar vermelden. BOUVARD had in 1821 een tafel berekend, die de gegevens bevatte, waardoor men in den loop der volgende jaren telkens de plaats van de planeet aan den hemel zou kunnen vinden. Deze tafels waren met groote zorgvuldigheid bewerkt; de storende invloed, door *Jupiter* en *Saturnus* uitgeoefend, was daarin, doordien men de massa's der beide planeten toen beter kende dan vroeger, met grooter nauwkeurigheid in rekening gebracht; het aantal waarnemingen, waarop BOUVARD de berekeningen grondde, was veel talrijker; de aard dezer waarnemingen veel meer betrouwbaar dan die, waarvan zijn voorgangers hadden kunnen gebruik maken. En niettegenstaande dit alles wilden, als men achteruit rekende, het twintigtal oude waarnemingen

in de berekende loopbaan volstrekt niet passen. BOUVARD was geneigd, deze omstandigheid toe te schrijven aan de onnauwkeurigheid dier waarnemingen.

Maar ziet, langzamerhand deden ook de nieuwe waarnemingen de planeet zien aan plaatsen van den hemel, die veel verschilden van die, waar zij volgens BOUVARD'S tafels moest gezien worden; in 1832 bedroeg deze afwijking eene halve minuut, een fout, die in de oogen van gewone stervelingen zeker niet groot schijnt, maar den sterrekundigen groot genoeg is om hen met onverpoosde vlijt hare oorzaak te doen opsporen. En in 1844 was men vrij algemeen zoo ver gekomen, dat men de onbekende storing toeschreef aan een nog onbekend lichaam, wiens loopkring dien van *Uranus* insloot en dat meer door zijne voortdurende werking dan door zijne groote kracht deze planeet van den weg deed afwijken, dien zij, alle andere omstandigheden in aanmerking genomen, zou moeten volgen.

Eindelijk kwam bij de *Académie des Sciences* eene verhandeling in van een wel nog jong, maar toch reeds, om zijne diepgaande beschouwingen betreffende den loop der planeten, beroemd wiskundige LEVERRIER. Zij bevatte het eerste gedeelte van zijne onderzoekingen aangaande *Uranus*, onderzoekingen door hem op aanraden van ARAGO, den toenmaligen directeur van de Parijsche sterrewacht, ondernomen en waarin voornamelijk de invloed van *Jupiter* en *Saturnus* op deze planeet op nieuw was aangegeven. Uit dezen arbeid bleek dat er groote fouten bestonden in de tafelen van BOUVARD, maar tevens dat de afwijking tusschen de ware en de door BOUVARD vooruit berekende plaatsen van *Uranus* in 1846 reeds tot het viervoud van het bedrag dier fouten was geklommen. Het bleek dus ook weer, dat indien LEVERRIER'S arbeid juist was, er een nog onbekende oorzaak van storing moest bestaan. In een tweede verhandeling, den 1<sup>en</sup> Juni 1846 bij hetzelfde wetenschappelijk lichaam ingezonden, ging LEVERRIER reeds een stap verder. Hij toonde daarin aan, dat, echter met een waarschijnlijke onzekerheid van tien graden omtrent de juiste plaats, de nog onbekende planeet zich in het begin van 1847 zou moeten bevinden in het uiteinde van het sterrebeeld *de Waterman*, en in een drie maanden later openbaar gemaakte verhandeling bepaalde hij de waarschijnlijke plaats nog nauwkeuriger. Niet lang duurde het, of de tot nog toe slechts theoretisch bestaande vertoonde zich

ook aan de oogen der stervelingen. LEVERRIER schreef aan GALLE te Berlijn over zijne vermeende ontdekking, verzocht hem dringend die met de uitstekende hem ten dienst staande hulpmiddelen een plaats te verzekeren in het rijk der feiten, en op denzelfden avond, waarop de brief van LEVERRIER te Berlijn werd ontvangen — 23 September 1847 — vond GALLE de planeet op eene plaats aan den hemel veel minder afwijkende van de door LEVERRIER berekende, dan deze zelf naar zijne berekening voor mogelijk had gehouden.

Zoo onderscheidde zich dan de ontdekking van *Neptunus* van alle andere ontdekkingen van planeten en kometen hierdoor, dat zij niet of aan het bloote toeval, of hoogstens aan de volharding van hen was te danken, die, jaar in jaar uit, den hemel doorzoeken in alle streken waar men zulke hemellichten verwachten kan. Welke groote verdienste men ook aan hem moge toekennen, wien het gelukte het raadselachtig schrift te ontcijferen, waarin *Uranus* aan den hemel getuigenis aflegde van de aanwezigheid van nog een lichaam meer in het zonnestelsel, op de schouders van zijne voorgangers stond LEVERRIER. Zijne ontdekking is meer eene van de wetenschap dan van hem zelf; en dit is zoo waar, dat, langs geheel anderen en zelfs korteren weg dan door hem, dezelfde ontdekking werd gedaan door een jong Engelsch wiskundige ADAMS. Reeds in de maand October van het jaar 1845 werd door deze eene schriftelijke mededeeling aan AIRY gezonden, waarin de plaats, de massa en de loopbaan was bepaald van de planeet buiten *Uranus*, die deze in haren loop stoorde, en het is deels te wijten aan zeer toevallige omstandigheden, als het dikwijls van huis zijn en de talrijke bezigheden van AIRY, deels aan het, waar het vermeende groote wetenschappelijke ontdekkingen betreft, niet onprijzenswaardige wantrouwen van deze, deels ook aan den echt wetenschappelijken zin van ADAMS, die voor zich weinig van zijne ontdekking scheen te begeeren, dat zijn arbeid niet eerder dan die van LEVERRIER den volke werd verkondigd, dat hij niet de eer der ontdekking wegdroeg.

Inderdaad, *Neptunus*, aan de hemeltransen schitterende, staat daar voor alle volgende geslachten als een monument door de wetenschap voor zich aan het einde van de eerste helft der negentiende eeuw opgericht. Van de verhevenheid van den menschelijken geest is de geschiedenis van hare ontdekking eene der heerlijkste bewijzen. Helaas,

dat wij er moeten bijvoegen, dat in diezelfde geschiedenis eene bladzijde voorkomt die een getuigenis aflegt minder loffelijk voor den mensch *in zijn geheel*. Het is de bladzijde, die verhaalt hoe de planeet aan haren naam is gekomen; voor wie haar heeft gelezen, is *Neptunus'* naam een blijvend getuigenis van de zedelijke geringheid, waartoe ijdelheid zelfs hen kan brengen, wier vernuft hen plaatste aan de spits der menschheid. Och, dat de nieuwe planeet niet gedurende eenigen tijd LEVERRIER hadde geheten! <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> In de uitgave van KAISER'S *Verklaring van den Sterrenhemel*, die in 1847 werd bezorgd, vindt men de planeet nog door den naam LEVERRIER aangeduid.

## DE MAAN.

---

Na de zon, wier licht en warmte van alle leven en beweging op aarde de oorzaak is, kan geen hemellichaam voor ons aardbewoners van grooter gewicht worden geacht dan de maan, die als een trouwe wachter de aarde op haren loop om de zon vergezelt. Geen wonder dat zij bij onze eerste voorouders in hooge eere stond, dat zij met dankbaren eerbied opzagen tot haar, die hen in staat stelde ook gedurende een deel der lange winternachten in hun levensonderhoud te voorzien. Wij kinderen der negentiende eeuw kennen haar van deze zoo niet prozaische dan toch zeker zeer realistische zijde nauw meer; in de levensperiode waarin wij BELLAMY'S

“Schoone maan, zeg, ziet gij heden”

van buiten kennen, mogen wij haar, als zij het hoorde zeker tot vervelens toe, deelgenooten maken van onze hartsgeheimen, mogen wij, iets meer praktisch, bij haar zacht schijnsel die geheimen daar uitstorten, waar ze wel gehoord worden en nooit vervelen . . . . . “die vreugd loopt spoedig af.” Op lateren leeftijd vinden wij den manschijn juist goed genoeg om met onze wederhelft van een nutslezing in een oliewagentje naar huis te rijden. Trouwens, ik geloof dat onze eerste voorvaderen ook wel van het zachte maanlicht voor dit doel — ik meen het minnekozen, niet het in oliewagentjes rijden — zullen hebben gebruik gemaakt. Zelfs meer misschien dan hunne thans levende naneven, wier steeds toenemende praktische zin de vrees niet geheel buitensluit, dat te eeniger tijd wel eens de lieve maan

geen andere minneklachten kon hebben te verhooren dan die uit de goten der daken in 't middernachtelijk uur tot haar worden opgezonden.

Maar hoe dit zij, om te jagen en te visschen maakten zij ongetwijfeld van het maanlicht meer gebruik dan wij; ja, als wij er eenigszins dieper over nadenken, dan komen wij tot het besluit, dat zonder dit licht het blijven voortbestaan van het menschenras in noordelijk gelegen streken in de eerste kindschheid van ons geslacht eene onmogelijkheid zou zijn geweest, dat het dit nog zou zijn voor alle noordelijk wonende volksstammen, die thans nog in den toestand dier kindschheid verkeerden. Wat toch zou er gedurende den langen winter, als dagelijks slechts eenige weinige uren het zonlicht deze streken bestraalt, van die kinderen der natuur zijn geworden? van hen die niet zaaiden en niet plantten, die met de hen ten dienste staande onvolkomen werktuigen in die weinige uren eene prooi hadden te vermeesteren, voldoende om zich en de hunnen voor den hongerdood te vrijwaren, en dat in een jaargetijde, waarin die onherbergzame streken door tal van vogelen zijn verlaten en een ijskorst de wateren bedekt? Zij zouden door gebrek aan voedsel zijn omgekomen, ware niet de trouwe gezellin der aarde voor hen een spiegel geweest, die het door haar ontvangen zonlicht naar hunne woonplaats terugkaatste. En de ligging van het vlak, waarin de maan hare wenteling om de aarde volbrengt, maakt dat zij juist, als een halfmond der aarde winter heeft, gedurende den langsten tijd daar boven den horizon blijft en het hoogst komt te staan aan den hemel. Dit vlak toch valt met dat van de loopbaan der aarde ongeveer samen, het maakt daarmede slechts een hoek van ruim 5 graden. Als dus, bijvoorbeeld, de maan vol is, dan leggen de middelpunten der drie lichamen, zon, aarde en maan, ongeveer in eene rechte lijn, de aarde in het midden. Staat dus, zooals in het midden van den zomer, de zon des middernachts voor ons ongeveer 15 graden beneden de noorderkim, dan zal ter zelfder tijd de volle maan slechts hoogstens 20 en minstens 10 graden boven de zuiderkim kunnen staan; de maan zal dan tevens slechts weinig oostelijk van het zuiden op- en weinig westelijk van het zuiden ondergaan en zodoende boven onzen horizon een zeer kleinen boog aan den hemel beschrijven, dat wil zeggen, zeer kort op blijven. Gansch anders in den winter. Dan staat des middernachts de zon ongeveer 61 graden beneden de noorder-, de

volle maan hoogstens 66 en minstens 56 graden boven de zuiderkim. En behalve dat zij zoo hoog aan den hemel staat zal zij dan in het noordoosten op- en in het noordwesten ondergaan, en zelfs voor ons nog langer boven den horizon kunnen blijven dan de zon op een langen zomerschen dag. Deze voor de bewoners van op hooge breedte gelegen streken gunstige omstandigheid is alleen daarvan het gevolg, dat van de aarde en de maan beide de loopbanen ongeveer in hetzelfde vak liggen; maakten beide vakken met elkander een grooteren hoek, dan zou het al zeer toevallig zijn wanneer tijdens de volle maan die drie lichamen haast op ééne rechte lijn stonden; dit geval zou zich ongeveer even zeldzaam voordoen als tegenwoordig een maansverduistering.

Om dit in te zien, en ook om eene regelmatige behandeling van ons onderwerp in te leiden, zullen wij den loop van de maan om de aarde van naderbij beschouwen. Die loop geschiedt, even als die van elke planeet, om de zon, in een ellipsvormige baan, wier uitmiddelpuntigheid echter betrekkelijk nog kleiner is dan die van de aardbaan; dat wil zeggen, die nog minder dan deze van een cirkel verschilt. Dat in deze baan de maan zich, uit de aarde gezien, van de rechter- naar de linkerhand beweegt is een feit, dat onmiddellijk door de waarneming wordt geleerd.

Want wat leert deze? Als men kort na nieuwe maan des avonds, als de zon zoeven is ondergegaan, den blik slaat naar den westelijken hemel, dan staat daar reeds eenige graden boven den horizon de sikkkel der nieuwe maan, wier bolle zijde juist gekeerd is naar de plaats die op dat oogenblik onder den horizon de zon inneemt. Een paar dagen later, op hetzelfde uur, vindt men haar reeds vele graden hooger aan den hemel; ook is de smalle lightsikkkel nu veel breeder geworden, de maan is sterk gewassen. Ongeveer een week na de eerste waarneming heeft, als de zon ondergaat, de maan zich reeds negentig graden van de zon verwijderd; zij staat nu bij zonsondergang in den meridiaan, terwijl juist de helft van hare schijf, die naar de zon is gekeerd, geheel verlicht is. Het is *eerste kwartier*. Wederom een week ongeveer later is de afstand van negentig graden tot een van honderdtachtig graden aangegroeid; dat wil zeggen zon, aarde en maan staan nu ongeveer in een rechte lijn, en de laatste gaat in het zuiden door den meridiaan juist op hetzelfde oogenblik dat de eerste,

natuurlijk onder de noorderkim, deze lijn passeert. De nu *volle maan* keert de gansch verlichte helft van haar bolvormig oppervlak naar ons toe, wiens projectie op ons netvlies een cirkel is. Van nu af aan verwijderd de maan zich meer en meer van den oostelijken rand der zon en wordt dus haar afstand van den westelijken rand minder dan een halve cirkel. Hierbij neemt het voor ons zichtbare deel van hare verlichte helft aan de westzijde meer en meer af, zoodat ongeveer een week na volle maan, dat is in het *laatste kwartier*, de westelijke helft van de schijf reeds weder geheel donker is. De maan staat, nu in de richting van den zonnegweg gerekend, slechts negentig graden van den westelijken zonnerand verwijderd, en terwijl deze afstand voortdurend afneemt, heeft zij na weinige dagen de zon reeds bijna weder ingehaald en kan men des morgens kort voor zonsopgang haren sikkel, met de hoornen naar het westen gekeerd, boven de oosterkim zien staan. Het zal dan kort meer duren of het is *nieuwe maan*, dat wil zeggen, de maan zal voor ons geheel onzichtbaar worden, zoowel omdat hare donkere helft naar ons is gewend, als omdat zij tegelijk met de zon aan den hemel staat en het "tel brille au second rang, qui s' éclipse au premier", op haar geheel van toepassing is.

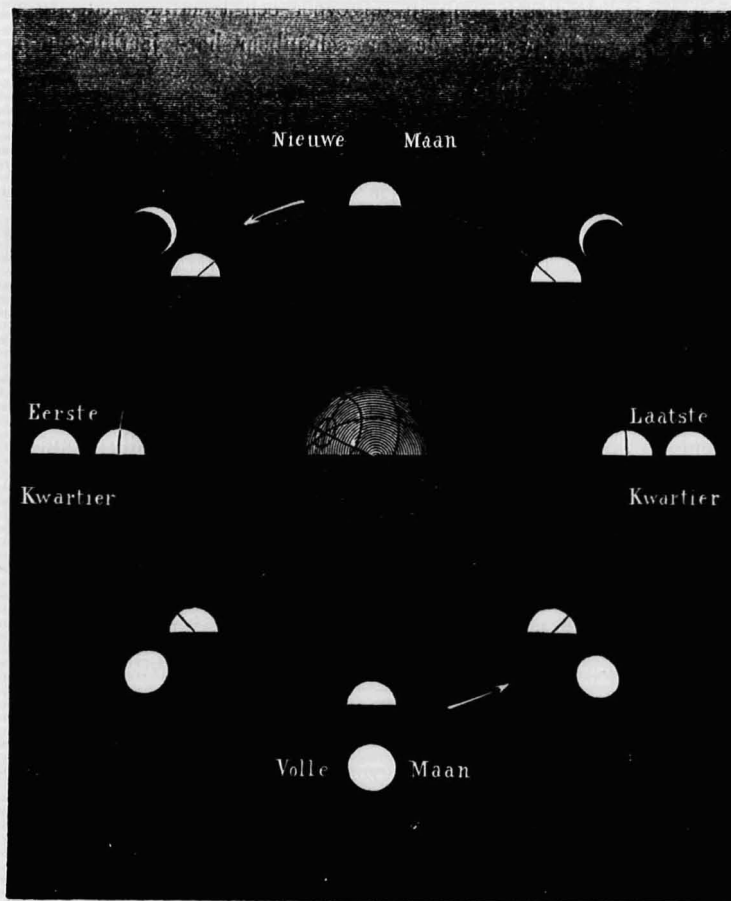
Tegen dit laatste zal wellicht menig lezer inbrengen dat hij toch dikwijls tusschen volle maan en laatste kwartier in den voormiddag en tusschen eerste kwartier en volle maan in den namiddag, vooral des winters, de maan te gelijk met de zon aan den hemel heeft gezien. Zij deed zich dan voor in een wit licht, dat duidelijk bij de blauwe lucht afstak. Inderdaad is dit zoo, en moeten wij dan ook in zooverre de toepassing van het spreekwoord beperken, dat, bij een grooten afstand tusschen beide hemellichamen, het zonnelicht, of liever het diffuuse licht der atmosfeer, in die hemelstreken dat der maan niet geheel overschijnt.

Een ander evenzoo bekend verschijnsel is dit, dat soms zeer kort na of voor nieuwe maan haar dunne lightsikkel een bol van kleineren straal schijnt in te sluiten, die een koperkleurig licht uitstraalt. Het licht, waarin zich alsdan dat deel der maan aan ons ver- toont, is licht dat zij van de aarde ontvangt. Wij moeten toch niet vergeten dat als het voor ons haast *nieuwe maan* is de maan- bewoners om zoo te zeggen haast *volle aarde* hebben; m. a. w. dat als de maan haar donkere helft naar ons toekeert, het juist dag is



op aarde aan de zijde, die naar haar is toegewend. Het is dus dubbel teruggekaatst licht, licht dat de aarde van de zon ontving, dat door deze naar de maan en van daar weder naar de aarde werd teruggekaatst, hetwelk in zulk een geval ons oog treft. Daar de aarde veel grooter is dan de maan, moet zulk een aardschijn voor de

Fig. 22.



maanbewoners in glans den schoonsten maneschijn op aarde verre overtreffen. Dat verder van dat koperkleurig deel de straal zoo veel kleiner wordt gezien dan die van de sikkel zelve, is louter een gezichtsbedrog, dat in het algemeen onder den naam van irradiatie bekend is. Onze oogen bedriegen ons dan op dezelfde wijze, als wanneer zij

ons een witten cirkel op zwarten grond voor grooter doen houden dan een even grooten zwarten cirkel op witten grond.

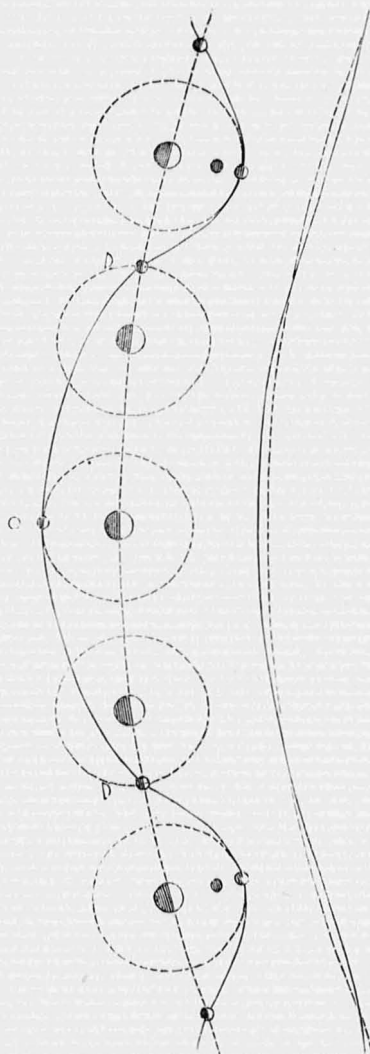
Al de bijzonderheden nu die de waarneming ons leert omtrent den betrekkelijken stand van zon en maan, en die wij boven beschreven, kunnen verklaard worden uit de eenvoudige onderstelling dat de maan langs een bijna cirkelvormige baan om de aarde loopt en dat zij dezen haren loop in ongeveer een twaalfde gedeelte van den tijd volbrengt, waarin de zon schijnbaar hare jaarlijksche reis langs de ecliptica volvoert.

In fig. 22 zien wij, dat in die onderstelling de zoogenaamde *schijn-gestalten* of *phasen* der maan elkander regelmatig moeten opvolgen, dat uit de aarde gezien een wassende maan hare hoornen naar de linker-, dat een afnemende maan ze naar de rechterhand heeft gekeerd. En dat in deze onderstelling de juiste verklaring der feiten ligt opgesloten, m. a. w. dat wij hier niet te doen hebben met eene subjectieve opvatting, als welke vóór Copernicus' tijd de schijnbare beweging der zon om de aarde voor de ware deed houden, behoeft nauwelijks betoog. Indien toch niet de maan om de aarde maar deze om gene liep, dan zouden wij van die beweging spoedig kondschap moeten krijgen van de naastbij gelegen planeten, wier dan schijnbaar kronkelende banen het zeker zouden verraden, dat wij zelve nog een andere beweging volbrachten dan onze jaarlijksche om de zon. Van uit de maan gezien moet eenig niet al te ver van haar verwijderd hemellichaam zulk een baan inderdaad schijnen te beschrijven. Van de maan toch, die zelve bij haren loop om de zon door de aarde wordt medegevoerd en nog daarenboven in ongeveer een maand om deze een cirkel beschrijft, moet de weg een geslotene kromme zijn, die zich zoo kronkelt dat er, zooals dit fig. 23 voor een gedeelte van haar baan voorstelt, op eenen omloop vierentwintig bergen en dalen voorkomen. En de standplaats eens waarnemers kan niet eenen zoodanigen weg in de ruimte afleggen zonder dat de lichamen buiten hem, door hunne schijnbare overeenkomstige beweging, hem van zijne eigene kondschap geven.

Een zoodanigen omloop om de aarde volbrengt de maan in 27 dagen en 8 uren; dat wil zeggen, dezen tijd besteedt zij om van een zelfde vast punt van den hemel uitgaande dit punt weder te bereiken, om dus aan den hemel een vollen cirkel af te leggen. Men

noemt dien tijd dan ook haren *siderischen* omlooptijd, dat wil zeggen haren omlooptijd met betrekking tot de vaste sterren (*sidera*). Men zou echter ten onrechte hieruit besluiten, dat ook die zelfde tijd verstrijkt tusschen twee zelfde phasen, bijvoorbeeld tusschen twee opeenvolgende nieuwe manen. Die tijd moet langer zijn. Immers het is nieuwe maan, wanneer zon en maan uit de aarde gezien juist boven elkan- der staan. Terwijl nu de maan haar eigen loop om de aarde volbrengt staat deze zelve met betrekking tot de zon niet stil; en deze hare eigene beweging om de zon heeft eene over- eenkomstige schijnbare van de zon zelve ten gevolge. Met andere woor- den, terwijl de maan bezig is met, van de rechter naar de linkerhand gaande, haar eigen cirkel aan den hemel afteleggen, vordert ook de zon in hare schijnbare baan aan den hemel. Om dus weder juist boven of beneden de zon te komen, moet de maan behalve haren eigen ganschen cirkel nog dat gedeelte van een cirkel doorloopen, hetwelk de zon zelve in dien tijd is gevorderd. Vooronder- stellen wij, om ronde cijfers te ge- bruiken, dat de maan in 28 dagen om de aarde en de aarde in 360 dagen om de zon loopt, dan zal de maan elken dag twaalf graden en de zon elken dag één graad vorderen. In de dertig dagen, die de maan voor een siderischen omloop besteedt, vordert de zon zelve dus ongeveer acht-en-twintig graden, en, omdat twaalf in acht-en-twintig twee en een derde maal is begrepen, zullen

Fig. 23.



er tusschen twee nieuwe manen een siderische omloopstijd en nog twee en een derde dag begrepen zijn. De tijd, die op deze wijze tusschen twee zelfde phasen van de maan verstrijkt, *synodische* omloopstijd noemt men hem, bedraagt dan ook 29 dagen en 13 uren.

Wij zien hieruit, dat tusschen een onzer maanden en de maan niet zulk een nauwe overeenkomst bestaat, als de naam *maand* wel schijnt aan te duiden. Elk dezer maanden, Februari alleen uitgezonderd, is langer dan een maanmaand. Het aantal dagen vervat in 19 van onze jaren is ten naasten bij het kleinste veelvoud van het aantal dagen in een geheel aantal maanmaanden begrepen. Want 19 jaren zijn gelijk aan 6939,60218 dag, en 235 synodische omloopstijden van de maan aan 6939,68912 dag. Viel dus nieuwe maan in 1860 juist op den 1<sup>en</sup> Januari, dan zal dit weder voor het eerst plaats hebben in 1869; rekest men een omloopstijd van de maan op 29,5 dag, dan zal de ouderdom van de maan op den nieuwejaarsdag van eenig jaar elf dagen meer bedragen dan op dien van het vorige, daar  $12 \times 29,5 = 354$ , dat wil zeggen elf minder is dan er dagen in een gewoon jaar zijn.

Terwijl nu de maan op de boven beschreven wijze om de aarde loopt, wentelt zij juist in een omloopstijd eenmaal om hare as; hetgeen men daaruit opmaakt dat zij steeds dezelfde zijde naar ons houdt toegewend. Wij gevoelen bij deze mededeeling zoozeer dat het in de laatste plaats vermelde verschijnsel en de daaraan voorafgaande verklaring in het oog van vele lezers eerder in rechtstreekschen strijd tegenover elkander dan in het nauw verband van oorzaak en gevolg tot elkander staan, dat wij eene nadere verklaring verre van overbodig achten. En toch, wanneer een lichaam om een ander wil loopen en daarbij voortdurend zijne zelfde zijde naar dat andere wil toegekeerd houden, dan zal het genoodzaakt zijn om gedurende elken omloop zich eens om zijn eigen as te draaien. Immers, stellen wij ons voor dat midden op een ronde tafel een voorwerp zij geplaatst, en dat wij om die tafel loopende dat voorwerp voortdurend in het oog willen houden; indien wij ons nu in het geheel niet om onze eigen as draaiden, dan zouden wij na een halven omloop reeds met den rug naar dat voorwerp gekeerd staan. Willen wij het voortdurend juist recht voor ons zien, dan is daar geen ander middel op dan dat wij loopende ons zelf voortdu-

rend omwenden, en wel zoo nauwkeurig, dat telkens, als wij een boogje, van hoe weinig graden ook, vorderen, wij ons ook juist zooveel graden omwenden. Dan ook alleen zal iemand, die zelf het midden der tafel inneemt, ons juist vlak in het gezicht blijven zien.

Deze laatste opmerking omtrent de juiste overeenstemming die er tusschen de beide bewegingen voortdurend moet heerschen, leidt ons tot deze andere, dat ons de maan dan ook nooit *met volkomen juistheid* hetzelfde gedeelte van hare oppervlakte geeft te aanschouwen. En wel om deze reden. De wenteling der maan om hare as is, even als de aswenteling van elke planeet, eene gelijkmatige beweging, waarbij steeds in denzelfden tijd door eenig punt van hare oppervlakte een even lange baan wordt doorlopen. Wilde men dus dat uit de aarde gezien een punt, dat op dit oogenblik juist het middelpunt van de voor ons zichtbare schijf der maan inneemt, voortdurend ook dit middelpunt bleef innemen, dan zou ook de beweging van de maan om de aarde eene gelijkmatige moeten zijn; telkens dus, wanneer zich dat punt op de maan een graad had gestrooid, zou deze zelf in hare baan een graad moeten gevorderd zijn. Nu is echter de beweging der maan om de aarde niet gelijkmatig; even als die van eenige planeet om de zon is hare snelheid geregeld op de wijze die in de tweede wet van KEPLER wordt uitgedrukt. Bevindt zij zich in hare elliptische baan, in een van wier brandpunten de aarde geplaatst is, zoo kort mogelijk bij deze, dan heeft zij hare snelste, bevindt zij zich in het tegenovergestelde punt, dan heeft zij haar minst snelle beweging. In het eerste geval dus zal, als het bovengenoemde punt zich een graad links van het middelpunt der maanschijf verwijdert, deze meer dan een graad in hare baan vorderen, en het zal dan zijn alsof dit punt bij het middelpunt der schijf iets is achtergebleven. In het laatste geval daarentegen zal, in den tijd, waarin dat punt zich een graad naar de linkerhand verplaatst, de maan zelve verder dan een graad zijn vooruitgekomen, zoodat het nu zijn zal alsof dat punt bij het middelpunt iets is vooruitgekomen. En daar nu deze overgang van de langzaamste tot de snelste beweging zeer geleidelijk geschiedt en daar tusschen-in een oogenblik is, waarop de aswenteling en de voortgaande beweging even snel zijn, zoo zal het schijnen alsof de oppervlakte der maan voortdurend om een be-

paalden stand schommelt. Dientengevolge zien wij dus ook op aarde iets meer dan de helft van de oppervlakte der maan.

Maar er is nog een reden waarom dit voor ons zichtbare deel iets grooter is. De as, waarom de maan wentelt, staat niet loodrecht op de baan. Is dus op het oogenblik een der polen van de maan naar de aarde toegewend, dan zal dit een halven omloopstijd later met de andere pool het geval zijn, terwijl in dien tusschentijd de eene pool aan den bovenrand van de schijf uit ons gezicht verdween op hetzelfde oogenblik waarop de andere voor ons zichtbaar werd. Daar ook deze overgang zeer geleidelijk geschiedt, zal ook ten gevolge der genoemde oorzaak de maan schijnen te schommelen, maar nu om een lijn die in het vlak van hare baan ligt, en zullen wij, behalve de voortdurend zichtbare helft, ook nog een strookje van hare oppervlakte te zien krijgen, dat van boven en beneden aan haar grenst.

Beide deze verschijnselen kunnen worden waargenomen door ieder die, rustig te huis blijvende, de oppervlakte der maan tot een voorwerp maakt van eene gezette observatie. Wil men, met de groote menigte, de voor ons zichtbare helft der maan met een menschelijk gelaat vergelijken, dan is dit voor hem een gelaat dat langzaam en voortdurend ja knikt en neen schudt, en dus, even als elk menschenhoofd dat beide deze bewegingen maakt, behalve het gelaat beurteelings zoowel een gedeelte van de kruin en de kin, als een gedeelte van het rechter- en linkeroor te aanschouwen geeft. Ziet zulk een waarnemer echter niet tegen verre reizen op, dan zal hij daarenboven nog een klein strookje van de andere helft te zien krijgen. Want de maan staat niet zóó ver van ons af en de aarde is niet zóó klein, of hij, die zich op hare oppervlakte veel verplaatst, zal als het ware achterom de hier zichtbare helft van den bol zien. Alles tezamen genomen is het mogelijk op de aarde van een veertiende gedeelte meer dan de helft der maan, dus van vier zevende deelen harer oppervlakte kennis te erlangen.

Wat den afstand van de maan tot de aarde betreft, deze bedraagt slechts ongeveer 60 aardstralen. Niettegenstaande dan ook de maan zoo klein is, dat hare middellijn slechts  $\frac{19}{70}$  deelen van de middellijn der aarde bevat — fig. 24 geeft van de betrekkelijke grootte van beide lichamen eene voorstelling — wordt van de aarde uit hare middellijn ongeveer even groot gezien als die van de zooveel verder

verwijderde zon, wier middellijn 112 maal zoo lang als die der aarde is. Eene opmerking omtrent de schatting der verhouding tusschen de afmetingen van beide hemellichamen kan hier niet overbodig worden geacht; het oordeel toch van verschillende personen omtrent de grootte van zon en maan is meestal zoo uiteenlopend, dat het voor twijfel aan de juistheid van den maatstaf, bij dit oordeel gebruikt, ruime plaats laat. Zelfs verschilt die schatting bij denzelfden persoon, al naar mate hij die lichamen laag aan den horizon of hoog aan den hemel ziet staan. Dit verschijnsel kan alleen daaraan worden toegeschreven, dat deze personen in al die gevallen wel vermelden, met welk lichaam zij meenen dat de maan in grootte overeenkomt, maar dat zij daarbij vergeten den afstand op te geven, waarop daartoe

Fig. 24.



zulk een voorwerp moet worden beschouwd. En toch komt deze bij zulk een schatting wel in de allereerste plaats in aanmerking. Men kan de maan even goed zoo groot als een tafelbord als zoo groot als een stuivertje noemen, indien men slechts het eerste ver van, het tweede nabij zijn oog houdt; want men kan haar, als het op verren afstand geplaatst is met het eerste, als het op korten afstand geplaatst is met het laatste geheel bedekken. Een vertrouwbare opgave is slechts die, waarbij de grootte van den hoek wordt aangegeven, waaronder men de middellijn van eenig hemellichaam ziet. En deze hoek is voor zon en maan beide, wegens den elliptischen vorm van beider banen, niet altijd even groot. Indien de maan het kortst bij

de aarde staat ziet men hare middellijn onder een hoek van  $33'$ ; als zij het verst van haar verwijderd is onder een hoek van  $29' 34''$ ; van de zon bedraagt die bij den kleinsten afstand  $32' 36''$ , bij den grootsten  $31' 30''$ .

Dat nu eens de afmetingen der zon uit de aarde gezien die van de maan overtreffen en dan weder beneden deze blijven in grootte, dat leeren ons de zonsverduisteringen.

Iedereen weet dat men drie soorten van zonsverduisteringen onderscheidt. De eerste zijn de *totale* zonsverduisteringen; alsdan bedekt de schijf van de maan die van de zon geheel. De tweede zijn de *gedeeltelijke* zonsverduisteringen, waarbij slechts een grooter of kleiner gedeelte van de zonnenschijf als het ware is uitgesneden. Maar behalve deze heeft men nog de *ringvormige* verduisteringen, waarbij een ringvormige rand van de lichtgevende schijf aan alle zijden de donkere schijf der maan omgeeft. Klaarblijkelijk is tijdens de eerstgenoemde soort de maan uit de aarde gezien grooter dan de zon, terwijl bij de laatste soort daarentegen de maan niet groot genoeg is om de zon volkomen te kunnen bedekken. Wil het eerste geval plaats hebben, dan moet de maan ongeveer zoo kort mogelijk bij, de zon zoo ver mogelijk van de aarde staan, terwijl in het tweede geval juist de tegenovergestelde voorwaarden moeten vervuld zijn. Wij zullen zoo aanstonds op deze verschijnselen terugkomen. Vooraf nog deze opmerking.

Bij menigeen rijst wellicht de vraag, waarom, als toch de maan om de aarde en deze om de zon loopt, niet in elke maand de zon voor de bewoners der aarde geheel of gedeeltelijk wordt verduisterd. Het antwoord moet hier weer volkomen hetzelfde zijn als wat wij in een vorig hoofdstuk gaven op de vraag, waarom niet telkens eenmaal gedurende den omloopstijd van een binnenplaneet deze als een zwart schijfje over de zon trekt. Een zonsverduistering zou gedurende elken synodischen omloopstijd van de maan dan zeker voorvallen, als het vlak, waarin deze om de aarde loopt, samenviel met dat, waarin de baan der aarde om de zon is gelegen. Nu, zooals wij reeds in den aanvang onzer beschrijvingen opmerkten, beide vlakken met elkander een hoek maken, zal de zon slechts voor de aarde kunnen verduisterd worden als de maan en de aarde gelijktijdig in de lijn staan, volgens welke beide vlakken elkander snijden.



En deze zelfde voorwaarden gelden ook voor de mogelijkheid van een maansverduistering. Niet tijdens elke volle maan zal de aarde juist in een rechte lijn tusschen haar en de zon staan; de lijnen, die de middelpunten van de drie lichamen verbinden, zullen in zoodanig geval met elkaar een hoek van ruim  $5^\circ$  kunnen maken, wiens hoekpunt in het middelpunt der aarde gelegen is.

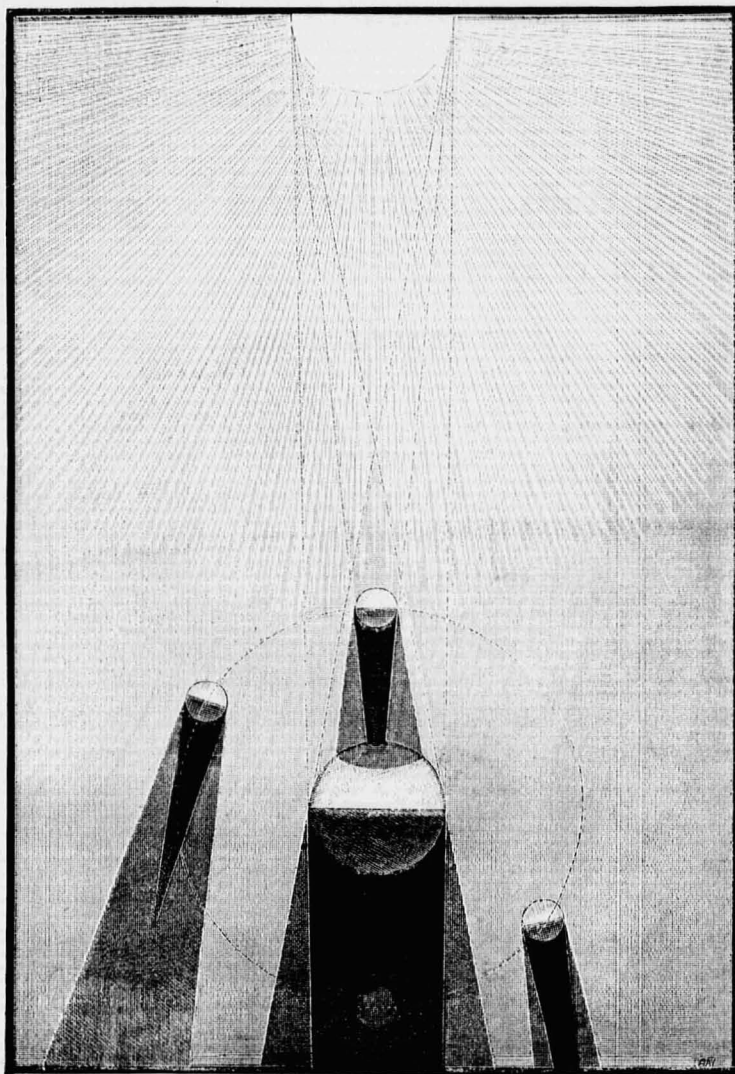
Wij willen thans die verduisteringen eenigszins van naderbij beschouwen en tot opheldering van die beschouwingen de aandacht vestigen op de hierbij gevoegde figuur (fig. 25).

Zooals bekend is zijn de aarde en de maan beide donkere bollen, wier eene helft voortdurend verlicht wordt door de zonnestraalen, terwijl de andere helft in het duister blijft gehuld. Daar nu de zon, het lichtgevend lichaam, veel grooter van omvang is dan elk der beide donkere bollen, zullen de gemeenschappelijke uitwendige raakvlakken, aan haar en aan een van deze getrokken, achter deze elkander ontmoeten, zoodat zoowel achter de aarde als achter de maan een kegel wordt gevormd, waarin geen zonnestraal kan doordringen. Dezen kegel noemt men den *schaduwkegel* van de planeet; voor ieder, die binnen zijn omvang geplaatst is, is het onmogelijk eenig licht van de zon te ontvangen. In de naaste omgeving der oppervlakte van dien kegel liggen echter punten, die slechts voor een gedeelte door de zon worden verlicht. In dit geval verkeeren alle plaatsen, die zich bevinden binnen dien anderen kegel, wiens oppervlakte wordt gevormd door al de inwendige raakvlakken, die men aan de zon en het donkere lichaam trekken kan; men noemt hem den *bijschaduwkegel*. Hij sluit den schaduwkegel geheel in, en een plaats, binnen hem gelegen, ontvangt van de zon des te minder licht, naarmate zijn afstand van den eigenlijken schaduwkegel kleiner is. In onze figuur is de eene kegel scherp begrensd afgebeeld binnen den anderen, ten einde de wijze waarop beiden zijn gevormd duidelijk te doen uitkomen; in de werkelijkheid echter zal de overgang van den eenen kegel in den anderen geleidelijk zijn, en wel zóó, dat, terwijl binnen den schaduwkegel de duisternis overal volkomen is, deze van zijne oppervlakte te beginnen gelijkmatig in licht overgaat.

Wat nu zal er gebeuren, als tijdens een volle maan de omstandigheden zóó zijn, dat de maan door den schaduwkegel der aarde moet gaan? Zij zal dan eerst in den bijschaduwkegel treden. Daar ontvangt zij,

al voortgaande, voortdurend licht van een kleiner deel der zonneschijf. Voor ons zal zij dus over haar geheel hoe langer zoo meer in glans afnemen, tot zij eindelijk, binnen den eigenlijken schaduwkegel gekomen,

Fig. 25.



eerst gedeeltelijk en dan geheel verduisterd is. Zelfs in niet gunstige omstandigheden, te weten als de zon zoo ver mogelijk van

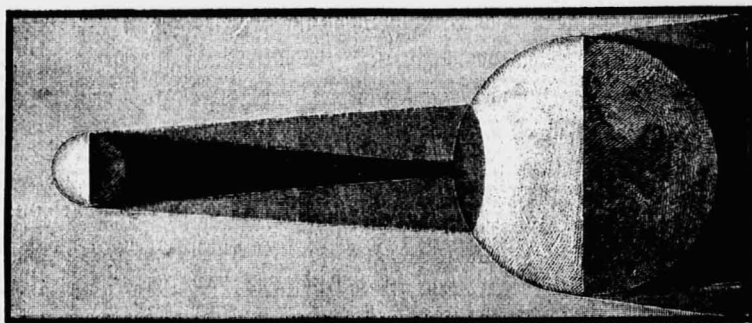
de aarde en deze zoo na mogelijk bij de zon staat, heeft de schaduwkegel der aarde op den afstand, waarop de maan zich van haar bevindt, nog een middellijn twee en half maal zoo groot als de middellijn van deze. Wanneer dus het middelpunt der maan door het hart van dien kegel gaat, zal zij gedurende geruimen tijd geheel verduisterd kunnen zijn; en deze tijd zal des te korter wezen, naarmate dat middelpunt bij het gaan door den kegel verder van diens as verwijderd blijft. Ligt eindelijk dat middelpunt zoo ver van die as, dat de maan nog slechts ten deele binnen den kegel wordt opgenomen, dan zal zij voor ons slechts gedeeltelijk verduisterd worden. Verder verdient hierbij wel in het oog te worden gehouden, dat, zooals de naar de zon gewende helft der maan zich tijdens eene verduistering voordoet aan ons aardbewoners, zij zich ook zal voordoen aan alle wezens in het heelal. De verduistering der maan is een objectief verschijnsel; zooals wij haar zien, geschiedt zij; daarom zal het ook niet mogelijk zijn dat, als er aan eenig deel der aardoppervlakte een volkomen eklips wordt gezien, de bewoners van een ander gedeelte slechts een gedeeltelijke zullen waarnemen.

Gansch anders nu is het gesteld met een zonsverduistering. Als het zonnelicht voor ons, aardbewoners, door de maan wordt onderschept, dan schittert niettemin de zon in al haren glans voor alles, wat buiten de aarde is. De maan is slechts een scherm tusschen ons en de zon geplaatst, en wel een scherm zoo klein en zoo ver van de zon verwijderd, dat, als zij voor de bewoners van geringe breedte hare schijf volkomen bedekt, de bewoners van hoogere breedte, achter om dien scherm ziende, haar slechts gedeeltelijk, ja zelfs in het geheel niet verduisterd zien.

De afmetingen der maan zijn in verhouding tot die van de zon zóó klein, haar schaduwkegel loopt daardoor zóó snel spits toe, dat zijn punt de aarde toch niet eens kan bereiken. Vallen toch de minst gunstige omstandigheden samen, dan strekt zich die kegel slechts uit tot op 49000 D. G. mijlen achter de maan, terwijl de afstand van de aarde tot de maan 54,600 D. G. mijlen bedraagt. Vallen daarentegen de meest gunstige samen, dan bedraagt deze afstand 49,000 D. G. mijlen, en is de as des kegels 51,000 D. G. mijlen lang. In dit geval (fig. 25) strijkt de schaduw over een deel der zich wentelende aarde heen. De doorsnede van de oppervlakte der aarde met den kegel is dan de

oppervlakte van een bolvormig segment; en terwijl dit ongeveer een grondvlak heeft, welks middellijn de breedte bepaalt van den gordel op aarde waarvoor de zon totaal wordt verduisterd, wordt de lengte van dien gordel bepaald door den tijd gedurende welken de maan voor de zon blijft vertoeven. Haar voorbijgaande met een schijnbare snelheid, die van de snelheden van zon en maan het verschil is, blijft deze bij een totale eklips gedurende 5 uren en 50 minuten geheel of gedeeltelijk binnen de oppervlakte van den kegel. Deze tijd verstrikt dus tusschen de twee oogenblikken, waarop, onder de gunstigste omstandigheden, bij een totale zonsverduistering, de zon op de gansche aarde in haar volle licht wordt gezien. De tijd, gedurende welken zij echter voor een bepaalde plaats *totaal* verduisterd blijft, is zeer kort. Zelfs in de genoemde omstandigheden heeft de maan slechts

Fig. 25.



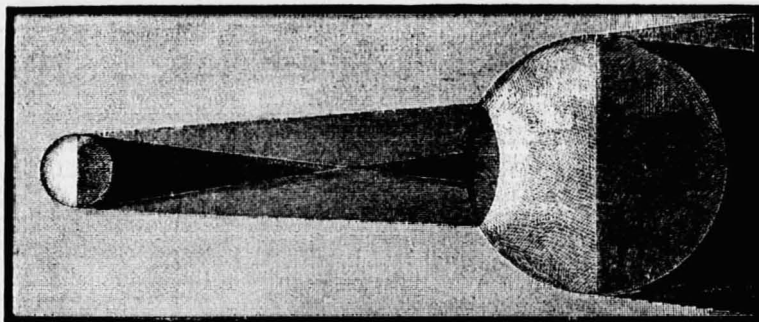
een schijnbare middellijn van 33', de zon eene van 31' 30"; daar de maan in een sekonde tijds een boog van een halve sekonde op de zon vooruitkomt, zal de totale verduistering voor een bepaalde plaats slechts zooveel malen ééne sekonde kunnen bedragen, als een boog van een halve sekonde in een van 1' 30" begrepen is. Daar dit aantal malen 180 bedraagt, zal een totale verduistering niet langer dan 3 minuten kunnen duren.

In de minst gunstige omstandigheden (fig. 26) bereikt de punt van den schaduwkegel de aarde niet; men zal dan de maan van alle zijden omgeven zien door een ring van licht, die alleen aan die plaatsen der aarde overal even breed zal worden gezien, welke bij de aswenteling der aarde door het verlengde van den as des kegels

worden getroffen. Wie ten noorden of ten zuiden van die plaatsen wonen, zien òf de maan omgeven door een schaduwring van ongelijke breedte, òf zij zien, zoo die afstand nog grooter wordt, de zon slechts gedeeltelijk verduisterd. En dit laatste is ook het geval voor hen, die tijdens een totale verduistering binnen den bijschaduwkegel der maan, dat wil zeggen dáár komen, van waar gezien de maan slechts een gedeelte der zon kan bedekken.<sup>1</sup> In fig. 26 zien wij dat ook van dezen kegel de doorsnede veel kleiner is dan die van de aarde; dat er dus nog zeer vele plaatsen ten noorden en ten zuiden kunnen overblijven, waar men van het verschijnsel even weinig verneemt als zij, die de donkere, van de zon gekeerde helft der aarde bewonen, dat wil zeggen nacht hebben.

Wij willen de beschouwing van de verschijnselen, door de maan op aarde teweeggebracht, niet eindigen, zonder een poging te heb-

Fig. 26.



ben gewaagd ook aangaande de oorzaak van *ebbe* en *vloed* onzen lezers een duidelijk begrip te geven. Zooals bekend is verstaat men onder deze woorden het beurtelings dalen en rijzen van het zeewater aan de kusten en in breede riviermonden. Voor elk punt van de kust volgen beide verschijnselen elkander in dier voege op, dat het tweemaal in een etmaal hoog, en tweemaal in een etmaal laag water is; en dat beide met de maan in nauw verband staan, moet reeds hieruit

<sup>1</sup> In de almanakken wordt de grootte eener gedeeltelijke verduistering opgegeven in *twaalfde deelen van de middellijn der zon*, aan welke eenheid men daar den vreemd gekozen naam van *duim* geeft.

blijken, dat het steeds vloed is voor een plaats, korten tijd nadat dit hemellichaam daar zijn hoogsten stand aan den hemel heeft ingenomen, of het diepst onder den horizon gedaald is.

Inderdaad wordt dit verschijnsel alleen veroorzaakt door het verschil, dat er is tusschen de aantrekkende kracht, die de maan rechtstreeks uitoefent op het water in het naar haar gekeerde en van haar afgewende halfmond der aarde. Wij willen dit nader uiteenzetten. Verbeelden wij ons eens dat de geheele aarde uit water bestond en dat deze watermassa, indien de maan er niet was, een bclvormige gedaante had. Plaatsen wij nu in de nabijheid van deze massa de maan, en wel op zulk een afstand dat er zestig aardstralen tusschen de middelpunten van beide lichamen zijn gelegen. Tusschen de afstanden van het middelpunt der maan tot het van haar afgewende en naar haar toegekeerde water bestaat dus een verschil van twee stralen der aarde; de eerste toch bedraagt zestig aardstralen *en* een straal van de aarde; de tweede zestig aardstralen *min* een straal van de aarde. En daar nu de aantrekkingskracht omgekeerd evenredig is aan de tweede machten der afstanden, zoodat, als de afstand *tweemaal* grooter wordt, die kracht tot op een *vierde* van haar bedrag vermindert, zal de maan het naar haar toegekeerde water veel sterker aantrekken dan het van haar afgewende; het gevolg zal zijn, dat de gansche watermassa ongeveer de gedaante aanneemt van een ei, waarvan de eene punt naar de maan gekeerd, de andere van haar afgewend is. Denken wij ons thans binnen die zoo vervormde watermassa den vasten aardbol, en dat het middelpunt van deze samenvalt met het zwaartepunt van gene, dan zal boven die vaste aarde het water aan de zijde die naar de maan is toegekeerd en aan den tegenovergestelden kant betrekkelijk veel hooger staan, dan het geval zou zijn wanneer dat water over de geheele oppervlakte gelijkelijk verdeeld was. Het zal daar hooger staan dan ergens elders, veel hooger in elk geval dan op die plaatsen, welke op een afstand van een kwart cirkel van de zoeven genoemde punten verwijderd zijn.

Onderstellen wij thans, om de gedachten te bepalen, dat op dit oogenblik op de plaats waar wij wonen de maan hoog aan den hemel staat. Bij ons is dan de punt van de watermassa naar de maan gekeerd; dan hebben niet wij alleen vloed, maar ook zij die wonen

aan het lijnrecht tegenovergestelde punt van de oppervlakte der aarde. Door de wenteling van deze zullen wij twaalf uren later in hunne tegenwoordige positie met betrekking tot de maan zijn gekomen, en dus ook dan even goed vloed hebben als zij nu. Maar midden tusschen elk dezer twee tijdstippen ligt er een, waarop een lijn, van onze woonplaats naar het middelpunt der aarde getrokken, bijna een rechten hoek maakt met de steeds op de maan gerichte lange as der water-ellipsoïde; zes uren dus na den vloed is het meeste water elders aan twee tegenovergestelde punten van de oppervlakte der aarde opgehoopt, en het gevolg hiervan zal zijn dat het aan onze kusten laag staat, dat het hier ebbe is.

Door de wenteling der aarde wordt in iedere vierentwintig uren de plaats waar wij wonen ook eenmaal naar de zon toegekeerd en is zij eenmaal van de zon afgewend, en het is niet onwaarschijnlijk dat bij iemand, die dit bedenkt, de vraag rijst, waarom dan niet de zooveel sterker aantrekkende kracht van de zon een dergelijk verschijnsel veroorzaakt in die mate, dat de werking der maan daarbij als in het niet verdwijnt. Wij antwoorden echter met de opmerking, dat het niet de aantrekkende kracht der maan zelve is die ebbe en vloed veroorzaakt, maar het *verschil in de kracht, die zij op de twee tegenovergestelde helften der aarde uitoefent*. En dit *verschil* is voor de zon veel kleiner dan voor de maan; de zon toch is zoo ver van de aarde verwijderd, dat de kracht, waarmede zij een naar haar toegewend punt der aardoppervlakte aantrekt, niet noemenswaard verschilt van de kracht, door haar op het lijnrecht tegenovergestelde punt uitgeoefend; ten minste niet zoo veel, dat hare werking ooit aan de maan het bevel over de getijden kan ontnemen. Werken echter beide lichamen samen tot hetzelfde doel, trachten zij, zoo als bij volle en nieuwe maan, beide de punt der water-ellipsoïde ongeveer naar hetzelfde punt van den hemel te richten, dan is de medewerking der zon wel degelijk merkbaar; de vloed is dan buitengewoon hoog, het is dan *springtij*. En evenzoo is de werking der zon merkbaar, als, gelijk tijdens eerste en laatste kwartier het geval is, beide elkaâr rechtstreeks tegenwerken, als de zon vloed wil veroorzaken ter plaatse waar de maan de ebbe teweegbrengt; *dood getij* is de naam, waardoor men in deze gevallen de geringe verandering in de hoogte van het water gedurende een etmaal te kennen geeft.

Het is hier de plaats niet in al de bijzonderheden te treden, die de getijden aan de kusten der verschillende zeeën opleveren, veel minder nog hare oorzaak op te sporen. Alleen zij opgemerkt, dat, tegenovergesteld aan onze voorstelling, de vloed nergens, zelfs niet op een plaats aan de open kust, juist invalt op het tijdstip waarop de maan daar haren hoogsten stand aan den hemel bereikt. Het water toch is een trage massa, die niet dadelijk aan de roepstem der maan gehoor geeft; de vloedgolf reist om zoo te zeggen de maan wel na, maar kan nooit gelijktijdig met haar boven dezelfde plaats aankomen. En deze zelfde traagheid van het water maakt dat de vloed aan de steile kusten van Frankrijk, te *St. Malo* bijvoorbeeld, een natuurverschijnsel is zóó indrukwekkend, dat zij, die het alleen aan onze vlakke stranden hebben waargenomen, zich daarvan geene voorstelling kunnen maken. Haast ongelooflijk moeten ons de verhalen voorkomen van reizigers, die, na zich te ver van de kusten te hebben verwijderd, te paard noode den opkomenden vloed konden ontkomen. Maar als de maan boven ons land, als zij bijv. te Amsterdam in den meridiaan staat, dan zal het in hare richting aangetrokken water zich, al naar mate het hier aankomt, over de langzaam glooiende banken en kusten uitspreiden; dáár echter vindt het in de steile kust als het ware een muur op zijn weg, waartegen de voorzijde van de vloedgolf zich reeds ophoopt, om, opgestuwd door het uit de verte nog steeds aansnellende water, zich tot eene voor ons ongekende hoogte te verheffen.

Hebben wij tot nog toe de maan meest beschouwd in verband met de verschijnselen, die zij op aarde teweeg brengt, thans zullen wij den blik uitsluitend wenden naar de gesteldheid van dat merkwaardig hemellichaam zelf. In de eerste plaats dan onze aandacht gewijd aan hare uitwendige gedaante. Zagen wij in onze kindsche dagen in haar uiterlijk overeenkomst met een menschelijk aangezicht — maar dan ook zeker alleen met een aangezicht zooals dit door een kinderhand zou worden ontworpen — toen wij beter leerden zien vonden wij in die afwisseling van lichtere en meer donkere plekken hoegenaamd geen gelijkenis terug met de blauwoogige, blondlokkige, roodwangige maan op het staandhorlogie in grootmoeders voorhuis.



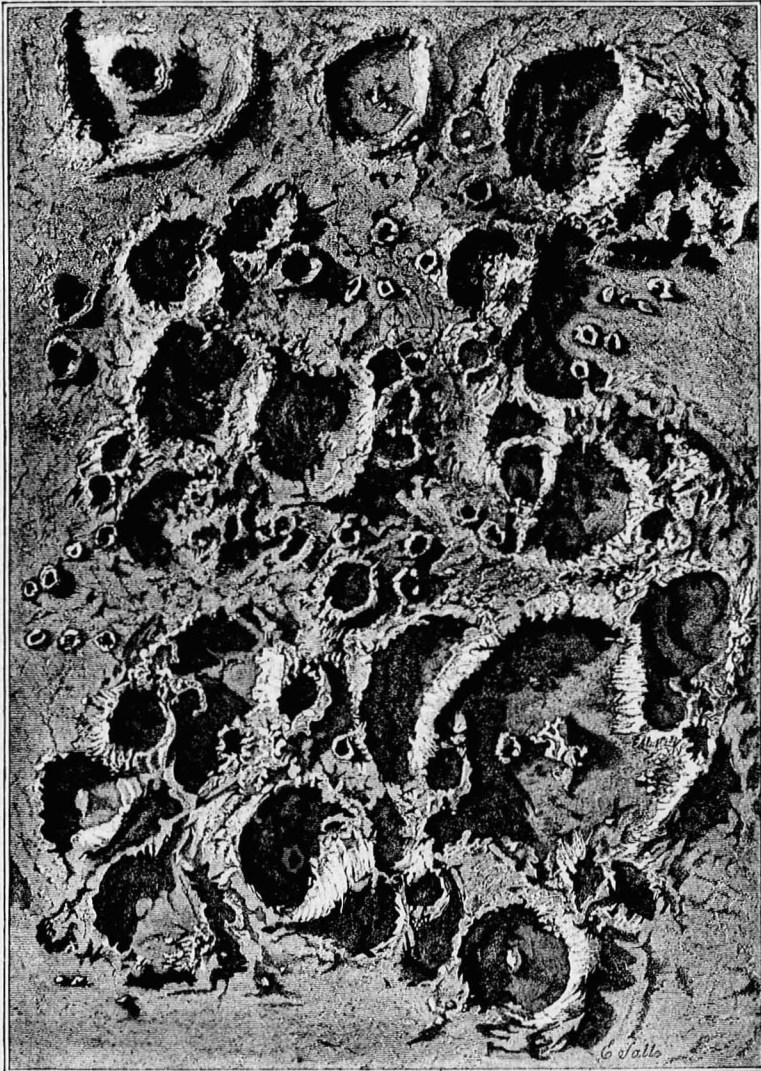
Wat zien wij in die donkere plekken? Vroegere waarnemers hielden ze voor zeeën, en de tegenwoordige topographie der maan heeft deze benaming behouden; zij vermeldt nog een *zee der kalmte*, een *zee der vruchtbaarheid*, een *zee der dampen*, een *oceaan der stormen*, en vele andere meer. Latere overwegingen hebben echter doen zien, dat de aanwezigheid van een zee op de maan een onmogelijkheid is; wij zien thans in die plekken niets anders dan uitgebreide vlakten, die het licht minder volkomen terugkaatsen dan de haar omringende hoogten.

Willen wij deze met het gewapend oog waarnemen, dan dienen wij daartoe niet het tijdstip van volle maan te kiezen. Op dit tijdstip toch zijn de omtrekken dier hoogten weinig scherp begrensd, en het is gemakkelijk in te zien, dat deze omstandigheid alleen daarvan het gevolg is, dat alsdan het zonnelicht loodrecht op de naar ons gekeerde zijde van de maan valt, zoodat de uitstekende punten en de hoogten, die de vlakten begrenzen, geene schaduwen werpen op hunne omgeving. Voor dergelijke waarnemingen is de tijd omstreeks eerste en laatste kwartier de best gekozene; alsdan ziet men het verlichte deel der maan als bezaaid met holten, ieder omgeven door een cirkelvormigen wal, die zoowel op de holten, die hij omringt, als op zijne omgeving, aan de zijde tegenovergesteld aan die waar de zon zich bevindt, zijn scherp geteekende schaduw werpt. Nabij de als het ware gekartelde lijn, die het verlichte gedeelte scheidt van dat waarvoor de zon nog niet is opgegaan, en waar dus de schaduwen langs den bodem vallen, zijn deze holten, hoezeer zij zich ook in de breedte uitstrekken, pikzwart; en hier en daar buiten die lijn ziet men in de alleenstaande verlichte punten de toppen van hooge bergen, die reeds door het zonnelicht worden bestraald, als alles aan hunnen voet nog in het duister ligt. In fig. 27 en 28 geven wij eene afbeelding van gedeelten van de oppervlakte der maan, zooals die op de genoemde tijdstippen zich voordoen.

De eerste stelt ons de omgeving voor der groep van *Tycho*, een hooge berg, die zich nabij de zuidpool der maan bevindt en van waar in alle richtingen tot op grooten afstand heldere strepen uitgaan. Deze afbeelding doet ons zien, dat de bergen op de maan, tegenovergesteld aan die van de aarde, meest alle op zich zelf staan. Wel

vindt men op hare oppervlakte eenige bergketenen, waaraan men namen gaf (*Alpen*, *Apennijnen*, *Karpaten*, enz.) overeenkomende

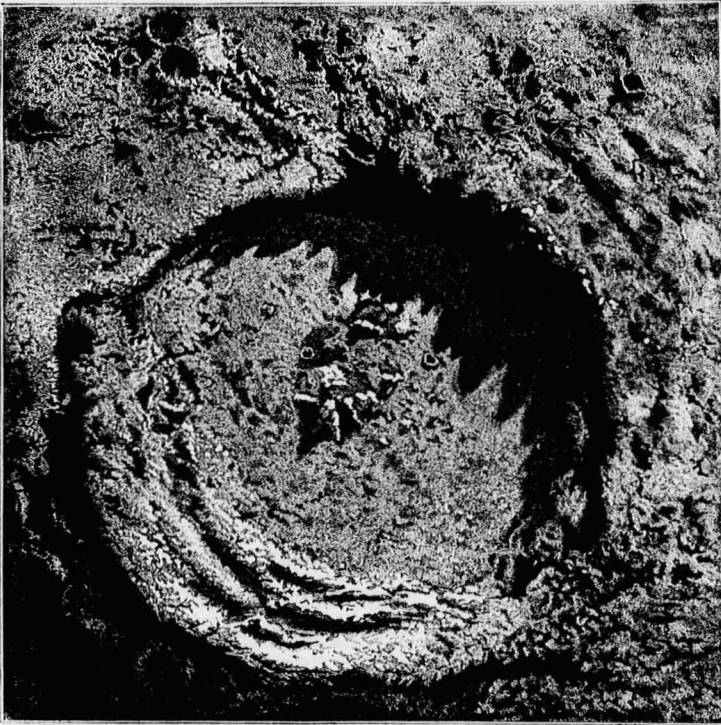
Fig. 27.



met die van bergketenen op aarde; maar de uitgestrektheid in lengte van gene komt op verre na niet nabij aan die van hare aardsche naamgenooten. De gedaante dezer alleen staande bergen is meestal

ringvormig, en naar mate deze ringen eene grootere of kleinere middellijn hebben, onderscheidt men hen in *ringgebergten* of *kraters*. Midden in den ring vertoont zich bij de eerstgenoemden meestal een hooge berg, dien men den *centraalberg* noemt. Is de uitgestrektheid, die door den ring als door een wal omgeven wordt, zeer groot, en sluit hij een vlakte in die meerdere hoogten en diepten vertoont, dan noemt men deze een *walvlakte*. Zulk een walvlakte, die van

Fig. 28.



*Copernicus*, vertoont ons fig. 28; zij heeft een middellijn van 88 kilometers.

Omtrent de hoogte van de bergen en wallen is men voldoende ingelicht door de afmetingen der schaduwen die zij werpen; uit deze toch, in verband met den stand der zon op dat oogenblik ter plaatse waar zij zich bevinden, kan men door een eenvoudige berekening die hoogte afleiden. Het blijkt alsdan, dat deze bij velen de

hoogten der bergen op aarde verre overtreft; dat op het naar ons toegekeerde gedeelte der maan zich negenendertig bergtoppen bevinden, die hooger zijn dan de *Mont-Blanc*, dat er zes zijn wier hoogte 6000 meters te boven gaat.

Ook onder de ringvormige wallen, die de vlakten omgeven, vindt men er van zeer aanzienlijke hoogte; zoo is een deel van den ring, die de walvlakte van *Sickhart* omgeeft, ongeveer 3200 meters hoog. Toch zou iemand, die in het midden dier walvlakte geplaatst is, dezen hoogen bergrand niet kunnen zien; want die vlakte is zoo uitgestrekt met betrekking tot de gansche oppervlakte der maan, deze laatste kromt zich zoo snel, dat die toppen reeds onder den horizon van dien waarnemer zouden verborgen liggen.

Vatten wij alles samen wat ons de oppervlakte der maan te zien geeft, dan ligt de conclusie voor de hand, dat wij hier te doen hebben met de voortbrengselen van ontzettende vulkanische werkingen, dat de maan is wat wij zouden kunnen noemen één grooten uitgebranden vulkaan. Die walvlakten zijn verzinkingen in den bodem, zoodanige wij er ook, hoewel op veel kleinere schaal, op aarde aantreffen: die ringgebergten, kraters, wier afmetingen buiten alle vergelijking vallen met die van onze vulkanen, waarvan men den mond door een kijker van groot vermogen ter nauwernood op een afstand als die van de maan zou kunnen ontwaren. En van dienzelfden oorsprong getuigen ook de van centrale punten uitgaande strepen, die, over een groot gedeelte van de oppervlakte der maan loopende, bij volle maan sterk verlicht zijn en tijdens de kwartieren zich donker vertoonen. Vroegere waarnemers mochten meenen in haar de beddingen te zien van uitgedroogde rivieren, andere zelfs wegen, door maanbewoners aangelegd; hunne breedte, die soms twee kilometers bedraagt, en vooral hunne diepte, die op niet minder dan een halve kilometer is te schatten, laat zulk eene onderstelling niet toe. Daarenboven gaan deze groeven dikwijls dwars door kraters heen, wier wallen zij in tweeën splijten. Allerwaarschijnlijkst hebben wij hier te doen met de laatste gevolgen der vulkanische werking, eene werking van later dagteekening dan die, waardoor de vlakten ingezakt en de wallen opgeworpen zijn. Die werking schijnt thans geheel te zijn opgehouden. Vergelijkt men toch de voor meer dan veertig jaren door BEER en MAEDLER met groote nauwkeurigheid vervaardigde kaart der maan

met hare oppervlakte zoo als wij die thans zien, dan ontdekt men slechts weinig verschil. Alleen is volgens eene waarneming door SCHMIDT in 1866 gedaan de bodem rondom den krater *Linnaeus* zooveel gerezen, dat die bijna gelijk is gekomen met den rand van dien krater. Want terwijl vroeger bij schuins invallend licht de schaduw van dien rand gemakkelijk was waar te nemen, is thans de bodem in zijn omgeving onder die omstandigheden gelijkmatig verlicht.

Omtrent alle verdere bijzonderheden de topographie der maan betreffende, bijzonderheden die over het algemeen ons beter bekend zijn, en dus ook beter zijn in kaart gebracht, dan die van vele landen op den aardbol, kunnen wij verwijzen naar de bovengenoemde kaart. Wij hebben ons thans alleen nog met de klimatologische verschijnselen op de oppervlakte der maan bezig te houden.

En dan is reeds veel, ja bijna alles gezegd, wanneer wij vermelden dat de maan niet door een dampkring is omgeven. Deze bijzonderheid blijkt uit de volgende omstandigheden. Wanneer de maan voorbij een vaste ster gaat, dan zien wij deze niet langzamerhand achter den rand der maan verdwijnen; haar licht wordt niet al flauwer en flauwer, tot zij eindelijk zich aan ons oog geheel onttrekt. Integendeel, dit verdwijnen geschiedt plotseling. Daarenboven, wanneer men de snelheid kent, waarmede de maan zich door de sterren heen beweegt en men weet wáár aan den rand zij zal verdwijnen, dus ook hoe lang de weg zal zijn, dien zij achter de maan zal hebben af te leggen, dan is niets gemakkelijker, dan vooraf te berekenen hoe lang zulk een sterbedekking zal duren. Gaat men nu bij zulk eene berekening van de onderstelling uit, dat de maan geen dampkring heeft, en toetst men dan den tijd door de berekening geleverd aan de waarneming, dan blijkt het, dat die berekening goed is uitgevoerd. Was de maan door een dampkring omgeven van een iets beteekenend brekend vermogen, dan zou deze overeenkomst niet kunnen plaats hebben. Het licht der ster zou dan bij het gaan door dien dampkring worden gebroken; en deze omstandigheid, die plaats zou hebben zoowel vóór hare bedekking als daarna, zou ten gevolge hebben, dat het licht der ster langer aan ons oog zich zou onttrekken dan bij volkomen afwezigheid van een dampkring het geval zou zijn.

Tegen deze conclusie is door sommigen in het midden gebracht, dat zij volstrekt allen grond mist; dat namelijk de lengte van de middellijn der maan ons niet met genoegzame zekerheid bekend is, om uit eene berekening, op die kennis gegrond, tot het al of niet bestaan van den dampkring te besluiten. Deze onzekerheid bestaat inderdaad. Zooals wij reeds boven met een woord opmerkten, is de lijn, die tijdens een der kwartieren het verlichte gedeelte der maan van het duistere scheidt, gekarteld, en deze karteling heeft haren oorsprong daarin, dat op dien rand de toppen der bergen reeds dag hebben, wanneer het aan hunnen voet, in de walvlakten en op den bodem der kraters, nog nacht is. Evenzoo moet nu de omtrek der volle maan bezet zijn met uitsteeksels, die maken, dat, als wij de hoogte harer bergen in aanmerking nemen, het met betrekking tot hare middellijn een nog al groot verschil zal opleveren, of wij onder haren omtrek een lijn verstaan die over de toppen, of eene die langs den voet der bergen getrokken is. Lichtbreking, veroorzaakt door een dampkring, zich niet veel verder uitstrekkende dan deze toppen, zullen wij in geen geval kunnen waarnemen; zoodat dan toch de mogelijkheid overblijft, dat een zoodanige de dalen vervullende gas-massa met de oppervlakte der maan in aanraking is.

Maar ook de waarschijnlijkheid, dat dit aldus zou zijn, wordt zeer gering, wanneer wij de uitkomsten in aanmerking nemen door spectroscopisch onderzoek verkregen. Het licht der maan is teruggekaatst zonlicht; was nu de maan van een dampkring omgeven, in samenstelling van den onzen onderscheiden, dan zouden wij in het spectrum van het maanlicht, benevens de Fraunhofersche, nog andere absorbtie-strepen moeten waarnemen dan die door absorbtie van licht in onzen dampkring ontstaan. Had daarentegen de dampkring der maan eene samenstelling met die van den onzen overeenkomstig, dan zouden in het spectrum van het maanlicht de atmosferische strepen zich donkerder aan ons voordoen dan in dat van het door de aardse dampkring gedeeltelijk geabsorbeerde zonlicht. Het zou dan toch door twee dampkringen zijn gegaan, in plaats van door een, eer het ons oog bereikte. Daar nu geen van beide gevallen worden waargenomen, mogen wij de conclusie voor juist houden, dat een dampkring van een iets beteekenend brekend vermogen op de maan niet wordt gevonden.

De afwezigheid van een dampkring sluit in zich, zoo niet absolute rust, dan toch doodsche kalmte. Geen windje waait daar, geen beekje ruischt daar, geen geluid plant zich daar voort in de ruimte; ware het mogelijk dat ooit een mensch in dat luchtledig leefde, dan zou voor hem de doodsche stilte alleen dan worden afgebroken, als een rotsblok, door den invloed van snelle en sterke temperatuursveranderingen losgemaakt, naar beneden stortte en de bodem de geluidstrillingen naar zijne gehoororganen overbracht. Daar vloeien zelfs geen beken. Immers de afwezigheid van lucht sluit in zich die van water; wie toch kent niet de proef met de luchtpomp, waarbij water, dat slechts weinig is verwarmd, met onstuimigheid in damp overgaat, zoodra het luchtledig nagenoeg is verkregen. De mogelijkheid van het bestaan van water staat en valt met de aanwezigheid van een dampkring, wiens drukking het belet in den gasvormigen toestand over te gaan. En ook in dezen toestand is het water op de maan niet aanwezig; had de spectroscopie ons dit niet ten duidelijkste geleerd, dan zouden wij het reeds daaruit opmaken, dat nog nooit een menschelijk oog een wolkje over hare oppervlakte heeft zien zweven.

Waar geen lucht de ruimte rondom vervult, daar is ook geen uitspannel; daar is de anders blauwe hemel pikzwart, want daar wordt het licht der zon door geen lucht- of damp-atomen naar alle zijden teruggekaatst en gebroken. En aan dien pikzwarten hemel staan de zon, de aarde en de sterren met onverbleekbaren glans. Wanneer het voor ons is nieuwe maan, dan is het, ten minste voor die eene helft der maan, die steeds naar ons is toegekeerd, *volle aarde*; als een schijf zich vertoonende wier oppervlakte het veertienvoud der volle maan bedraagt, verandert zij den langen nacht van bijna vijftien dagen voor een deel in helderen dag. In menschelijken zin gesproken is dus de eene helft van de oppervlakte der maan boven de andere zeer bevoorrecht. Toch niet zóó, dat wij, astronomen, die vaak den dampkring verwenschen, misschien uitgezonderd, het verlangen kunnen koesteren al was het ook naar deze zijde van de maan te gaan, zelfs al konden wij zonder lucht leven. Want waar gedurende een halven omwentelingsduur van vijftien dagen de zonnestralen, door geen met waterdamp vermengde dampkringslucht verzwakt, onafgebroken vallen op een bodem, die door geen tochtje

wordt afgekoeld, waar zulk een lange dag wordt opgevolgd door een even langen nacht, gedurende welken evenmin een dampkring de vrije uitstraling der warmte belet, daar moet de afwisseling zelfs voor hem, die het leven op aarde eentoonig vindt, al te groot schijnen. Wie dit alles bedenkt, en daarbij overtuigd is dat men zijnen vijanden zelfs niets kwaads mag wenschen, zal inzien, dat de gewone verwensching, door onnadenkenden vaak hunnen besten vrienden naar het hoofd geworpen, minder onschuldig is dan men zoo oppervlakkig denken zou!

---



## DE KOMETEN EN DE VALLENDE STERREN.

---

Wij zijn thans genaderd tot de beschouwing van die vreemdsoortige verschijnselen aan den hemel, die onder den naam van *kometen* gedurende vele eeuwen angst en schrik hebben verspreid over de aarde. Die tijden zijn voorbij. Wel moge nog hier en daar, in de hoekjes van de aardoppervlakte waar de stralen der beschaving niet wisten door te dringen, een komeet met een wantrouwend oog worden aangezien, overal waar de wetenschap die oppervlakte verlichtte dreef zij ook dit spook, met zoovele andere, voor zich uit, deed zij het met haren tooverstaf in rook en damp verdwijnen. Inderdaad, het is voor ons, kinderen van onzen tijd, haast om zijne oogen niet te gelooven, wanneer men daar voor zich ziet opgeslagen kronieken, zelfs nog in de zestiende en zeventiende eeuw vervaardigd, die uitsluitend ten doel hebben om aan te toonen, hoe steeds een komeet en een ongeluk gelijktijdig, of haast gelijktijdig, het menschedom hebben bezocht. Toch tempert een eenigszins nauwkeurig onderzoek dier belangwekkende libellen die verwondering machtig. Er zijn nog al wat kometen aan den hemel; wanneer men de teleskopische mederekent, zijn die er bijna altijd: en er zijn ook nog al wat rampen en ongelukken op aarde. Waarlijk, men behoeft niet eens zoo ver te gaan als die kronieken, men behoeft niet als zij, het verbranden van zestien huizen in een dorp van Westfalen, of een ziekte onder het vee in Pommeren onder de aardsche rampen op te nemen, als men steeds een komeet en een onheil aan elkander paren wil.

Wat wel het meest de vrees voor de kometen bij het bijgeloovige

volk moet hebben gewekt, is de vreemde gedaante dier hemellichamen, eene gedaante die van die der overige op zoo in het ooglopende wijze afwijkt. Reeds haar naam komeet, van het Latijnsch *coma*, *hoofdhaar*, geeft dit te kennen; *staartster* noemen ook wij Hollanders haar, schoon ons woord minder eigenaardig hare gedaante weergeeft. Meer toch met een loshangenden weligen haardos, dan met de staart van welk dier dan ook, komt de vorm van den lichtglans overeen, die in den regel het eigenlijke lichaam der komeet (fig. 29) aan eene zijde slechts tot op kleinen afstand omringt, om aan de andere daarentegen, zich in bevalligen vorm uitspreidend, langzamer-

Fig. 29.



hand op den donkeren grond des hemels zich te verliezen. Indien wij hier niet te doen hebben met een soort van uitgevers-speculatie, met een réclame zouden wij zeggen, dan blijkt het ook al weder uit de titelbladen der bovengenoemde kronieken ten duidelijkste, hoe bijgeloovige vrees het waarnemings-vermogen van den mensch kan verzwakken, kan bederven. Van Medusa-hoofden met slangenhaar omgeven, van uitgetrokken vlammeende zwaarden, die van uit den hooge het menshdom bedreigen, tot die zacht verlichte, bevallige versierse-

len, wier zeldzaam optreden aan het hemelgewelf wij haast zouden betreuren, is toch nog al eenige afstand!

Wat wij zoo even in korte trekken neêrschreven karakteriseert zeer wel de uitwendige verschijning der meeste kometen. Willen wij in een nadere beschrijving treden, dan kunnen wij zeggen, dat aan elke komeet in den regel wordt waargenomen een *hoofd*, een *kern* en een *staart*. Het hoofd vertoont zich aan de zijde, die naar de zon is gekeerd, als eene door een gebogen oppervlak begrensde heldere wolk. Dit is het integreerend deel der komeet. Bij de meeste is dit hoofd in zijn geheel slechts flauw verlicht, terwijl in een punt, ongeveer in het midden gelegen, dat licht meer opgehoopt schijnt te zijn; dit punt is de kern. Evenwel bezitten niet alle kometen zulk een kern; en zoo is het ook met den staart. Terwijl de meeste kometen een enkel zoodanig aanhangsel vertoonen, dat zich ontwikkelt aan de zijde die van de zon is afgewend, zijn er soms kometen gezien met twee staarten, één aan weerszijde, soms daarentegen kometen zonder staart. De staart ontwikkelt zich eerst als de komeet in de nabijheid komt van de zon.

Hierin nu, behalve in hare vreemde gedaante, zullen wij wel de voorname oorzaak moeten zoeken van de vrees, die den mensch door hare verschijning zoo langen tijd werd aangejaagd: een komeet verschijnt zoo plotseling, zoo onverwachts aan den hemel. Later zullen wij in een nauwkeurige beschrijving treden van den physischen toestand der kometen; voorshands zij echter reeds opgemerkt dat de stof, waaruit zulk een lichaam bestaat, zeer ijl is, zoo ijl, dat wanneer het hoofd over een vaste ster gaat, men haar schijnsel door den kern kan waarnemen. Een stof van zoo weinig dichtheid kaatst het licht der zon op zeer onvolkomen wijze terug, daar zij veel licht doorlaat. En daar nu de intensiteit van het licht, dat zij van de zon ontvangt, omgekeerd evenredig is met de tweede machten van de afstanden waarop zij zich van deze bevindt, dat wil zeggen, daar die intensiteit viermaal, negenmaal, enz. zoo zwak wordt als die afstand tot het tweevoud, drievoud, enz. toeneemt, zal de komeet al zeer nabij de zon moeten komen om zooveel licht terug te kaatsen, dat zij voor het bloote oog op aarde zichtbaar wordt. Nu loopt een komeet in dat gedeelte van hare baan, dat het naast bij de zon ligt, zeer snel, en nadert zij gelijktijdig tot de aarde als zij tot

de zon nadert. Bedenken wij nu daarbij, dat, zooals wij zoo even zeiden, de meestal zeer uitgebreide staart zich eerst in de nabijheid der zon ontwikkelt, dat dus tegelijk met de intensiteit der verlichting ook de grootte van het terugkaatsend oppervlak toeneemt, dan kunnen wij ons een voorstelling maken van de redenen waarom het plotseling optreden van een komeet aan den hemel alleen door haar plotseling verdwijnen geëvenaard wordt.

Maar kunnen ons de sterrekundigen, zoo zal men licht vragen, die anders met zoo groote nauwkeurigheid ons lang vooruit weten te vertellen wat aan den hemel zal te zien zijn, en die daarop soms niet weinig prat zijn, ons niet van de aanstaande komst eener komeet verwittigen? — Het antwoord op deze vraag moet, in de meeste gevallen ten minste, ontkennend uitvallen; eigenlijk, omdat wat men van den loop eener komeet weet zoo bitter weinig is in verhouding tot hetgeen men daarvan niet weet. Wij willen dit nader toelichten.

'Terwijl de aarde en de overige groote planeten zich allen bewegen in ellipsen, wier gedaante van die van cirkels betrekkelijk weinig verschillen, is de gedaante van de meeste kometenbanen die van een zeer uitgerekte ellips, van een ellips dus, wier lange as de korte vele malen in lengte overtreft. Van die ellips nu kennen wij slechts den top, dat is dat gedeelte waar de komeet zich ophoudt als zij nabij de zon en dus voor ons alleen zichtbaar is; en uit de kennis van dit kleine deel moeten wij tot die van het geheel geraken. Was nu de ellips niet zoo uitgerekt, dan zou dit zeer wel gaan; hoe meer zij op een cirkel gelijkt des te meer zijn al hare deelen aan elkaar gelijkvormig en gelijk. Maar van twee zeer uitgerekte ellipsen, wier toppen een nauwelijks merkbaar verschil vertoonen, verschillen de lange assen zeer aanmerkelijk; ieder kan zich hiervan overtuigen, wanneer hij een kegel snijdt door een vlak dat zeer schuins op de as staat. Een zeer uitgerekte ellips zal dan de doorsnede zijn; plaatst hij nu het vlak *iets* schuiner, dan zal hij wel de doorsnede nog veel uitmiddelpuntiger vinden, maar in den vorm der toppen van beide ellipsen geen merkbaar onderscheid ontdekken. Een kleine fout dus in het bepalen van den vorm, dien de baan eener komeet heeft in haren top, gaat zeer vele malen vergroot over in de lengte dier baan. Nu zijn alle astronomische waarnemingen, hoe nauwkeurig ook, even als elk menschelijk werk, aan fouten onderhevig; alleen de astronoom

onderscheidt zich hierin gunstig van de meeste stervelingen, dat hij vooraf weet te zeggen, hoeveel zijn fout hoogstens bedragen kan. De verschijning eener komeet geeft hem dus voldoende grond om te kunnen verzekeren dat de top harer baan een kromming heeft die hoogstens zus, en minstens zóó moet zijn. De lengten dier twee banen verschillen dan in den regel zeer; en wat nog de zwaarigheid verhoogt is, dat een fout in de lengte der baan weder zeer vergroot overgaat in den omlooptijd. Als een komeet zeer ver van de zon is verwijderd, dan kruipt zij slechts langzaam voort langs haar baan; zoo kan dan het verschil in den tijd, wanneer wij haar mogen terug verwachten, zoo groot worden, dat het buiten onze bevatting valt, dat het voor ons is als liep zij in het oneindige voort langs een baan, die niet gesloten is aan de van de zon gekeerde zijde. Maar tusschen deze wederwaardigheid en de zekerheid die wij hebben omtrent de prachtige komeet van DONATI, die in 1859 verscheen en wie velen zich nog zullen herinneren, is wezenlijk voor een mensch geen verschil. Haar omlooptijd toch is bepaald op minstens 1900 en hoogstens 2400 jaren!

Maar er is nog een andere reden waarom wij omtrent den omlooptijd van een komeet met zekerheid niets kunnen zeggen, voordat zij werkelijk op het vooraf bepaalde tijdstip is teruggekomen. Die onzekerheid is een pitvloesiel van de aantrekkende kracht, die de planeten, in wier nabijheid een komeet komt, op haar uitoefenen, een kracht die haar zoo zeer van hare oude baan kan doen afwijken, dat die moeielijk uit de nieuwe te herkennen is.

Nu is het wel mogelijk dat iemand, wien voor den geest zweeft wat wij boven over de geringe massa der kometen opmerkten, moeite heeft om zich voor te stellen dat een planeet op een zoo nietig lichaam als een komeet voldoende vat kan krijgen om die in haren loop aanmerkelijk te storen. Men vergete echter niet dat, volgens de door NEWTON ontdekte wetten der aantrekkingskracht, twee lichamen, die, ieder met zijn eigen snelheid voortgaande, elkander aantrekken, zich gaan bewegen om *hun gemeenschappelijk zwaartepunt*. Dit gemeenschappelijk zwaartepunt nu is een punt, gelegen op de lijn die de zwaartepunten van beide lichamen verbindt; en daar het zooveel malen korter bij het zwaartepunt van het zwaardere lichaam is gelegen als dit zwaarder is dan het lichtere, zal het ge-

meenschappelijk zwaartepunt van een komeet en een planeet met dat van het laatstgenoemde lichaam ongeveer kunnen samenvallen. Vooronderstellen wij nu dat een komeet, met de snelheid die zij heeft in hare baan om de zon, in de nabijheid van een planeet komt. Was die komeet vrij en hare snelheid voldoende, dan zouden beide lichamen om hun gemeenschappelijk zwaartepunt een ellips gaan beschrijven, en, daar het zwaartepunt van beide ongeveer met dat van de planeet samenvalt, zouden de afmetingen van de baan der komeet vrij aanzienlijk, die van de baan der planeet daarentegen ongeveer nul zijn. Stond dus de planeet vóór de ontmoeting stil, dan zou dit nog zoo zijn na de ontmoeting; nu zij zich beweegt om de zon, zal zij ongestoord haren loop voortzetten. En de komeet zal, daar zij in hare eigene beweging niet vrij is, wel geen baan om de planeet gaan beschrijven, maar toch van hare baan om de zon sterk worden afgeleid.

Voorbeelden van dezen wederkeerigen invloed hebben wij te over. Een komeet van grooten omvang, in 1770 door MESSIER ontdekt, kwam toen zoo nabij de aarde, dat als hare massa slechts een tien-duizendste deel van die der aarde was geweest, daaruit een merkbare verandering in onzen omloopstijd om de zon zou zijn gevolgd; toch was er van verandering, zelfs in de snelheid van de omwenteling der aarde, geen spoor. Deze zelfde komeet ging in 1779 door het stelsel der manen van Jupiter, maar zelfs aan den omloopstijd van deze kleine lichamen veranderde zij niets. Zij zelve daarentegen werd daarbij sterk gestoord in haren loop; want terwijl, volgens LEXELL's berekening, haar omloopstijd in 1770 slechts  $5\frac{1}{2}$  jaar bedroeg, moet die, bij de genoemde ontmoeting, niet minder dan 170 jaren langer zijn geworden.

Aan zulke storende invloeden moet het waarschijnlijk ook toegeschreven worden, dat de groote komeet van 1556, bekend onder den naam van *komeet van KAREL V*, en waarin latere berekeningen die van 1264 meenden te herkennen, in 1848 niet is teruggekomen. Evenwel moet dan die storende invloed zijn uitgeoefend door lichamen, aan ons onbekend; want door de aantrekking van de ons bekende planeten moest, volgens de berekening van BOMME, de komeet hare terugkomst vertragen tot 1860, en ook toen is zij niet weder gezien.

Alleen van die kometen met korten omloopstijd, die reeds op den bepaalden tijd een- of meermalen zijn teruggekomen, kan men dus met eenige zekerheid het tijdstip der terugkomst voorspellen.

Daaronder noemen wij in de eerste plaats de komeet van HALLEY, naar dezen sterrekundige genoemd omdat hij, uitgaande van de overeenkomst tusschen de banen van drie in 1531, 1607 en 1682 waargenomen kometen, voorspelde dat zij tegen het jaar 1759 zou terugkomen. Inderdaad kwam deze komeet in Maart van dat jaar op haren kortsten afstand van de zon, terwijl zij, wederom ruim 76 jaren later, op den 10<sup>en</sup> November 1835 andermaal door dat punt ging.

De tweede komeet, wier omloopstijd wij kennen, is die van ENCKE. Zij werd in 1818 ontdekt door PONS, maar daar ENCKE, door vergelijking van hare baan met die van een in 1786 en 1795 waargenomen komeet, haren omloopstijd met juistheid bepaalde, is zij naar hem genoemd. Die omloopstijd bedraagt 1200 dagen. Intusschen merkt men telkens wanneer zij haren kortsten afstand van de zon bereikt op, dat de tijd van den omloop 9 uren korter is geworden, een verschijnsel, dat zich uit den storenden invloed der planeten niet laat verklaren.

De komeet van VON BIELA verscheen in het jaar 1826, en bij deze verschijning bleek, na de berekening van de baan, de waarschijnlijkheid, dat zij reeds tweemaal te voren, in 1772 en in 1805, was waargenomen. Haar omloopstijd werd toen bepaald op ongeveer 7 jaren, maar het bleek later dat die bijna drie maanden korter is. In 1832 kwam zij zeer nabij de aarde, terwijl zij in 1846 zich splitste in twee deelen, waarvan elk een afzonderlijke kern bezit. Bij de volgende verschijning in 1852 zijn beide kernen terug gezien, terwijl het in 1859 niet mogelijk was haar waar te nemen, omdat zij toen bijna gelijktijdig met de zon aan den hemel stond. In het voorjaar van 1866 en in het najaar van 1872 heeft men te vergeefs naar hare terugkomst uitgezien; maar eene belangrijke waarneming in dit laatste tijdperk, die wij beneden hebben te vermelden, staat met haar waarschijnlijk in nauw verband.

De vierde komeet, wier omloopstijd van 2715 dagen wij met voldoende zekerheid kennen, daar men haar nu reeds viermaal na hare ontdekking in 1843, te weten in 1850, 1858, 1865, en laatstelijk in September 1873 heeft terug gezien, heet naar haren ontdekker de komeet van FAYE.

Evenzoo is het met de komeet van BRORSEN. Door genoemde sterrekundige in 1846 ontdekt, leerde in 1857 de berekening zien, dat men in een toen verschijnende komeet niets anders had te zien dan die van BRORSEN, die voor de tweede maal sedert de ontdekking door haar perihelium ging. Haar omloopstijd werd bepaald op 2037 dagen; en hoewel zij twee achtereenvolgende malen tijdens hare vermoedelijke terugkomst in de nabijheid der zon niet is gezien, zoo mocht toch in den nacht van 31 Aug. op 1 September van het jaar 1873 STEPHAN te Marseille haar weder op den bepaalden tijd op 't appèl vinden.

Eindelijk werd een komeet, door D'ARREST in 1851 ontdekt en wier omloopstijd toen op 2348 dagen was berekend, in 1857 op den bepaalden tijd teruggezien. Op het einde van 1863 en in het begin van 1864 bevond zij zich, voorondersteld dat zij toen is teruggekomen, te kort bij de zon dan dat men haar kon waarnemen. Tijdens haren doorgang door het perihelium, die in 1870 moest plaats hebben, bevond zich die komeet weder op den behoorlijken tijd in dat punt, hetwelk ons gegrondde hoop doet koesteren dat wij ook in den aanvang van het jaar 1877 niet van haar bijzijn zullen verstoken blijven.

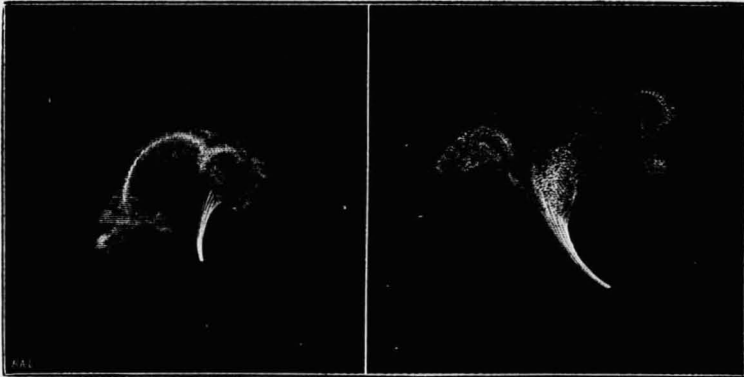
Wat nu den physischen toestand eener komeet aangaat, tot voor weinige jaren wist men daaromtrent niets naders, dan wat wij boven mededeelden omtrent de ijzheid van de stof, waaruit zij bestaat. Inderdaad zijn de vragen, die bij de overweging van de natuur der kometen oprijzen, bijzonder moeilijk te beantwoorden. Een van de eerste dier vragen is wel deze, of de massa dier lichamen geheel gasvormig is, dan wel of in hare kernen vaste of vloeibare stof is opgehoopt. En mocht dit al zoo zijn, zijn dan de kern en het hoofd op dezelfde wijze samengesteld als de staart, en onder welken invloed ontwikkelt zich dan dit vreemdsoortig aanhangsel, dat eerst in de nabijheid van de zon te voorschijn komt, om wanneer de komeet zich van haar verwijderd weder snel af te nemen en ten laatste geheel te verdwijnen? En niet alleen dat deze staart ontstaat, aangroeit, afneemt en verdwijnt onder ons oog, ook de kern ondergaat dikwijls zonderlinge veranderingen van gedaante. De figuren 30 en 31 geven daarvan eene duidelijke voorstelling. De eerste vertoont ons de kern der komeet van 1862, links zooals zij zich op den 23<sup>sten</sup> Augustus om 1 uur in den morgen, rechts zooals zij zich denzelfden dag des avonds om 9 uur vertoonde. En terwijl de laatste



ons links de gedaante van het gansche hoofd laat zien op bovengenoemd tijdsip, geeft zij rechts een afbeelding daarvan zooals die zich 24 uur later voordeed.

In den loop van zeventien dagen zag CHACORNAC, van wien deze afbeeldingen afkomstig zijn, dertien malen eene heftige ontwikkeling plaats grijpen gelijk aan die van onder hooge drukking ontsnappenden stoom, en deze uitbarstingen zag hij juist òf aan de zijde die van de zon was afgekeerd, òf in een richting tegenovergesteld aan die waarin zich de komeet bewoog. FAYE nam uit deze verschijnselen aanleiding om aan de warmte der zon eene afstootende kracht toe te kennen; eene kracht dus, die werkt in een zin tegenovergesteld

Fig. 30.



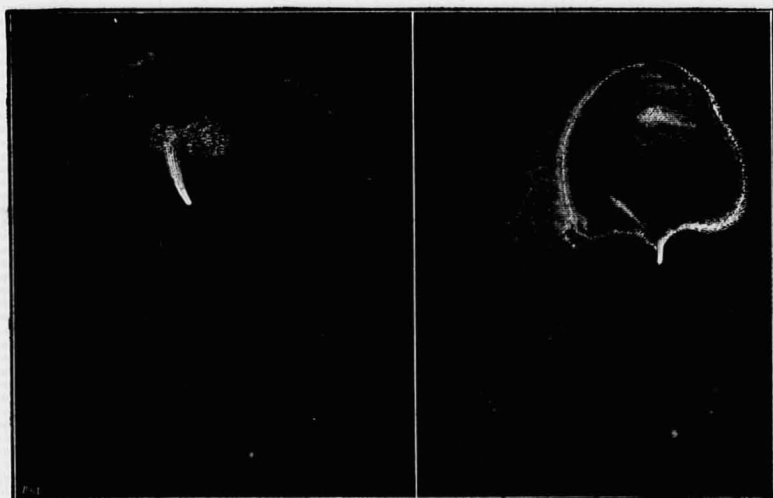
aan die van de aantrekkende kracht harer massa. Zijne beschouwingen betreffende de oorzaak van de gedaanteveranderingen, die een komeet ondergaat, kunnen wij best aldus samenvatten.

Stellen wij ons voor, dat een komeet zich ver van de zon bevindt, zoodat al hare deelen ongeveer met gelijke kracht door deze worden aangetrokken, zoo zullen de stoffen, waaruit zij bestaat, zij mogen dan vast, vloeibaar of gasvormig zijn, onder den invloed van de aantrekking die zij op elkander uitoefenen, zich in lagen boven elkander plaatsen en tezamen een bolvormig lichaam vormen; de dichtere stoffen zullen daarbij rondom het middelpunt, de ijlere aan de oppervlakte komen te liggen, te meer dewijl de geringe warmte op dien grooten afstand van de zon eene zoodanige regelmatige plaatsing der stoffen niet zal kunnen beletten. Van daar dan ook de ronde

gedaante, die de kometen op grooten afstand van de zon hebben, en die er van getuigt dat hare deelen onder den invloed staan van krachten die werken in de richting van het middelpunt.

In dien toestand komt echter langzamerhand verandering, naar mate de komeet de zon nadert. De deelen die naar deze zijn toegekeerd worden dan merkbaar sterker aangetrokken dan het middelpunt, en dit weder sterker dan de van haar afgekeerde deelen. Het gansche lichaam verkrijgt dus, door eene werking overeenkomstig met die, waardoor op aarde ebbe en vloed ontstaat, eene in de richting van de zon

Fig. 31.



uitgerekte gedaante. De aantrekking van de verschillende deelen op elkander is dan echter nog overwegend; zij blijven nog bij elkander, en de gansche oppervlakte behoudt nog hare gewelfde gedaante.

Nadert nu echter de komeet de zon nog meer, dan ontstaat door de toenemende verhitting harer deelen een zoo sterke uitzetting van de komeet, dat zij geheel in damp overgaat, dat zelfs de stof waaruit zij bestaat gedeeltelijk den gasvormigen toestand aanneemt. Nu begint de derde periode, dat wil zeggen die waarin zich aan de komeet een staart ontwikkelt; en om deze te verklaren neemt FAYE zijn toevlucht tot de terugstootende kracht waarvan wij boven spraken, een kracht wier oorsprong hij zoekt in de buitengewoon groote hitte van

de oppervlakte der zon. Van welke natuur echter deze kracht zij, die, terwijl zij op de aarde en op de overige planeten geen merkbare uitwerking heeft, bij de kometen in weinige dagen millioenen mijlen lange staarten ontwikkelt, daarover laat de genoemde geleerde zich niet uit.

Volgens ZÖLLNER'S beschouwingen zijn de kometen vloeibare massa's, die, zoolang zij in het wereldruim ver van elke vaste ster zich voortbewegen, eene zeer lage temperatuur hebben. Zoodra echter komen zij niet door de overwegende aantrekking van een dezer sterren, bijv. van de zon, in hare nabijheid, of dampvorming begint aan de zijde die naar die zon is toegekeerd. De massa, die aan de tegenovergestelde zijde is gelegen, bevindt zich als in de schaduw van de zoo even genoemde; warmtestralen kunnen tot haar niet onmiddellijk doordringen, zoodat alle warmte, die zij ontvangt, door geleiding of streaming tot haar moet komen. Zoodanige vloeibare massa's zullen dus in de nabijheid van de zon zich voor ons moeten voordoen als lichamen die zijn omgeven door een omhulsel van damp, die voortdurend ontstaat aan de naar de zon gekeerde zijde. Hoe kleiner hare massa's zijn, op des te grooteren afstand van de zon zullen zij geheel in kogels van damp zijn veranderd, en, daar zij geheel doorschijnend zijn, zal er dus geen onderscheid tusschen hare naar de zon gekeerde en van deze afgewende zijde meer zijn te bespeuren.

Om verder het ontstaan van den staart te verklaren neemt ZÖLLNER zijn toevlucht tot elektrische werkingen. Opmerkende dat, volgens veelvuldige waarnemingen, in het ontstaan van damp zoowel als in het langs mechanischen weg vaneen scheuren van deeltjes eener vloeistof bij het verstuiven van waterstralen een rijke bron van elektriciteit ligt opgesloten, neemt hij aan dat de dampen, die bij de nadering van de komeet tot de zon ontwikkeld worden, noodzakelijk elektrisch zijn moeten. En daar nu op de zon, tengevolge van de hevige uitbarstingen aan hare oppervlakte, evenzoo eene buitengewoon groote ontwikkeling van elektriciteit moet plaats hebben, is tot verklaring van het ontstaan van den staart niets meer noodig dan aan te nemen, dat beide elektriciteiten, die van de zon en van de komeet, gelijknamig zijn, om daaruit de afstooting van den uitstroomenden damp naar de zijde die van de zon is afgewend te verklaren. Want als de massa van een lichaam sterk afneemt, kan op haar de werking van

de vrije elektriciteit het overwicht verkrijgen over die van de zwaartekracht; zoo zullen dan ook de dampen, die van de komeet uitstroomen en van wier ijzheid wij ons vroeger reeds overtuigden, onder de werking van de vrije elektriciteit der zon, als deze met hare eigene vrije elektriciteit gelijknamig is, van de zon worden afgestooten.

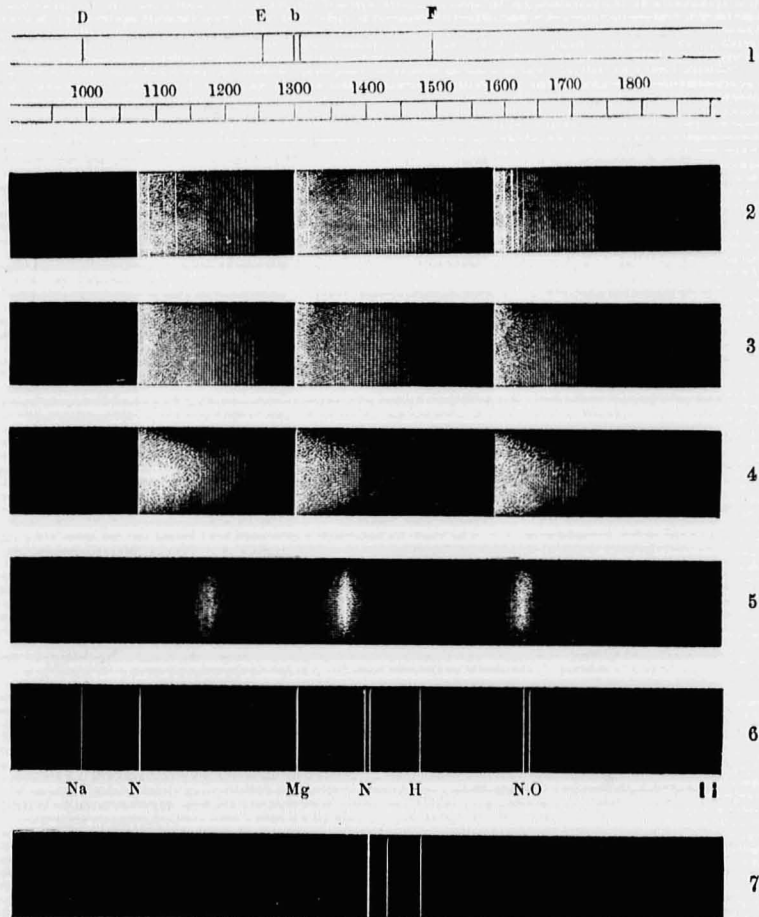
Wij zien het, ZÖLLNER'S theorie heeft bij die van FAYE dit voor, dat zij alle verschijnselen verklaart zonder haar toevlucht te nemen tot het ondersteld bestaan van een nieuwe natuurkracht, wier werking nergens elders merkbaar is. Want moge nog op haar tegenwoordig standpunt de wetenschap hebben uit te maken, welke van beide theoriën de ware zij, zoo onttrekt zich gene niet als deze aan hare kritiek, aangezien werkingen, overeenkomende met de in haar aan de zon toegeschrevene, hier op aarde overal onder het bereik der waarneming vallen.

Een andere vraag van groot gewicht is zeker weer die naar den aard van het licht, dat door de kometen wordt uitgestraald; en op deze mogen wij verwachten dat de spektroskoop ons eenig beslist antwoord geven zal. Inderdaad hebben wij met behulp van dit werktuig de zekerheid gekregen, dat dit licht gedeeltelijk teruggeskaatst zonlicht, gedeeltelijk eigen licht is. Volgens SECCHI'S waarnemingen op de komeet van TEMPEL, bestond haar spectrum uit een zwak verlichten onafgebroken band, die van het eerste getuigt, en staken daarop twee heldere strepen af, die pleiten voor het laatste. Het spectrum van twee in 1868 verschenen kometen, die van BRORSEN en van WINNECKE, werd ook onderzocht door HUGGINS. In fig. 32, n<sup>o</sup>. 4 en 5, zijn beide afgebeeld naar eene teekening van dezen waarnemer; n<sup>o</sup>. 2 is het spectrum dat de elektrische vonk geeft als zij in olijfolie, n<sup>o</sup>. 3 als zij in olievormend gas overslaat, terwijl n<sup>o</sup>. 6 en 7, ter vergelijking, de strepen van eenige elementen en van een nevelvlek ons vertoonen.

Deze waarnemingen doen wel is waar uitspraak over de natuur van het licht der komeet; het onafgebroken, zwakke spectrum is dat van het op zeer onvolkomene wijze teruggeskaatste zonlicht, de heldere strepen dat van een gloeiende damp of gas. Maar van welken aard is dat gas? De zoo even besprokene figuur geeft ook hieromtrent eenige uitkomst. Van olijfolie en van olievormend gas zijn de koolstof karakteristieke bestanddeelen; de spectra 2 en 3 zijn dan

ook eigenlijk die van laatstgenoemd element; en tusschen beide spectrums en de in 4 en 5 voorgestelde van het kometenlicht, is meer dan toevallige overeenkomst. Maar in welken toestand is dan de koolstof in die hemellichamen voorhanden? Als koolwaterstofgas?

Fig 32.



Maar dan laat het zich niet verklaren vanwaar de hooge temperatuur komt, die een uit strepen bestaand spectrum voortbrengt, een spectrum dat slechts dan ontstaat, als koolstofverbindingen door hitte ontleed worden. Wij weten dat gassen, zelfs als zij zoo verdund zijn als in de Geissler'sche buizen, licht uitstralen als de elektrische vonk

er door slaat; maar ook bij dit verschijnsel worden wij weder verwezen naar een temperatuur, hooger dan die van den staart eener komeet.

Merkwaardig in dit opzicht zijn de proeven van TYNDALL, die doen zien dat de dampen van sommige vluchtige stoffen, wanneer zij door sterk zonnelicht of door elektrisch licht worden bestraald, onder sterke lichtontwikkeling ontleed worden. Bij deze proeven bediende hij zich van een ongeveer een meter lange en 7,5 centimeter wijde glazen buis, die aan weerszijde door een glazen plaat was gesloten, en luchtledig kon gemaakt worden door een luchtpomp. Deze buis werd zoo voor de elektrische lamp gezet, dat deze hare stralen, nadat die door een lens zwak convergeerend waren gemaakt, in de richting van de as door de buis zond. Liet men nu eenige lucht in de buis stroomen, die over eene der bovengenoemde vloeistoffen niet meer dan heengestrekten was, en liet men daarna in het donker het licht der lamp door de buis gaan, dan scheen deze in het eerst geheel leeg. Na eenigen tijd evenwel vormde zich een blauwachtig wolkje, dat langzamerhand zich uitbreidde, en ten laatste de geheele buis met een helder blauw licht vulde.

Om de haast onbegrijpelijke gevoeligheid van de dampen dezer vloeistoffen voor de werking van het licht duidelijk te maken, zullen wij omtrent een dezer proeven in eenige nadere bijzonderheden treden. Nadat de buis met warmen wijngeest, heet zeepsop en daarna met zuiver water was omgespoeld, werd zij leeggepompt; het licht van de lamp werd door de buis gezonden, maar niet het minste lichtwolkje trad daarin te voorschijn. Nu draaide TYNDALL een stukje vloeipapier samen tot een balletje veel kleiner dan een erwt, bevochtigde het met allyljodid — een der zooeven genoemde vloeistoffen — en hield het tusschen zijn vingers tot het zoo goed als droog was; daarop plaatste hij het in een buisje waardoor lucht werd gevoerd naar de buis waarin de proef werd genomen. Niettegenstaande nu deze lucht bij het strijken over het balletje vloeipapier, slechts een onnoemelijk kleine hoeveelheid damp van de vloeistof kon hebben medegenomen, begon de vorming van wolken reeds een minuut nadat het licht van de lamp door de buis was gezonden. Na vijf minuten was deze gevuld door een blauwe lichtgevende wolk, die al helderder werd en na vijftien minuten een sterk wit licht uitstraalde. Toch bleef de buis geheel doorschijnend. De vlam van een kaars, die men

er achter hield, werd even weinig verduisterd als wanneer de buis leeg was geweest, en schrift, dat door de wolk werd verlicht, kon men als men het achter de buis hield even goed lezen als wanneer men het er voor hield. Bij al deze proeven had TYNDALL gezorgd dat het licht van al zijne warmte was beroofd vóór het in de buis viel, zoodat al de verschijnselen alleen werden veroorzaakt door de zoogenaamde chemische lichtstralen, die de vloeistof ontleedden; de minder vluchtige bestanddeelen werden daarbij in uiterst fijn verdeelden toestand nedergeslagen, en kaatsten het invallend licht sterk terug.

Uit deze proef dan blijkt, dat stof in uiterst verdeelden toestand in staat is licht terug te kaatsen, dat helderder zelfs is dan dat van den staart eener komeet. Is het te verwonderen, dat, van die ontdekking uitgaande, TYNDALL getracht heeft een theorie omtrent de natuur der kometen te ontwerpen? Volgens hem bestaat zulk een lichaam uit damp, die onder de werking van het zonnelicht wordt ontleed; het hoofd en de staart zijn de daardoor voortgebrachte lichtgevende wolk. Deze bestaat niet uit stof die uit het hoofd stroomt, maar uit stof die door de stralen der zon, als deze door de komeet zelve zijn gegaan, wordt neergeslagen in de gansche ruimte waardoor zij zich in de atmosfeer der komeet uitbreiden. Men behoeft dan ook niet meer, om te verklaren hoe de staarten der kometen in weinige dagen zich tot eene lengte van millioenen kilometers kunnen uitstrekken, zijn toevlucht te nemen tot de onderstelling, dat de stof met deze ongehoorde snelheid in de ruimte wordt weggestooten; de snelheid, waarmede die schijnbare staarten zich ontwikkelen, behoeft dan slechts zooveel geringer te zijn dan die van het zonnelicht, als er tijd verloopt tusschen het oogenblik waarop dit in den damp tot zeker punt doordringt, en dat waarop het dien heeft ontleed. Komt de komeet nader bij de zon, dan verandert de richting waarin de zonnestrallen hare atmosfeer doordringen voortdurend; en zoo zal dan ook de richting van den schijnbaren staart voortdurend veranderen, maar daarbij steeds van de zon zijn afgewend. En dat de verdichting der dampen juist achter het hoofd van de komeet plaats heeft, en wel in de ruimte waarover dit zijn schaduw uitbreidt, kan hieruit worden verklaard, dat de warmtestralen sterker door het hoofd en de kern worden geabsorbeerd dan de chemische stralen. Zoodra de damp, die vroeger den staart vormde, ten gevolge van de verandering in den be-

trekkelijken stand van de zon en de komeet, niet langer voor den onmiddellijken invloed der warmtestralen wordt beschut, vervluchtigt hij: en in dezen vluchtigen toestand, waarin hij geheel doorschijnend is, verkeert in den regel dan ook dat gedeelte van de atmosfeer der komeet, dat naar de zon is toegekeerd. Om kort te gaan, volgens TYNDALL is een komeet een lichaam, dat bestaat uit damp, die, aan de zwaartekracht gehoorzamende, rondom een middelpunt meest is opgehoopt, maar waar omheen zich naar alle zijden een bolvormige, langzaam in het niet overgaande dampkring uitstrekt. De staart is dan slechts een denkbeeldig iets, de vorm slechts waaronder wij den schaduwkegel van het hoofd zien gaan door den dampkring. Waar die schaduw valt, daar heeft de werking der chemische stralen vrij spel, daar kan de werking van de warmtestralen de nedergeslagen bestanddeelen van den damp niet, door die onmiddellijk te vervluchtigen, het vermogen benemen het zonnelicht sterk terug te kaatsen. En slechts weinige hektogrammen van den damp, waarvan TYNDALL zich bij zijn proeven bediende, zou in staat zijn op deze wijze een staart te vormen, wier grootte en helderheid die van DONATI'S komeet evenaart. Evenwel, zoolang niet het dampvormig lichaam gevonden is, dat aan de eigenschappen van het door den zooeven genoemden natuurkundige gebruikte deze paart, dat het een spectrum geeft overeenkomstig met dat der kometen, zoolang zal, al mocht ook zijn theorie door verdere waarneming bevestigd worden, het wezen van de stof waaruit de kometen bestaan, voor ons een raadsel blijven.

Eer wij nu voor goed van deze wonderbare hemellichamen afscheid nemen nog een paar opmerkingen.

De kometen, met haren in de nabijheid der zon snellen loop, met hare meestal ten opzichte van het vlak der aardbaan sterk hellende banen, met hare dikwijls teruggaande beweging, behoren om al deze redenen waarschijnlijk oorspronkelijk niet tot het zonnestelsel. Reeds in vroegere opstellen merkten wij op, dat, op eene enkele uitzondering na, alle planeten om de zon, alle wachters om hunne planeten, in dezelfde richting loopen, alle uit het hoofdlichaam gezien van de rechter- naar de linkerhand. In deze overeenkomst ligt eene zoo duidelijke aanwijzing eener gemeenschappelijke afstamming, dat zij aan LAPLACE aanleiding gaf zijne reeds meermalen besprokene nevelhypothese op te stellen. Boden uit die verwijderde streken van



het heelal zijn ons dus de kometen, en wij kunnen het slechts betreuren, dat de wetenschap tot nog toe die boden niet beter aan het spreken heeft weten te brengen.

Een andere opmerking staat in verband met wat wij in de inleiding van dit hoofdstuk zeiden. Want al moge de vrees voor de kometen als ongeluks-profeten vrij algemeen geweken zijn, bij velen heerscht nog die andere, dat misschien wel eens de aarde met een dezer onverwachte gasten in botsing zou kunnen geraken. En wat dan!

Zoo werd in 1832, wel wat voorbarig, bekend gemaakt dat de komeet van VON BIELA in dat jaar, bij den doorgang van het perihelium, met de aarde in botsing zou komen. De vrees voor dit samen-treffen bracht vele hoofden op hol; men meende dat het einde van de wereld, of liever dan toch van de aarde, gekomen was. Bij eene nauwkeurige berekening echter bleek het dat de komeet een maand vroeger dan de aarde zou aankomen in het punt waar beider banen elkander snijden. En hoewel dit velen de gemoedsrust teruggaf, waren er toch onder hen, die aan de berekeningen der sterrekundigen geloof sloegen, nog genoeg, die meenden dat zulk een doorgang wel eens schade kon veroorzaken aan de aardbaan. Alsof de aarde op rails liep! Of liever nog, alsof het aan de gedaante van de baan, die een bom in de lucht beschrijft, iets zou veranderen als hij gaat door een punt waardoor eenigen tijd vroeger een andere bom ging!

Maar als wij dan toch eens gelijktijdig in zulk een snijpunt aankwamen?

Het is niet veel langer dan een eeuw geleden, toen men meende dat zulk eene ontmoeting voor onze aarde de treurigste gevolgen zou moeten hebben, dat zij op aarde of voor de tweede maal een algemeenen zondvloed zou kunnen veroorzaken of haar in een zee van vuur zou doen ondergaan. Misschien ook wel zou zij ons medenemen in streken verder van de zon verwijderd dan die waar *Saturnus'* baan is gelegen, en dan zouden wij een winter te gemoet gaan, die menschen noch dieren zouden kunnen doorstaan. Anderen, bij voorbeeld MAUPERTUIS, zagen ook de voordeelen niet voorbij, die de aarde zou kunnen ten deel vallen ten gevolge van de aantrekking van zulk een lichaam, als het eens zoo ongeveer langs haar heenstreek; in plaats van de wisselende jaargetijden konden wij dan wel eens een eeuwige lente krij-

gen, en in plaats van ééne maan er vele, even als *Saturnus*. Ook verloor hij niet de mogelijkheid uit het oog, dat de komeet wel eens een zeer kleine massa kon hebben; en dan zou de aarde misschien slechts met de vernieling van een of ander rijk op hare oppervlakte de kosten der ontmoeting hebben te betalen!

Inderdaad geeft de groote ijlheid der kometen, waarvoor wij reeds boven eenige bewijzen bijbrachten, ons recht om te vermoeden dat de schok, waarvan in al die bespiegelingen sprake is, onmerkbaar zijn zou. Toch hebben wij geen recht om in dit opzicht uit het bijzondere tot het algemeene te besluiten. Zoo heeft bij voorbeeld FAIJE de massa van de komeet van DONATI geschat op ongeveer zeven honderdste deelen van die der aarde; zij moet dan, eveneens naar de berekening van dien natuurkundige, een gewicht hebben gelijk staande aan dat van een zee, die een oppervlakte van 64000 kilometers en een diepte van 100 meters heeft. Ongetwijfeld zouden, als zulk een lichaam met zijne groote snelheid in botsing kwam met de aarde, de gevolgen niet uitblijven.

Maar wat ons vooral kan gerust stellen is de aan onmogelijkheid grenzende onwaarschijnlijkheid, dat wij ooit gelijktijdig met een komeet in een punt van onze baan zullen samenkomen waar die door een kometenbaan gesneden wordt. OLBERS heeft die kans berekend en gevonden dat zij gelijk staat met deze andere, om van twee milioen witte en ééne zwarte boon, als zij goed dooreen zijn geschud, bij den eersten greep de zwarte te treffen!

---

#### DE VALLENDE STERREN.

Er is bijna geen heldere avond, waarop men, met eenige volharding den hemel beschouwende, niet binnen het uur boven den horizon drie, vier of meer van die snel voorbijgaande verschijnselen ziet, waaraan men in het algemeen den naam van *vallende sterren* heeft gegeven. Maar hoezeer ook deze naam den indruk van het verschijnsel vrij getrouw wedergeeft, van het feit, dat daar geschiedt, geeft hij al eene zeer scheve voorstelling. Lang toch moge men aan de

vallende sterren zooveel aandacht gewijd hebben als alleen met haar kort bestaan evenredig was, lang moge men met betrekking tot haar zelfs niet het recht hebben gehad tot eene ontkennende verzekering als de zoo even gegevene, zelfs thans nog moge veel omtrent deze hemellichamen ons duister schijnen, zooveel zal wel zeker zijn dat men in die lichten, waarvan men niet bemerkt van waar ze komen noch waar zij heengaan, geene sterren aanschouwt, die op willekeurige wijze van plaats veranderen.

De eersten, van wie wij met zekerheid weten dat zij de vallende sterren tot het voorwerp eener gezette waarneming hebben gemaakt, waren, op het einde van de vorige eeuw, BENZENBERG en BRANDES, twee toen nog jeugdige geleerden. Het was er hun voornamelijk om te doen uit te maken, of deze verschijnselen tot de zoogenaamde ondermaansche behoorden, of men aannemen kon dat zij plaats hadden in den dampkring der aarde. Door op twee van elkander verwijderde plaatsen zooveel mogelijk van dezelfde vallende sterren de hoogte waar te nemen, trachtten zij te geraken tot eene raming van haren afstand. Want zoo men den afstand der waarnemers en die beide hoogten kent, dan zijn van een driehoek de basis en de hoeken aan de basis gegeven, zoodat men de lengte zijner opstaande zijden kan berekenen; ten minste wanneer niet de afstand op aarde in verhouding tot die opstaande zijden zoo klein is, dat deze zijden van evenwijdige lijnen niet zijn te onderscheiden. Beide genoemde sterrekundigen vonden, dat die hoogte afwisselt tusschen 1 en 30 kilometers, en tot deze conclusie kwam ook OLBERS, toen hij zijne meer nauwkeurige rekenwijze op hunne waarnemingen toepaste. Intusschen verdienen zulke waarnemingen niet al het vertrouwen dat men daaraan zoo gaarne zou willen schenken; want de verschijnselen zijn van zoo korten duur en komen zoo plotseling op, dat het moeielijk is uit te maken of een vallende ster, die twee waarnemers op verschillende plaatsen der aarde voor dezelfde houden, inderdaad dezelfde is. Volgens VON HUMBOLDT dalen sommige zelfs tot op de hoogte der Chimborasso, dat is tot op 8000 meters boven de oppervlakte der zee, terwijl volgens HEIS een vallende ster die te Berlijn en te Boston werd gezien, eene hoogte van 460 kilometers had toen zij ontvlamde, en eene van 310 kilometers toen zij werd uitgedoofd. Tusschen deze grenzen heeft men alle mogelijke waarden voor de

hoogte gevonden; maar voor het meerendeel overtreft die 60 kilometers, dat wil zeggen den afstand, tot waar de dampkring der aarde eene voor ons merkbare dichtheid heeft.

Merkten wij in den aanvang op, dat het aantal vallende sterren, hetwelk men in den regel in een uur kan waarnemen, drie of vier is, QUETLET stelt dit aantal zelfs op acht. Deze opmerking geldt evenwel slechts in het algemeen. Op twee tijdstippen van het jaar, die vallen, het eene tusschen den 7<sup>en</sup> en den 14<sup>en</sup> Augustus, het andere tusschen den 11<sup>en</sup> en den 14<sup>en</sup> November, is dit aantal aanmerkelijk grooter. Op het eerstgenoemd tijdstip bedraagt het aantal vallende sterren, dat volgens betrouwbare waarnemingen op verschillende plaatsen op aarde in een uur wordt gezien, soms meer dan honderd; HEIS nam er te Munster in 1863 omstreeks middernacht in een uur 141 waar. Aan dit verschijnsel gaf het volk in vroegere dagen den naam van *St. Laurens-regen*; het hield die vallende sterren voor de brandende tranen van den martelaar, wiens naamdag op den 10<sup>en</sup> Augustus valt. Deze regen van vallende sterren gedurende de Augustus-periode ondergaat in den loop des jaars, wat de talrijkheid betreft, regelmatige veranderingen; toch onderscheidt zich in dit opzicht de November-periode van haar op eene wijze, die wij niet mogen nalaten zoo aanstonds meer uitvoerig onze aandacht te schenken.

Thans zij slechts opgemerkt dat in 1835 ARAGO op de beide verschijnselen eene theorie heeft gegrondvest, die men tot nog toe door geene betere heeft weten te vervangen, die ook door alle latere waarnemingen is bevestigd. Volgens hem zijn de vallende sterren lichamen, die, even als de planeten, zich onder den invloed van de aantrekking der zon om deze bewegen, en die hoofdzakelijk twee ellipsvormige ringen vormen, welke de aardbaan snijden in de punten, waar die zich tijdens de genoemde perioden bevindt. Haar plotseling verdwijnen wordt volgens ARAGO veroorzaakt, doordien, als zij met groote snelheid de uiterste grenzen van onzen dampkring doorklieven, de temperatuur harer uit gemakkelijk ontleedbare scheikundige verbindingen samengestelde massa's door de wrijving wordt opgevoerd tot eene hoogte, waarop de verbranding kan geschieden. Heeft deze plaats gehad, is de buitenste oppervlakte met een laag van niet ontvlambare verbrandings-producten bedekt, of verwijderen zij zich zoo ver van de aarde

dat zij in de zeer ijle lucht geen merkbaaren weerstand meer ondervinden, dan worden zij even plotseling uitgedoofd als zij verscheenen zijn.

Tegen deze theorie zou alleen dit zijn in te brengen, dat, volgens onze zoo even verstrekte opgaven, de banen van de meeste vallende sterren buiten den dampkring liggen. Toch moet men daarbij niet uit het oog verliezen dat wij gewoon zijn de grenzen van den dampkring dáár te stellen, waar die ons door waarnemingen betreffende den duur der avond- en morgenschemering schijnen te liggen, terwijl toch die dampkring, welken wij ons nooit als een begrensde ruimte kunnen voorstellen, zich wel verder kan uitstrekken dan daar waar hare ijle massa nog in staat is het zonlicht naar onze woonplaatsen terug te kaatsen. Brengen wij de groote snelheid in rekening, die voor sommige vallende sterren 85 en zelfs 175 kilometers, dat wil zeggen het dubbel of het vijfvoud van de snelheid der aarde bedraagt, dan is de onderstelling geenszins ongerijmd, dat zelfs bij de grootste ijtheid der middenstof, waarin zij zich bewegen, een weerstand kan worden geboden, voldoende om een groot deel van haar arbeidsvermogen van beweging in warmte om te zetten.

Het is van het tijdstip af, waarop deze theorie door ARAGO op den voorgrond werd gesteld, dat de vallende sterren het voorwerp van de gezette waarneming van verscheidene sterrekundigen uitmaken. Deze leverde zeer belangrijke uitkomsten op, uitkomsten, die de theorie in die mate bevestigden, dat, zoo men niet langs den weg der waarneming tot haar van zelf was gekomen, men ter toetsing van de theorie een onderzoek zou hebben kunnen instellen naar het al of niet bestaan van deze feiten, die uit haar met noodzakelijkheid moeten voortvloeien. Onder deze uitkomsten vermelden wij in de eerste plaats de ontdekking van het *uitstralingspunt* door OLMSTEDT. Wat toch lag meer voor de hand dan dat, indien de aarde bij haren loop om de zon een zwerm vallende sterren ontmoette, het punt waar verreweg de meeste in den dampkring moesten treden voor elken waarnemer, wáár ook op aarde geplaatst, hetzelfde moest zijn, en dat dit punt moest gelegen zijn aan den voorkant van den dampkring, dat wil zeggen aan de zijde waarheen zich de aarde bewoog. Welnu, zulk een punt is het *uitstralingspunt*. Wanneer gedurende eenige nachten vele vallende sterren worden gezien, dan schijnen zij voor ieder die ze waar-

v. d. V. III.

neemt te ontstaan om hetzelfde punt van den hemel, en wel in dat sterrebeeld, waarop alsdan de beweging der aarde is gericht. In Augustus is dit een ster ( $\beta$ , *Algol*) in het sterrebeeld *Perseus*, in November een ster ( $\gamma$ ) in *de Leeuw*. Daar het punt van den hemel, waarop de beweging der aarde op eenig oogenblik gericht is, met een kleine afwijking in de verschillende maanden des jaars, zes uren voor de zon door den meridiaan van een plaats gaat, moet het aantal vallende sterren in den morgen steeds grooter zijn dan omstreeks middernacht. Hoe hooger toch het uitstralingspunt, waar omheen de meestal vrij korte banen der vallende sterren liggen, boven den horizon staat, des te meer kans bestaat er voor hare waarneming. Voor ons daarenboven, en nog meer voor hen die minder ver dan wij van den evenaar verwijderd wonen, zal omstreeks den 22<sup>sten</sup> Maart het aantal vallende sterren in den morgenstond kleiner zijn dan omstreeks den 22<sup>sten</sup> September, aangezien op het eerstgenoemd tijdstip het uitstralingspunt zoo hoog mogelijk, op het tweede daarentegen zoo laag mogelijk boven den horizon zal gelegen zijn. En al deze vooruit beredeneerde bijzonderheden, die het verschijnsel moet opleveren, worden ook in de uitkomsten der waarneming opgemerkt; zoodat het aan geen redelijken twijfel meer onderhevig is of de vallende sterren zijn lichamen die in ringen zich bewegen om de zon. Wat de zoogenaamde *sporadische* aangaat, dat wil zeggen die, welke men elken nacht aan de meest verschillende punten des hemels ziet verschijnen, zij schijnen door de aantrekking van onze planeet uit hare oorspronkelijke banen geworpen; misschien dat er onder haar zijn, die door de werking dier kracht gedwongen zijn geworden om de aarde op haren loop te vergezellen. Zoo meent PETIT aan een dezer lichamen een omloopstijd van 3 uren en 20 minuten om haar te mogen toeschrijven.

Liever echter dan ons langer bezig te houden met deze nog zoo problematische metgezellen van de maan, willen wij thans de aandacht schenken aan den in vele opzichten merkwaardigen November-ring.

Toen VON HUMBOLDT en BONPLAND zich den 12<sup>den</sup> November 1799 te Cumana in Venezuela ophielden, zagen zij des morgens tusschen 2 en 3 uur den hemel doorsneden door talloze lichtbogen, die zonder ophouden van het noorden naar het zuiden door even zoo vele vallende sterren werden beschreven; het was alsof men een prachtig

vuurwerk op een ontzaglijke hoogte zag afsteken. Goote vuurbollen, die dikwijls een schijnbare middellijn hadden gelijk aan die der maan, vervolgden met statigheid hun weg te midden van die lange, verschillende gekleurde lichtstrepen. En dit zelfde verschijnsel werd gelijktijdig gezien in Brazilië, Labrador, Groenland, Duitschland en Fransch Guyana.

Dit zelfde verschijnsel herhaalde zich in 1833. Langs de oostkust van Amerika, van de golf van Mexico tot Halifax, waren van negen uur in den avond tot het opgaan der zon de vallende sterren zoo talrijk en zij vertoonden zich aan zoovele verschillende punten van den hemel, dat men haar bij geen mogelijkheid tellen kon. OLMSTEDT telde, toen het verschijnsel reeds sterk aan het afnemen was, 650 sterren in 15 minuten aan een gedeelte des hemels, dat geen tiende deel was van het boven den horizon zichtbare. Hij schat het aantal sterren, dat toen in een uur den hemel doorkliefde, op niet minder dan 34,640; om van het gansche verschijnsel, toen het op zijn prachtigst was, een denkbeeld te geven, vergelijkt hij het aantal sterren bij de helft van het aantal vlokken gedurende een gewone sneeuwbus. Van het jaar 1834 af daalde het aantal sterren der November-periode voortdurend, tot het in 1862 weder begon toe te nemen, om in 1866 en 1867 wederom een maximum te bereiken. Schoon in laatstgenoemd jaar het verschijnsel hier tengevolge van het sterke maanlicht minder prachtig was, heeft men op Guadaloupe en in Noord-Amerika, op een tijdstip toen hier de zon reeds was opgegaan, vallende sterren bij duizendtallen waargenomen.

Welke conclusie is uit deze feiten te trekken? Geen andere dan deze, dat de sterren van de November-periode wel is waar een elliptischen ring om de zon vormen, maar dat toch over eene groote uitgebreidheid van deze het aantal dier lichamen het gemiddelde verre overtreft. Telken jare gaat in November de aarde door dezen ring; en daar zijn helling ten opzichte van de eliptica zeer klein is, zal het uitstralingspunt slechts op weinige graden verwijderd liggen van het punt, waarop de beweging der aarde dan juist gericht is. Door de telken jare terugkeerende storende werking van de aarde zijn sommige van de kleine lichamen, die dezen ring vormen, verwijderd van de hoofdmassa en is deze zelf reeds zoozeer uitgerekt, dat er meer dan twee jaren verloopen eer zij door het snijpunt van den ring

met de aardbaan is heengegaan. Bijzonder overvloedige verschijningen van vallende sterren toch kwamen twee achtereenvolgende jaren in de maand November voor.

De betrekkelijk geringe verspreiding van de lichamen, waaruit deze zwerm bestaat, gaf aan LEVERRIER aanleiding tot eene raming van den tijd, gedurende welken deze reeds tot ons planetenstelsel behoort. Hij toonde de waarschijnlijkheid aan van de onderstelling, dat zij in het jaar 126 onzer jaartelling de planeet *Uranus* heeft ontmoet en door hare aantrekking gedrongen is geworden een elliptische baan om de zon te doorloopen, wier groote as zich uitstrekt tot nabij de baan dier planeet. Reeds toen werd, tengevolge van het verschil harer aantrekking op de verschillende deelen van den zwerm, deze in de lengte uitgerekt. En dit zal telkenmale, wanneer zij met *Uranus* gelijktijdig aankomt in het punt waar de banen weinig van elkander verwijderd zijn, wederom plaats hebben. Telkens om de  $33\frac{1}{4}$  jaar, de omloopstijd van deze zwerm, zal dit zeker ook bij de ontmoeting met de aarde geschieden; bij iedere nieuwe ontmoeting zullen nieuwe lichaampjes uit hunne oorspronkelijke banen worden geworpen; het verschijnsel zal daardoor aan het einde van elke periode van  $33\frac{1}{4}$  jaar van zijn pracht verliezen, maar daarentegen zullen, door het meer gelijkmatig verspreid worden der lichaampjes over den geheelen ring, in de toekomst meerdere jaren, al is het dan niet van zóó overvloedigen sterrenregen, elkander opvolgen. Reeds in de jaren na 1867 is het gebleken dat de laatste ontmoeting met de aarde groote stoornis heeft teweeggebracht. Zoo lag in 1871 het uitstralingspunt van de meeste vallende sterren niet meer in *de Leeuw*; zeer velen verschenen in het sterrebeeld *de Wagenman*, andere in *de Stier*. De gelijkmatigheid van den sterrenregen in de Augustus-periode, waarin niet, als in de tot nu toe besprokene, een op bepaalde tijden terugkeerend maximum is op te merken, bewijst dus dat de haar samenstellende massa reeds veel langer in het zonnestelsel tehuis behoort dan die, welke den November-ring vormt.

Want dat oorspronkelijk deze kosmische stof niet van dat stelsel een deel uitmaakte, dat bewijzen ons de teruggaande beweging van vele en de grootte van hare snelheid, die best kan worden vergeleken met die, waarmede een komeet in hare parabolische baan door het perihelium gaat. Daarenboven maken de vlakken van de banen



van vele vallende sterren, even als die van de meeste kometenbanen, groote hoeken met het vlak der ecliptica.

Deze groote overeenkomst gaf SCIAPARELLI aanleiding tot een nauwkeurig onderzoek, in hoeverre men kon aannemen dat sommige kometen deel uitmaken van ringen vallende sterren. Daartoe berekende hij onder anderen de ligging en de afmetingen van den Augustus-ring, en vond dat deze op de meest verrassende wijze overeenkwam met de baan eener groote komeet, in 1862 door OPPOLZER waargenomen. De eerste komeet van 1866 is even na verwant aan den November-ring; en een onderzoek, door WEISS ingesteld, leidde tot de conclusie, dat telkens met den dag, waarop de aarde gaat door een punt, waar haar baan die van een komeet ongeveer snijdt, eenige dagen van overvloedigen sterrenregen overeenkwam.

Op merkwaardige wijze werd deze overeenstemming laatstelijk bevestigd door een berekening door VAN DE SANDE BAKHUYZEN, directeur van de sterrenwacht te Leiden, gegrond op waarnemingen betreffende den November-regen in 1872. Uitgaande van de waarneming dat het uitstralingspunt op den 27<sup>sten</sup> van die maand kennelijk een ster in *Andromeda* was, vond hij eene meer dan toevallige overeenkomst tusschen de ligging en de afmetingen van den ring, waartoe de op dat tijdstip waargenomene vallende sterren behoorden, en die van de baan der komeet van VON BIELA. Met bijna volkomen zekerheid kan men aannemen dat die vallende sterren en deze komeet een stelsel vormen, dat zij in dezelfde baan zich bewegen; de aarde ontmoette deze massa in den dalenden knoop. Voor zooverre wij weten is deze komeet sedert 1852 niet teruggezien, maar volgens de berekeningen op deze en op vroegere verschijningen gegrond, moet zij op den 6<sup>den</sup> Septemder van het jaar 1872 geweest zijn in het punt waar nu de aarde de vallende sterren ontmoet heeft.

Vertellen ons deze merkwaardige lichamen iets van de verre gewesten van waar ze komen? Inderdaad. Tot geheel dezelfde categorie van lichamen toch als de vallende sterren moeten wij de vuurbollen rekenen, die, statig en langzaam, soms met achterlating van een lichtende streep op haar pad, soms aan den hemel een lange baan doorloopen, en met een geluid als dat van een sterk musketvuur uitspringen. Tot die categorie behooren daarenboven ook de *meteoorsteenen*, waarin wij niets anders hebben te zien dan vallende sterren,

wier banen door de aantrekking der aarde derwijze worden gewijzigd, dat zij deze ontmoeten, dat zij op haar nedervallen.

De nauwe overeenkomst tusschen vuurbollen en meteorsteenen werd in den avond van den 15<sup>en</sup> Mei van het jaar 1864 buiten twijfel gesteld door de ontploffing van een prachtig lichtverschijnsel, dat ook in ons vaderland op dien avond werd waargenomen. Een bol, die een wit licht uitstraalde en ongeveer een middellijn had gelijk aan die van de maan, sprong in verschillende stukken en verdween. Eenige minuten na de ontploffing hoorde men een dof gerommel als dat van den donder, en een regen van steenen, die rondom de Fransche gemeente Orgueil in het departement Tarn-et-Garonne, over eene oppervlakte van eenige vierkante kilometers viel, stelde in staat de bovenaardsche stof te onderzoeken, waaruit deze vuurbol had bestaan. En die gelegenheid geven ook de lichamen van dikwijls grooten omvang en groot gewicht, waarin wij op aarde nedergevallen meteorsteenen herkennen. Omtrent hunne scheikundige samenstelling is men voldoende ingelicht door de analyses van WÖEHLER, HÄIDINGER en anderen. Daarbij is het gebleken dat op weinigen na allen dezelfde samenstelling hebben. Zuurstof, zwavel, phosphorus, koolstof, kiezel, aluminium, potasch, soda, verbindingen van ijzer met zwavel, gedegen en magnetisch ijzer, nikkel, kobalt, manganesium, tin, koper, zijn de stoffen, waaruit de meeste bestaan. Ook heeft men in eenigen de aanwezigheid van stikstof aangetoond. Een der nabij Orgueil gevondene stukken van den bovenvermelden vuurbol bevatte, behalve delfstoffen overeenkomende met de in de overige meteorsteenen aangetroffene, een stof, wier samenstelling geheel overeenkomstig bleek te zijn met die van onze turf. Dit feit is van groot gewicht; want het bevestigt een omstandigheid, die tot dien tijd alleen uit de ontleding van één meteorsteen door WÖEHLER bleek, deze namelijk, dat ook buiten de oppervlakte der aarde organische stoffen niet ontbreken. Is SCIAPARELLI'S hypothese juist, komen de vallende sterren uit hoogere streken des hemels tot ons, dan volgt uit hare samenstelling, dat allerwaarschijnlijkst alle lichamen in het heelal uit dezelfde grondstoffen bestaan als die wij hier op aarde aantreffen.

## DE VASTE STERREN.

---

Hebben wij tot nog toe alleen onze aandacht gewijd aan de lichamen, die met ons deel uitmaken van het stelsel wiens centraalpunt de zon is, hebben wij daarbij onze blikken zien doordringen tot in wel duizelingwekkende, maar toch altijd nog meetbare afstanden, thans wenden wij die tot het haast onmetelijke. Waar men toch spreekt van vaste sterren, daar zoekt de taal naar woorden om de eenheid te kunnen bepalen, waarin zij die zal uitdrukken. En dan nog, van hoe weinige vaste sterren weet zij, al is het zelfs ook stamelende, iets te zeggen; en dat niettegenstaande gedurende deze gansche eeuw de meest uitstekende sterrekundigen haar tot het voorwerp van hun onderzoek maakten, niettegenstaande in den loop dier eeuw het aan de uitvinding van hulpmiddelen bij dat onderzoek niet ontbrak. Wij zullen trachten in een beknopt overzicht alles te leveren wat dat onderzoek opleverde, en met dit overzicht deze reeks van opstellen sluiten. Mochten vele lezers in een deel daarvan een oude kennis ontmoeten<sup>1</sup>, dan zullen zij door vergelijking zich kunnen overtuigen van de vorderingen, die de wetenschap in de laatste jaren heeft gemaakt.

---

Het is bekend, hoeveel moeite het gekost heeft de aarde algemeen als planeet te doen erkennen; een direkt bewijs voor haar bestaan

<sup>1</sup> In het *Album der Natuur* van 1874 komt een stuk van mijne hand over hetzelfde onderwerp voor.

als zoodanig te leveren was dan ook het ernstig streven van de sterrekundigen in de zeventiende en achttiende eeuw. Omtrent de richting waarin men het had te zoeken waren voor- en tegenstanders het eens; en naarmate de eersten het met meer aandrang vorderden, verdubbelde de ijver der laatstgenoemden. Het lag, om zoo te zeggen, zoo voor de hand. Immers, wanneer de aarde jaarlijks een zoo uitgestrekte baan om de zon had te beschrijven, dan kon het wel niet anders, of de vaste sterren moesten deze verandering in de standplaats des waarnemers verraden. Uit zoo van elkander verwijderde punten van het heelal beschouwd wordende, moesten zij, schoon steeds dezelfde plaats in de ruimte innemende, zich schijnen te bewegen en in hare schijnbare beweging een getrouwe afbeelding van die der aarde vertoonen. Zij moesten dit: tenzij haar afstand van de aarde onmetelijk groot ware, zelfs in verhouding tot de afmetingen van de aardbaan.

BRADLEY (1692—1742) zocht te vergeefs deze zoogenaamde *jaarlijksche parallaxis* der vaste sterren uit zijne waarnemingen af te leiden. En mocht hij al gelukkig genoeg zijn om door haar tot een bewijs voor de beweging der aarde te geraken even overtuigend als het vergeefs gezochte, het raadsel, waarom de vaste sterren niet onmiddellijk door een schijnbare verandering in stand de wezenlijke verplaatsing der aarde nabootsen, bleef onopgelost. De ontdekking van de *jaarlijksche aberratie* van het licht der vaste sterren wierp allen twijfel aan de beweging der aarde om de zon omver; ook werd de zienswijze omtrent de afmetingen van het heelal door BRADLEY'S waarnemingen verruimd. Maar tevens spoorden zij aan tot nieuwe onderzoekingen omtrent de wezenlijke grootte dier afmetingen.

De weg, dien men daarbij had te bewandelen, was aangewezen. Nu het zeker was dat de aarde jaarlijks een uitgestrekte baan in het heelal beschreef, behoefde men slechts met verdubbelden ijver en nauwkeurigheid naar de grootte van de jaarlijksche schijnbare verplaatsing eener vaste ster te zoeken; mocht men er in slagen haar bedrag te bepalen, dan zou ook te gelijk de afstand dier ster bekend worden.

Immers uit waarnemingen op aarde, die ieder in staat is bijna dagelijks te doen, is het bekend, dat de schijnbare verplaatsing van eenig verwijderd voorwerp, behalve van het bedrag onzer eigene ver-

plaatsing, rechtstreeks afhangt van den afstand van dat voorwerp zelf; dat het toch schijnbaar minder verplaatst wordt, naarmate het verder is verwijderd, en omgekeerd. Uit de grootte van de middellijn der aardbaan en uit het verschil der richtingen, waarin men uit hare beide uiteinden een ster waarneemt, was dus haar afstand onmiddellijk af te leiden.

Toch moesten de pogingen, om op deze wijze den afstand der vaste sterren te leeren kennen, nog langen tijd vruchteloos blijven.

Twee wegen stonden ter bepaling van de jaarlijksche parallaxis open.

Men kon, zooals BRADLEY gedaan had, door gedurende eenigen tijd (1725—1728) getrouw de plaats eener vaste ster aan den hemel te bepalen, trachten onmiddellijk kennis te krijgen van hare plaatsverandering. Maar in dit geval moest, wilde men slagen, alles wat overigens nog kon maken dat de waargenomen plaats niet de ware plaats was, bekend zijn en in rekening gebracht worden; hoe kleiner de gezochte verplaatsing was, des te eerder kon zij onder fouten van dezen aard worden bedolven. Bedenkt men nu dat de aberratie van het licht der vaste sterren en de nutatie of schudding der aardas eerst door BRADLEY zelf werden ontdekt, en dat de invloed van de straalbreking, die het licht bij het gaan door den dampkring ondervindt, eerst op grond van LAPLACE'S (1749—1827) bespiegelingen met juistheid kan worden berekend, dan is het niet te verwonderen, dat het den sterrekundigen in de achttiende eeuw niet heeft mogen gelukken, langs dien weg tot de oplossing van het vraagstuk te geraken.

Maar men kon ook, daarbij een raad opvolgende reeds door GALILEI gegeven, ter bepaling van de jaarlijksche parallaxis gebruik maken van de zoogenaamde *optische dubbelsterren*, dat wil zeggen van sterren, die, uit de aarde gezien, wel naast elkander schijnen te staan, maar van wie het waarschijnlijk is dat de eene op veel grooteren afstand van haar verwijderd is dan de andere. Is dit zoo, dan zal deze eene veel grootere schijnbare plaatsverandering ondergaan dan gene; dan kan zelfs, als gene onmetelijk veel verder staat, en daarom geene schijnbare plaatsverandering ondergaat, zij als vast punt dienen, ten opzichte waarvan men de plaats der schijnbaar bewegelijke nabuur bepaalt. En bij deze bepaling heeft men den invloed van fouten als de bovengenoemde niet te duchten; aberratie en straal-

breking hebben op de richting, waarin hare stralen het oog bereiken, denzelfden invloed; zij verplaatsen haar gezamenlijk en wijzigen haren stand ten opzichte van elkander niet. Bedenkt men echter, dat deze soort van waarnemingen het aanbrengen in den kijker vordert van een werktuig, dat geschikt is om zulke kleine plaatsveranderingen en afstanden te meten, en dat eerst in 1824 in den mikrometer van FRAUNHOFER den sterrekundigen zulk een werktuig werd aangeboden, dan heeft men de verklaring, waarom GALILEI'S raad tot op het tweede vierendeel onzer eeuw niet kon opgevolgd worden, veel minder nog tot een gunstig resultaat kon leiden.

Het is dan ook minder dan een menschenleeftijd geleden, dat men omtrent den afstand der vaste sterren in volkomen onzekerheid verkeerde; men wist daarvan niets anders te zeggen, dan dat het licht minstens  $3\frac{1}{3}$  jaar zou behoeven om van eenige ster tot ons te komen; in hoeverre de afstand der verschillende vaste sterren verschillend was, daaromtrent was niets met zekerheid bekend.

Langs den tweeden der boven aangewezen wegen nu gelukte het aan BESSEL, de parallaxis van een kleine ster in *de Zwaan* te bepalen. Als resultaat van de metingen, door hem met eenen in vele opzichten verbeterden mikrometer gedaan, stelde hij in 1840 haar bedrag op 0.37 sekonden boogs. Een hoek van nog geen halve seconde maken dus met elkander de lijnen, uit twee diametraal tegenover elkander gelegen punten van de aardbaan naar deze ster getrokken, en onder dezen zelfden kleinen hoek wordt uit die ster de meer dan 300 millioen kilometers lange groote as dier baan gezien. Om haar onder dien hoek te zien, moet een waarnemer op een afstand geplaatst zijn, die door het licht in tien jaren wordt afgelegd; en het licht doorloopt den afstand van de zon tot de aarde in minder dan acht en een halve minuut!

Nog van zeven andere vaste sterren kennen wij thans met meerdere of mindere zekerheid den afstand. Daaronder bedraagt die van de poolster meer dan het dubbele van den afstand der genoemde ster in *de Zwaan*, en is die van de helderste ster in *Centaurus*, de kleinste der thans bekende afstanden, toch nog altijd zoo groot, dat het licht niet minder dan ongeveer vier jaren tijds behoeft om dien te doorloopen.

Volgens de eerste der bovengenoemde methoden waarnemende is

O. STRUVE, de tegenwoordige directeur van het keizerlijk Russisch observatorium op de Pultowa, tot resultaten gekomen, die van de reeds medegedeelde eenigszins afwijken. Zoo staat de afstand door hem in 1854 voor de ster van BESSEL gemeten tot de genoemde als 37:52, en vond hij voor den afstand van de helderste ster in *de Lier* ongeveer de helft van het bedrag, daarvoor door zijn vader en voorganger W. STRUVE (1793—1864), uit waarnemingen met den mikrometer in 1839 afgeleid.

Hoe dit zij, omtrent den afstand der vaste sterren kunnen wij, ten gevolge van de onderzoekingen van mannen, die wij grootendeels onze tijdgenooten mogen noemen, ons ten minste een denkbeeld vormen. Wij durven niet zeggen: een bepaald denkbeeld. Wie toch duizelt niet bij de gedachte aan afstanden zóó groot, dat bliksemsnelheid eerst in jaren ze doorloopen kan; zóó groot, dat, om eene vergelijking van KAISER te gebruiken, de middellijn der aardbaan, op dien afstand gezien, aan den hemel een boogje beslaat 76 malen korter dan de dikte van een hoofdhaar, gehouden op den afstand van duidelijk zien!

Wat hun, die deze kleine boogjes trachtten uit te meten, tot leidraad strekte bij het kiezen van eenige uit de duizenden vaste sterren, waarmede de hemel als bezaaid is? Want, waar het er op aankwam eene plaatsverandering te bepalen van wier gering bedrag men van te voren overtuigd was, daar was het van belang bij het onderzoek zich van sterren te bedienen, die haar zoo duidelijk mogelijk vertoonden. En, daar die verplaatsing eener ster des te grooter moest schijnen, naar mate zij minder ver van de aarde was verwijderd, moest de keuze vallen op de meest nabij ons gelegene. Bedenkt men nu echter dat de afstand eerst uit de grootte der plaatsverandering zelve kan worden afgeleid, dan is het duidelijk, dat men bij het kiezen als in het duister zou hebben rondgetast, als niet eene ontdekking uit het midden der vorige eeuw omtrent het verschil in afstand eenige inlichting had verstrekt.

Reeds toen toch hadden eenige sterrekundigen opgemerkt, dat de plaatsen, die sommige sterren innamen, niet overeenkwamen met die waar hunne voorgangers haar zagen; omtrent ongeveer een honderdtal bewezen zij dat dit inderdaad het geval was. Deze beweging der vaste sterren nu had met de zoogenaamde jaarlijksche parallaxis niets ge-

meen. In plaats van door hare gedaante de beweging der aarde na te bootsen, geschiedde zij steeds in dezelfde richting. Wat in een tal van achtereenvolgende jaren een ster jaarlijks was vooruitgegaan, daarvan nam men aan het einde van dien tijd de som waar; al was dus het jaarlijksch bedrag van deze eigene beweging niet grooter geweest dan dat der jaarlijksche parallaxis, zoo kon zij toch in den loop der tijden den sterrenkundigen niet verborgen blijven.

Deze eigen beweging der sterren nu ziet men maar in zeer bijzondere gevallen in haar waar bedrag. Beweegt zich bijv. een ster rechtstreeks naar of van de plaats, waar ons zonnestelsel in het heelal gelegen is, dan zal men van die eigen beweging niets kunnen merken. Alleen wanneer hare richting loodrecht is op de lijn, van haar naar het middelpunt der aarde getrokken, doet zich die beweging in hare ware grootte aan ons voor; in elk ander geval zien wij slechts hare projectie op een vlak, waarop de genoemde lijn loodrecht staat. Toch is het duidelijk, dat hoe grooter de verplaatsing is, die wij bij een ster waarnemen, ook des te grooter de kans zal zijn dat zij betrekkelijk weinig van ons verwijderd is; op kleiner afstand gelegen ziet men de afgelegde baan, of hare projectie, zich grooter voordoen dan wanneer zij uit een meer verwijderd oogpunt wordt beschouwd.

Deze overweging nu strekt tot leiddraad bij de keuze van de vaste sterren, door wier waarneming men de parallaxis wilde leeren kennen. Zij vestigde die van BESSEL op no. 61 van *de Zwaan*, omdat deze jaarlijks een boogje van iets meer dan 5 sekonden aan den hemel vordert. Daar hare eigen beweging door ons zoo betrekkelijk groot wordt gezien, moet zij naderbij ons staan dan andere sterren, en indien dit het geval is, zal zij ook ten gevolge van de beweging der aarde jaarlijks een grooter kringetje schijnen te doorloopen dan die andere. Zoo ongeveer redeneerde BESSEL, en wij hebben gezien dat zijne keuze hem tot zijn doel voerde; dat het dien sterrekundige gelukte met zijn waarnemingen de jaarlijksche parallaxis, en uit deze weder den afstand der genoemde ster af te leiden.

Nu wij laatstgenoemden kennen, weten wij ook dat dit boogje van 5 sekonden de grootte is, waaronder zich aan ons de weg van 2500 millioen kilometers vertoont, dien de genoemde ster jaarlijks in de richting loodrecht op de gezichtslijn vordert in de ruimte.



Zoo leidden ook hier onderzoekingen, met een bepaald doel ingesteld, tot andere, die, slechts zijdelings met dat doel in verband staande, den weg openden tot een rijken schat van kennis. Niet slechts dat wij thans omtrent de eigen beweging van ongeveer 6000 sterren met zekerheid zijn ingelicht; ook omtrent de zon weten wij, door hare tussehenkomst, dat zij, daarbij de aarde en de overige planeten met zich voerende, met eene snelheid van 444 kilometers in het jaar in eene bepaalde richting vooruitsnelt in de ruimte.

De overtuiging, dat eene zoodanige eigene beweging der zon werkelijk bestaan moest, werd reeds in 1730 door BIEDENBURG, en meer stellig in 1761 door LAMBERT uitgesproken; zij berustte op de meening, dat de zon zelve in natuur met de vaste sterren zou overeenkomen en aan de beweging van hare natuurgenooten zou deelnemen. WILLIAM HERSCHELL (1738—1822) bracht reeds in 1783 door zijne waarnemingen dit vermoeden tot zekerheid; hij wees een kleine ster in *Hercules* aan als het punt aan den hemel, waarheen de beweging van het zonnestelsel gericht is. Toch komt aan onze tijdgenooten, aan GAUSS (1777—1855), aan ARGELARDER, den onlangs overleden hoogleeraar in de sterrekunde te Bonn, en aan AIRY, den Royal Astronomer van Engeland, de eer toe tot de juiste kennis van de richting en de snelheid dier beweging meest te hebben bijgedragen.

Hoeveel scherpzinnigheid er vereischt werd bij het beoordeelen van hetgeen de waarneming der vaste sterren aangaande de genoemde eigene beweging van het zonnestelsel kan leeren, is lichtelijk in te zien. Waar alles rondom ons zich beweegt op zijne eigene wijze, daar zal, indien wij zelve niet stilstaan, de onmiddellijke waarneming slechts een moeilijk te ontwarren samenstel van beiderlei verplaatsing opleveren. Stonden de sterren rondom ons stil, dan werd de zaak eenvoudig. De rechts en links van ons geplaatsten zouden schijnbaar zich achterwaarts bewegen; die achter ons lagen zouden naderbij, die vóór ons lagen verder van elkander schijnen te rukken. Nu aan die veronderstelling niet is voldaan, kan alleen de wetenschap, dat in het onderstelde geval de zaak zich zóó zou hebben toegedragen, het oordeel leiden bij het scheiden van het objectieve en subjectieve; die wetenschap doet inzien in welken zin de beweging der in verschillende richting rondom de aardbaan geplaatste sterren van de in

waarheid plaats grijpende zal moeten afwijken, indien de zon die baan zelve in de ruimte met zich medevoert.

Wij behoeven niet te zeggen, dat absolute zekerheid moeielijk te verkrijgen is, wanneer zij moet worden opgedolven uit waarnemingen, die van onze eigene beweging een zoo duister en verward beeld leveren; zelfs is het bedrag van de beweging der vaste sterren, zooals die zich aan ons voordoet, nog altijd met een betrekkelijk groote waarschijnlijke fout behebt. Terwijl dan ook anderen het punt trachten aan te wijzen waarheen wij ons bewegen, vergenoegde GAUSS zich met de bepaling van het vierhoekje aan den hemel, binnen wiens omtrek dat punt zeker moet gelegen zijn. Zooveel is zeker, dat er nog vele jaren, misschien eeuwen, zullen moeten voorbijgaan, eer het met voldoende zekerheid zal zijn uit te maken of dit punt zich in een bepaalde richting verplaatst; m. a. w. of de weg, dien het zwaartepunt van het zonnestelsel volgt, eene rechte dan wel een kromme lijn is. Mocht dit laatste het geval zijn, en mocht het daarbij blijken dat de snelheid der beweging naar de tweede wet van KEPLER was geregeld, dan zouden deze feiten wijzen op het bestaan van een centraal-lichaam, waarom zonnestelsels zich zouden bewegen als planeten om een zon. Eene kromlijnige gelijkmatige beweging daarentegen zou pleiten voor een wenteling van het gansche heelal om zijn zwaartepunt. Op het tegenwoordig standpunt der wetenschap achten wij het minstens voorbarig, zich in beschouwingen van dezen aard te verdiepen; zelfs al wilden wij daarbij niet zoo ver gaan als MÄDLER, toen hij, reeds in 1846, meende een punt in *de Pleiaden* te kunnen aanwijzen als de plaats, waar het centraal-lichaam zou te vinden zijn.

Niet alleen een meer gezette studie van de eigen beweging der vaste sterren en van ons zonnestelsel was het gevolg van de onderzoekingen, omtrent de parallaxis der vaste sterren ingesteld. Aan deze knoopt zich ook die meer opzettelijke beoefening vast van de *dubbele* en *veelvoudige sterren*, waardoor wij haar als zoovele stelsels van om elkander wentelende zonnen hebben leeren kennen.

Dat men reeds sedert lange jaren eenige zeer nabij elkander geplaatste sterren kende, behoeft geen verzekering; reeds bij eene aandachtige beschouwing des hemels ziet het bloote oog er eenige, en haar aantal vermeerdert reeds zeer, zoodra het oog met een zwakken kijker is gewapend.

Men had echter tot in het laatst der vorige eeuw op haar niet bepaaldelijk de aandacht gevestigd, omdat men meende, dat haar onderlinge afstand slechts schijnbaar zoo klein was; men hield het er algemeen voor, dat zij inderdaad op zeer verschillenden afstand van ons zich bevonden, terwijl alleen de toevallige omstandigheid, dat de plaats, door ons in de ruimte ingenomen, bijna op de rechte lijn lag, die hare plaatsen verbond, ons haar naast elkander deed zien. En mochten ook al sommigen, bijv. MAYER te Manheim, de meening uiten, dat de kleinste van zulk een paar wel eens een trawant van de grootste zijn kon, op de wijze waarop de maan dit is van de aarde, hunne bewering werd of bespot of wederlegd op gronden, die zeker niet aan de natuurwetenschappen ontleend werden.

Onder degenen nu, die aan het einde der vorige eeuw de paralaxis der vaste sterren trachtten te bepalen, behoorde in de eerste plaats de sterrekundige, dien wij zoo even reeds als den grondlegger onzer kennis van de eigen beweging dier hemellichamen hebben vermeld. Ook HERSCHELL volgde daarbij de methode door GALILEI aan de hand gedaan; maar de meetwerktuigen, waarover hij te beschikken had, waren niet nauwkeurig genoeg om te maken dat zijn schoone onderzoekingen de gewenschte vrucht droegen. Verder dan tot de bepaling van eene waarde, waar beneden de paralaxis moest gelegen zijn, brachten zij hem niet.

Daar evenwel het volgen van de gevonden methode juist de waarneming vordert van zulke slechts schijnbaar naast elkander geplaatste of *optische* dubbelsterren, doorzocht HERSCHELL den hemel, om de zoodanige op te sporen, die door een groot verschil in eigen beweging een groot verschil in afstand van onze aarde mochten verraden, en zodoende ter bepaling van de parallaxis der minst verwijderde meest geschikt mochten geacht worden. Dit onderzoek leerde hem, dat van verreweg de meeste dubbelsterren de eigen beweging volkomen dezelfde was; een resultaat, dat hem weinig kon verbazen, die tijdens het onderzoek met de krachtige hem ten dienste staande hulpmiddelen een zoo groot aantal dubbelsterren had leeren kennen, dat hij die allen onmogelijk kon houden voor slechts in schijn, als het ware toevallig, naast elkander staande. In 1782 zond hij reeds bij de *Royal Society* een catalogus in van 269 dubbelsterren; in 1784 bracht hij

in een supplement op dien catalogus het getal tot 703, verdeeld in zes klassen, te weten :

|                |         |                                                    |      |
|----------------|---------|----------------------------------------------------|------|
| 1 <sup>e</sup> | klasse. | Onderlinge afstand te klein om te bepalen. . . . . | 97.  |
| 2 <sup>e</sup> | "       | " " " minder dan 5 sek. boogs . . .                | 102. |
| 3 <sup>e</sup> | "       | " " " van 5 tot 15 " " . . .                       | 114. |
| 4 <sup>e</sup> | "       | " " " " 15 " 30 " " . . .                          | 132. |
| 5 <sup>e</sup> | "       | " " " " 30 " 60 " " . . .                          | 137. |
| 6 <sup>e</sup> | "       | " " " " 1 " 2 min. " . . .                         | 121. |

en daaraan werden later nog 143 paren door hem toegevoegd.

STRUVE bracht in 1852 het getal der stelsels, wier afzonderlijke sterren minder dan 32 sek. boogs van elkander verwijderd zijn, op 3057; onder deze vindt men 64 stelsels die uit *drie*, 3 die uit *vier*, ja zelfs één dat uit *zes* sterren bestaat. Sedert is, vooral ook door den arbeid van JOHN HERSCHELL (1792—1871), die met dit doel aan de Kaap de Goede Hoop den zuidelijken hemel onderzocht, het getal der ons bekende dubbelsterren tot ongeveer tien duizend gestegen.

Dat, waar zoovele dubbelsterren aan den hemel voorkomen, het ongewapend oog er zoo weinige ontdekt, is licht te verklaren, als men bedenkt, dat dit orgaan niet in staat is de indrukken van twee zoo nabij elkander gelegen lichtgevende punten te scheiden. Al de paren, die in STRUVE'S catalogus zijn vermeld, ziet het ongewapend oog als enkelvoudige sterren; die het als dubbelsterren ziet zijn reeds meerdere minuten boogs aan den hemel van elkander verwijderd. Nog dagelijks worden aan het getal paren van bekende dubbelsterren nieuwe toegevoegd, en haar getal zal steeds toenemen naarmate kijkers met krachtiger vermogen op den hemel worden gericht. Ja, wanneer de verbetering onzer hulpmiddelen in dit opzicht haar uiterste grens zal bereikt hebben, zal het aantal ons bekende dubbelsterren nog ver beneden het getal der werkelijk bestaande zijn. Die hoogjes toch van weinige sekonden lengte zijn de afmetingen, waaronder wij afstanden van eenige duizenden millioenen kilometers zien; en het zou dwaas zijn te verwachten, dat waar de grenzen onzer hulpmiddelen gelegen zijn ook tevens de grenzen zouden liggen die de natuur zich, om zoo te zeggen, bij het regelen dezer op zich zelve nog zoo groote afmetingen zou gesteld hebben.

De merkwaardigheid van de dubbele en veelvuldige sterren ligt daarenboven niet zoo zeer in haar aantal, als wel in de bijzondere

verhouding, waarin hare onderdeelen staan tot elkander. Neemt men een van deze als een vast punt aan, en teekent men nauwkeurig de plaatsen aan, die de andere achtereenvolgens ten haren opzichte inneemt, dan blijkt het, dat elk dezer sterren rondom de andere een ellips schijnt te beschrijven.

Reeds aan HERSHELL was deze betrekkelijke beweging der veelvoudige sterren niet onbekend gebleven. Om haar te kunnen waarnemen, indien zij, zooals hij vermoedde, bestond, had hij slechts de plaats van de zwakste der twee bepaald ten opzichte van de meest heldere; zodoende gelukte het hem omtrent eenigen ten minste de zekerheid te verkrijgen dat zij met betrekking tot elkander van stand veranderden. De reuzenarbeid van STRUVE voerde reeds een stap verder. De plaatsveranderingen van eenige der door hem waargenomen dubbelsterren leverde reeds voldoende materiaal om, uitgaande van de onderstelling dat de aantrekkingskracht den betrekkelijken loop der haar samenstellende deelen regelt, de banen te berekenen.

Het is hier de plaats niet, in bijzonderheden te treden omtrent den gang dezer berekening. Alleen dit zij opgemerkt, dat ENCKE (1791—1865) eene rekenwijze heeft aan de hand gedaan, waardoor men uit juist gekozen bepalingen van de plaats der eene ster ten opzichte van de andere tot de kennis kan geraken van de baan, die gene om deze schijnt te beschrijven. En niet alleen van de baan zooals wij haar zien, die in de meeste gevallen slechts een projectie is van de in werkelijkheid doorloopen, ook van deze doet ons die rekenwijze ligging en gedaante kennen: zij geeft daarbij volkomen inlichting omtrent den omloopstijd zoowel als omtrent het tijdstip, waarop de eene ster van de andere minst ver verwijderd zal zijn.

Aan deze rekenwijze ligt het denkbeeld tot grondslag, dat het de onderlinge aantrekking der beide sterren is, die haren betrekkelijken loop regelt; dat dus de eene een ellips zal beschrijven, in wier brandpunt de andere geplaatst is. Heeft eenmaal de berekening geleid tot de kennis van de ellips, die door vier uit de waarneming afgeleide plaatsen gaat, dan zal verder voortgezette waarneming moeten leeren in hoeverre de ster werkelijk deze baan doorloopt. Zij zal, zoo doende, den twijfel moeten opheffen of het beginsel, bij de berekening vooropgezet, al dan niet met de waarheid in strijd is.

Nu is de onderlinge plaatsverandering der dubbelsterren eene zeer  
v. d. V. III.

langzame; weinige besteden tot het volbrengen van een ganschen omloop minder dan een eeuw. Daarenboven is de waarneming van afmetingen van zoo klein bedrag als de hier bedoelde aan fouten nerhevig, die, hoe klein ook op zich zelve, groote onzekerheid doen ontstaan omtrent de afmetingen van de gansche daaruit te berekenen baan. Jaren van gezet en nauwkeurig onderzoek zullen er dus moeten voorbijgaan eer men van haar een gedeelte kent, groot genoeg om onbepaald vertrouwen te kunnen stellen in het daaruit afgeleid geheel. Daaruit is het dan ook te verklaren, dat, terwijl ENCKE uit waarnemingen van HERSCHELL, STRUVE en anderen, voor een ster in het beeld *Ophiuchus* een omlooptijd vond van ongeveer 74 jaren, MÄDLER, door bij zijne berekeningen de waarnemingen van vóór 1823 te verwerpen, en de tusschen 1825 en 1847 verzamelde te gebruiken, dien tijd op 92 jaren moest bepalen, en dat, terwijl YVON-VILLARCEAU, sterrekundige aan het observatorium te Parijs, in 1852 den omlooptijd eener ster in *de Noorderkroon* op ruim 67 jaren stelde, WINNECKE te Berlijn in 1856, door toevoeging van nieuwe waarnemingen, tot een omlooptijd kwam, die 14 jaren korter is. Dergelijke gevallen als het boven omtrent de ster in *Ophiuchus* vermeldde, doen zich dan ook meermalen voor. Zoo deelde FLAMMARION in de vergadering der *Académie des sciences* van den 24<sup>en</sup> Nov. 1873 mede, dat de omlooptijd en de afmetingen van de baan eener dubbelster in de *Groote beer* door hem waren berekend, en dat hij voor de eerstgenoemde een duur had gevonden van 60,6 jaar. Tot deze uitkomst was hij echter slechts geraakt door al de waarnemingen, vóór 1831 gedaan, buiten rekening te laten. Bracht hij die wel in rekening, dan was de baan niet meer een gesloten kromme lijn; men zou dan moeten besluiten tot eene beweging langs een spiraal. Klaarblijkelijk zijn het de fouten in de vroegere waarnemingen die deze afwijking veroorzaken; twee plaatsen, ééne in 1782 door HERSCHELL, en ééne in 1819 door STRUVE bepaald, toonen dan ook afwijkingen aan, die aan geen andere oorzaak zijn toe te schrijven; de eerstgenoemde, bij voorbeeld, stelt den afstand tusschen de beide sterren anderhalf maal zoo groot als de halve lengte van de groote as der baan door FLAMMARION berekend. Ook SCHIAPARELLI zag zich in dit voorjaar genoodzaakt, op grond van waarnemingen die 42 jaren en ook zijne eigene waarnemingen van het jaar 1875 omvatten, in den

omloopstijd van een dubbelster ( $\gamma$  in de *Zuiderkroon*) zooals die in 1855 door JACOB was berekend groote wijziging te brengen, en die te stellen op 55 jaar en 7 maanden.

Maar hoe dit zij, aan de waarheid van het beginsel, waarop de berekeningen rusten, doen deze verschillen, wier oorzaak men kent, geen afbreuk. Een dubbelster in het beeld *Hercules*, wier omloopstijd van ruim  $36\frac{1}{3}$  jaar de kortste is der ons bekende, heeft reeds meer dan éenen omloop onder de oogen der sterrekundigen volbracht, en daarbij van die waarheid getuigenis afgelegd. Door analogie mogen wij op grond dier getuigenis besluiten, dat ook bij haar zusterental die waarheid geldt, en zoo doende de overtuiging uitspreken, dat dezelfde kracht, die in ons stelsel de beweging der planeten om de zon regelt, in de verst verwijderde streken van het heelal zonnen om zonnen wentelen doet.

Wij weten dat van alle stof aantrekkingskracht uitgaat, zoodat waar meer dan twee hemellichamen van ongeveer gelijke massa, en tusschen wier onderlinge afstanden geen al te groot verschil bestaat, een stelsel vormen, het eene op de beweging der andere een krachtigen storenden invloed moet uitoefenen. Hoe samengesteld zal dan niet de relatieve beweging moeten zijn der veelvoudige sterren; maar tevens hoe leerrijk, als voortgezette studie ons met al hare bijzonderheden zal hebben bekend gemaakt; van die *drievoudige* ster in *Cassiopeia* bijv., waarin eene ster, om de andere loopende, de derde met zich schijnt mede te voeren; van die *viervoudige* in de *Tier*, die met een dubbelster in datzelfde beeld, waarvan zij slechts  $3\frac{1}{2}$  minuut boogs verwijderd is, één stelsel schijnt uit te maken; van die *zesvoudige*, of volgens SECCHI (1857) *zevenvoudige* in *Orion*, van wier helderste, die in de vier hoekpunten eens trapeziums staan, twee door een wachter vergezeld zijn.

Toen HERSCHELL, wien wij met recht den vader der nieuwere sterrekunde mogen noemen, de vaste sterren maakte tot de voorwerpen van een opzettelijk onderzoek, opende hij aan die wetenschap een baan, waarop wij wel is waar nog slechts betrekkelijk weinig zijn gevorderd, maar toch ver genoeg, om te weten dat aan haren eindpaal voor die wetenschap een onschatbare vermeerdering van kennis als kroon is weggelegd. Waar wij nevens het groot aantal dubbel- en veelvoudige sterren in STRUVE'S catalogus vijf paren der eerst-

genoemden door een cirkel zien omvat, wiens straal nog geen 9 minuten boogs bedraagt, daar wijst ons alles op een onderling verband tusschen groepen van die zelfde hemellichamen, aan wier onderlinge onafhankelijkheid een eeuw geleden niemand twijfelde; een verband, dat wij slechts vermoeden kunnen, dat echter, op den ingeslagen weg voortgaande, door de toekomstige eeuwen tot klaarheid zal worden gebracht. Op dien weg wachten haar ontdekkingen van hemellichamen, die nooit een menschelijk oog zien zal, omdat zij of in het heldere licht van sterren der eerste grootte bedolven, of zelf te zwak van licht zijn, dan dat het den onmetelijken afstand doordringen kan; ontdekkingen als die van PETERS (1851) en AUWERS (1862), die, de eerste van *Sirius*, de helderste ster in de *Groote Hond*, de tweede van *Procyon*, de helderste in de *Kleine Hond*, uit de waarnemingen eene beweging afleiden om een punt waar geen ster wordt gezien, en waar de aanwezigheid van een aantrekkelijk lichaam van groote uitgebreidheid alleen door de elliptische baan wordt verraden.<sup>1</sup>

HERSCHELL zocht naar den afstand der vaste sterren; hij wilde dien uit hare parallaxis afleiden. En ofschoon hij langs dezen weg zijn doel niet mocht bereiken, opende hij zelf een nieuwen weg, die wellicht eenmaal daartoe leiden zal. Want als een ster een dubbelster is en zóó ver van de aarde verwijderd, dat de aardbaan, uit haar gezien, maar een punt schijnt — wanneer zij dus van geene parallaxis kan doen blijken — dan zal men haren afstand nog kunnen afleiden uit de vergelijking van de werkelijke afmetingen harer baan met de grootte waarop deze op dien afstand worden gezien. En die werkelijke afmetingen zullen bekend worden, zoodra het gelukken mag de snelheid te bepalen, waarmede zich de eene ster beweegt om de andere. Inderdaad *meent* men een middel te hebben gevonden waardoor men tot deze bepaling kon geraken; maar op welke gronden deze meening berust, en dan ook in hoeverre zij juist kan zijn, bespreken wij later.

Misschien ook wel komt men eenmaal tot de kennis dier afme-

---

<sup>1</sup> Op den 31en Januari 1862 heeft CLARK te Boston, op een afstand van 10 sekonden boogs van *Sirius*, een kleine ster ontdekt, die, volgens de berekening van AUWERS, de oorzaak van de beweging der groote ster zijn kan, wanneer hare massa gelijk is aan de helft van deze.



tingen, door waar te nemen hoeveel tijd het licht behoeft om de middellijn te doorloopen van de baan, die de eene dubbelster beschrijft om de andere. Beschouwen wij toch een van de beide sterren, die een dubbelster vormen, als de hoofdster om welke de andere zich als een wachter beweegt, dan zal deze bij elken omloop eenmaal aan deze en eenmaal aan gene zijde voorbij de hoofdster gaan. Staat zij op dit oogenblik tusschen ons en de hoofdster, dan zal er een omloopstijd verstrijken *en nog de tijd*, die het licht behoeft om de schijnbare middellijn der baan te doorloopen, eer zij in het tegenovergestelde punt gezien wordt. Van dat oogenblik af daarentegen duurt het slechts *dezen tijd minder* dan een omloopstijd, eer zij weder tusschen ons en de hoofdster komt te staan. Het verschil dus in den tijd, waarin de satelliet deze twee helften van zijne baan schijnt te doorloopen, zal het dubbel zijn van dien, waarin het licht een afstand aflegt gelijk aan de schijnbare middellijn dier baan; en de lengte van den weg, dien het licht in eene sekonde doorloopt, is met voldoende zekerheid bekend.

Omtrent de afmetingen der vaste sterren verkeerden wij nog bijna in den toestand van volkomen onwetendheid. Eerst in de laatste jaren kwam FIZEAU op een gelukkig denkbeeld, dat door STEPHAN in praktijk werd gebracht en hem, ten minste omtrent ééne ster, de zekerheid scheen te geven dat hare middellijn uit de aarde gezien meer is dan een enkel punt.

Zoo als men weet bestaat het beeld van een vaste ster in een kijker beschouwd uit een centrale lichtvlek omgeven door ringen. De middellijn van die vlek, als men haar beschouwt uit het optisch middelpunt van het objectiefglas, neemt af naarmate de opening van dit glas toeneemt; maar absoluut nul wordt zij nooit, zoodat, als de ster eene zeer kleine middellijn had, dit alleen ten gevolge zou hebben dat de doorsnede van de lichtvlek iets toenam, maar altijd iets dat men door eenvoudig onderzoek nooit direkt zal kunnen bepalen. Maar er zijn lichtverschijnselen, interferentie-verschijnselen noemt men ze, die uit beurtelings donkere en heldere strepen bestaan, welke onder zekere omstandigheden een lichtbron op een scherm te weeg brengt; en er bestaat een noodzakelijke verhouding tusschen de breedte van deze strepen en de afmetingen van de lichtbron. Weet men nu zulke contrasten van licht en donker in de lichtvlek te weeg te brengen, die afhangen van de middellijn der ster, dan zal

men door haar tot een, zij het dan ook oppervlakkige kennis van die middellijn kunnen geraken.

Deze contrasten nu zal men kunnen te weeg brengen door het objectiefglas van den kijker te bedekken met een scherm, waarin zich aan weerszijden van het middelpunt van het glas een zeer smalle spleet bevindt. Hoe verder deze spleten van elkander staan, des te grooter zal de afstand zijn tusschen de twee eerste donkere strepen in het beeld der ster; ten minste wanneer men mag aannemen dat de stralen, die op het objectief vallen, alle van één punt uitgaan. Doen zij dit niet, kan men de lichtbron beschouwen als een reeks van punten, dan zal elk punt in het bijzonder aanleiding geven tot een stel van interferentie-strepen, die, door op elkander te vallen, het zoo even genoemd verband tusschen den afstand der spleten en dien der donkere strepen verbreken. Is dus een ster uit de aarde gezien een punt, dan zal zij altijd strepen kunnen te voorschijn brengen, die des te verder van elkander staan naarmate de afstand der spleten grooter is; heeft zij daarentegen een middellijn, hoe klein ook, dan zal men deze regelmatigheid in contrasten van licht en donker verbroken zien. STEPHAN nu vond <sup>1</sup> dat met den teleskoop van het observatorium te *Marseille*, wiens opening zeer groot is, als de spleten 50 centimeters van elkander verwijderd waren, toch nog in het beeld van elk der helderste vaste sterren de regelmatige afwisseling van licht en donker was waar te nemen, uitgenomen bij *Sirius*, welke ster echter tijdens de waarneming zeer nabij den horizon stond. Gaf hem deze eerste waarneming eenige hoop, ten minste van ééne vaste ster de middellijn te zullen bepalen, de voortgezette waarneming van een gansch jaar verijdeide die. Zij leerde dat alle vaste sterren, wier helderheid het onderzoek toeliet, strepen in het beeld vertoonen, *Sirius* zelfs niet uitgezonderd; waaruit volgt, dat de lengte van de middellijn van alle vaste sterren uit de aarde wordt gezien onder een hoek die zeker kleiner is dan  $0'',158$  sekonden, dat wil zeggen kleiner dan de grens waar boven, met de hulpmiddelen van STEPHAN, de strepen in het beeld hadden moeten verdwijnen. <sup>2</sup>

Even weinig als wij weten van de afmetingen der vaste sterren

<sup>1</sup> *Académie des Sciences de Paris*. Séance du 28 Avril 1873.

<sup>2</sup> *Académie des Sciences de Paris*. Séance du 20 Avril 1874.

is tot nog toe ons bekend van hare massa. Toch bestaat er ten minste voor één kategorie dezer lichamen eenige grond om te hopen dat die kennis bij dat weinige niet zal behoeven te blijven. Wij bedoelen de dubbelsterren. Wanneer toch van eenige dubbelster, behalve de omloopstijd en de hoek, waaronder de middellijn van hare baan uit de aarde wordt gezien, ook de afstand tot de aarde bekend is, dan zal men, indien de aantrekkingskracht haren loop regelt, uit deze gegevens *beider gezamenlijke massa* kunnen afleiden. Voor zoover ons bekend is treft de kennis van deze gegevens alleen samen bij eene dubbelster ( $p$  in *Ophiuchus*), wier massa dan ook door FLAMMARION<sup>1</sup> is bepaald op 2,95 maal die der zon; beide lichamen van dit stelsel zijn iets minder van elkander verwijderd dan de planeet *Neptunus* van de zon.

Wat verder den physischen toestand der vaste sterren aangaat, ook omtrent dezen is door den spektroskoop onze kennis, hoe gering die op zich zelve ook zijn moge, ver uitgebreid buiten de grenzen welke men voor eenige jaren niet hopen durfde dat zij ooit zou overschrijden. Wij zeggen het HUGGINS na, "dat KIRCHOFF'S ontdekking<sup>2</sup> ons in staat stelt symbolen te verklaren, die in het licht zelf verborgen zijn en een getrouw bericht geven van den physischen toestand der buitengewoon ver van ons verwijderde hemellichamen, die dat licht uitstralen."

Vooraf, wanneer men op uitleggers dier symbolen roemen mag, zoo scherpzinnig en zoo ijverig als HUGGINS zelf, die door eene gedurende vier jaren voortgezette studie tot onze kennis meer dan iemand anders heeft bijgedragen. Zij leerde ons, dat in de samenstelling van *Allebaran*, de helderste ster in *de Stier*, de elementen: waterstof, natrium, magnesium, calcium, ijzer, bismuth, tellurium en kwikzilver voorkomen. Het spectrum dezer ster toch vertoont donkere strepen, die overeenkomen met meerdere van de heldere strepen, waaruit het spectrum dezer elementen bestaat. Terwijl alzoo de gesteldheid dezer ster met die van de zon veel overeenkomst schijnt

<sup>1</sup> *Acad. des Sc. de Paris*. Séance du 7 Decembre 1874. De parallaxis wordt daar gesteld op 0.168" waarmede een afstand van bijna 19 lichtjaren overeenkomt.

<sup>2</sup> In de eerste serie onzer *Kosmos*-artikelen, onder den titel "*De Physische toestand der zon*" afzonderlijk verschenen, gaven wij (bladz. 31—54) van deze ontdekking eene uitvoerige verklaring.



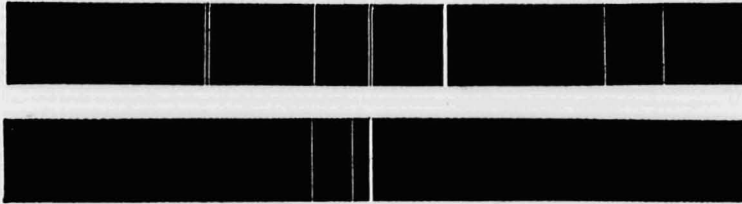
daarentegen vertoont zich daarin geen van de drie donkere strepen, wier tegenwoordigheid de aanwezigheid van waterstofgas in haar omhulsel zou verraden. Fig. 33 geeft een vergelijkend overzicht van beide kleurenbeelden, met het daarboven geplaatst overeenkomstig deel van het zonnenspectrum; de daarin met H gemerkte strepen zijn die van het waterstofgas, waarmede in het zonnenspectrum de strepen F en C overeenkomen.<sup>1</sup> Het is er echter ver van af, dat de overige elementen, zelfs bij sterren van dezelfde type, steeds in constante verhouding zouden voorkomen. Reeds het verschil in de kleur der onderscheidene sterren wijst in dit opzicht op groote verscheidenheid. Zoo wordt bijv. het oranjekleurig licht eener dubbelster van de eerste grootte in *Hercules* daardoor veroorzaakt, dat in het spectrum van de helderste dier twee de donkere strepen hoofdzakelijk in het blauw, het groen en het rood liggen en dus deze kleuren zóó verzwakken, dat de overige een bepaald overwicht erlangen. Daarentegen zijn de strepen over het spectrum van sterren met wit licht, van *Sirius* bijv., gelijkmatig verdeeld; daar zij op deze wijze alle kleuren nagenoeg in dezelfde verhouding verzwakken, heeft haar licht, even als dat der zon, geen overwegende tint.

SECCHI, die onder den helderen Italiaanschen hemel de kleurenbeelden onderzocht van eenige honderden vaste sterren, vond dat men die gevoegelijk in vier groepen kan verdeelen. De eerste bevat de *witte* sterren, als *Sirius*, *Wega* enz., wier spectrum vier donkere strepen vertoont, die met de waterstof-strepen overeenkomen. De tweede groep bestaat uit *gele* sterren, als *Pollux*, *Capella*, die een spectrum geven geheel gelijk aan dat der zon, dewijl daarin een groot aantal fijne strepen voorhanden zijn. De derde groep wordt gevormd door oranje-kleurige en roode sterren, zooals *Betelgeuze* en *Hercules*, wier kleurenbeeld verdeeld is in acht of tien groepen van afwisselend donkere en heldere banden, terwijl de lichtkracht van deze naar het rood toeneemt. De vierde groep eindelijk bevat vier kleine roode sterren, in wier spectrum drie heldere gordels voorhanden zijn, wier lichtsterkte toeneemt naar het violette. Van de 316 sterren die SECCHI onderzocht, behooren er 164 tot de eerste, 140 tot de tweede en slechts 12 tot de derde en vierde groep.

<sup>1</sup> In deze figuur zijn de elementen aangegeven door de eerste letters van hun wetenschappelijke naam. Fe. (ijzer), Pb. (lood), Hg. (kwikzilver), Ag. (zilver) enz.

In scherpe tegenstelling met de spectra van sterren, die zich als enkele lichamen of als dubbelsterren aan het bloote of het gewapend oog voordoen, zijn die der zwak verlichte, in den kijker als phosphoriseerende wolkjes zich voordoende *nevelvlekken*. Terwijl gene, met hare slechts door donkere strepen verbroken continuïteit, ons wijzen op vaste of vloeibare photospheeren, door gasvormige dampkringen omgeven, doen gene, die uit slechts weinige heldere strepen bestaan, meest ons denken aan lichamen van gasvormigen aard. HUGGINS onderzocht een groot aantal dezer nevelvlekken met den spectroscop. Twee strepen, ééne van het stikstofgas en ééne van waterstofgas (fig. 34) werden door hem bij de meeste aangetroffen; toch vertoonden sommige de strepen van het stikstofgas alleen. Bij de

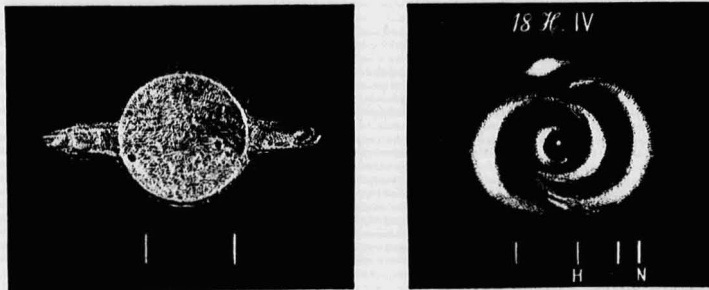
Fig. 34.



meeste nevelvlekken ziet men die heldere strepen vergezeld van een zwak onafgebroken spectrum, dat de tegenwoordigheid van een gloeiende vaste of vloeibare kern schijnt te verraden, of in elk geval aan toont dat zoodanige stof in den gasvormigen nevel verspreid is.

Tot nog toe was steeds voor de meening plaats, dat tusschen *nevelvlekken* en *sterrehoopen* geen scherpe grenslijn was te trekken;

Fig. 35.



dat met de beperktheid onzer hulpmiddelen ook het aantal der eerstgenoemden zou afnemen, zoodat haar al of niet oplosbaar zijn in

afzonderlijke sterren slechts af zou hangen van de meerdere of mindere sterkte der telescopen. Omtrent de juistheid dezer meening, die op grond van de bijzondere als het ware een eigenaardige structuur (fig. 35) vertoonende gedaante van eenige nevelvlekken door velen werd weersproken, kan de spektroskoop uitspraak doen. En hij deed dit reeds in zooverre, dat van de nevelvlekken, die door den teleskoop van lord ROSSE oplosbaar zijn, niet ééne een spectrum vertoont dat uit heldere strepen bestaat, terwijl daarentegen van allen, die wel zulk een spectrum vertoonen, geene met zekerheid is opgelost. Dat dus tusschen nevelvlekken en sterrehoopen een karakteristiek onderscheid bestaat, dat gene van deze niet alleen slechts ten gevolge harer grooteren afstand *schijnen* te verschillen, is op deze wijze meer dan waarschijnlijk gemaakt.

In vele opzichten overeenkomende met de spectra dier nevelvlekken, wier heldere strepen van een zwak onafgebroken spectrum vergezeld zijn, was dat van een merkwaardige ster van de tweede grootte, die op den 12<sup>den</sup> Mei 1866 plotseling in het sterrebeeld *de Noorder Kroon* zich vertoonde en kort daarop weder verdween. Reeds meermalen te voren had men dergelijke voor een korten tijd slechts helder lichtgevende sterren waargenomen; volgens HUGGINS, indien men ook de oudere Chineesche waarnemingen kan vertrouwen, in de laatste tien eeuwen een twintigtal. Verscheidene theorieën, waaruit men den aard dezer snel voorbijgaande hemellichten trachtte te verklaren, werden opgebouwd en omvergeworpen, tot eindelijk ook hier de spektroskoop uitspraak deed. Van den 15<sup>den</sup> Mei, toen hij het eerst kennis kreeg van haar verschijnen, tot het oogenblik waarop haar licht te zwak werd om verdere waarneming toe te laten, onderzocht HUGGINS het spectrum van de ster uit *de Kroon* en vond, dat het uit twee verschillende over elkander geplaatste spectra bestond. Het eene continu van donkere strepen doorsneden spectrum wijst, even als dat van het zonlicht, op een vaste of vloeibare photosfeer door een absorbeerend gasvormig hulsel omgeven; het andere, uit heldere strepen bestaande, waaronder twee van de drie waterstof-strepen de helderste waren, deed vermoeden dat het gasvormig omhulsel met genoegzame intensiteit gloeide om zijn eigen spectrum nevens dat van de photosfeer zichtbaar te doen zijn. Daarenboven verzwakte met het afnemen van de helderheid dezer strepen ook het onafge-

broken spectrum, tot beide ten laatste onzichtbaar werden. Alles dringt ons hier aan te nemen, dat het verschijnsel ons getuigen heeft doen zijn van een geweldig verbrandings-proces van waterstofgas op een hemellichaam, wiens afstand van ons door het licht slechts in vele jaren wordt afgelegd, voor evenzoo vele jaren voorgevallen en in twaalf dagen doorloopen. De groote hitte, door de verbranding veroorzaakt, deed ook de vaste of vloeibare kern met groote intensiteit gloeien en maakte daardoor haar, onder gewone omstandigheden te lichtzwak spectrum zichtbaar.

Maar wat te denken van de zoogenaamde *veranderlijke sterren*, dat is van de zoodanige, wier licht periodiek tot een zeker maximum klimt en tot een zeker minimum daalt, en waarvan er meer dan honderd, en daaronder vele voor het bloote oog zichtbare, aan den hemel worden gevonden. Hier kan van geen oorzaak als de zoo even genoemde sprake zijn; hoe toch te denken aan eene verbranding van gassen, die jaar in jaar uit op volkomen periodieke wijze zou terugkeeren om in volkomen dezelfde tijden af te loopen!

De waarnemingen met den spektroskoop duiden dan ook hier een dergelijke oorzaak niet aan. Eigenlijk hebben zij omtrent den physischen toestand der veranderlijke sterren tot nog toe weinig inlichting verschaft, daar het eenige, wat daarvan vermelding waard is, bestaat in het door HUGGINS geconstateerde feit, dat een groep donkere strepen, wier ligging twee jaren te voren met zorg was bepaald, tijdens het maximum van 1866 in het spectrum van *Betelgeuze* niet was terug te vinden. Wellicht is dit een aanwijzing, dat tijdens de gedeeltelijke verduistering dezer sterren tusschen haar en ons een lichaam zich bevindt, dat door een dampkring is omgeven; de donkere strepen zouden dan door absorbtie van sommige lichtstralen in dien dampkring worden veroorzaakt. Het zou echter zeer voorbarig zijn op grond van dit eene feit eene uitspraak te willen doen ten gunste van eene der vele theorieën, omtrent de oorzaken der veranderlijkheid opgebouwd. Veeleer wachte men, of ook hier bij een zorgvuldig voortgezet onderzoek de spektroskoop nadere uitkomst geven zal; de omstandigheid, dat van de tien veranderlijken, negen eene roode of geele kleur vertoonen, geeft eenigen grond om te hopen, dat ook in haar licht symbolen zijn verborgen, die het der spektraal-analyse zal gelukken te verklaren.



Of aan dezen haar jongsten en toch reeds zoo veel vrucht dragenden tak in de naaste toekomst eene nog grootere vruchtbaarheid is weggelegd, is een vraag, die de aandacht van de beoefenaars der natuurwetenschap in den tegenwoordigen tijd ten zeerste boeit. In hoeverre het antwoord daarop al of niet bevestigend moet uitvallen, hangt af van deze principieele kwestie, of de breking, die het licht in een prisma ondergaat, al of niet wordt gewijzigd door de omstandigheid, dat prisma en lichtbron elkander naderen of zich van elkander verwijderen. Is dit wel het geval, dan zal, ten minste wanneer de snelheid der relatieve beweging in verhouding tot die van het licht groot genoeg is, het spectrum die beweging kunnen verraden.

Ondersteld toch, om door een voorbeeld de gedachten te bepalen, dat het licht van een natrium-vlam door een prisma wordt gebroken, dat zich in de richting dier vlam beweegt of dat omgekeerd die vlam het prisma nadert, dan zal, als door deze omstandigheid eene sterkere breking ontstaat, de heldere streep, aan dat licht eigen, meer naar het violette uiteinde van het spectrum moeten vallen, dan het geval is wanneer vlam en prisma ten opzichte van elkander in rust zijn. En hetzelfde zal het geval zijn met de donkere streep, die ontstaat als een gedeelte van het witte licht door natrium-damp geabsorbeerd wordt.

Is dus de eigen beweging eener vaste ster in de richting onzer aarde snel genoeg, of beweegt zich een dubbelster in hare baan met genoegzame snelheid in die richting, dan zal dit aan het spectrum van haar licht zichtbaar zijn. Beweegt zij zich naar ons toe, dan zullen alle strepen meer naar het violette uiteinde liggen dan gewoonlijk het geval is; en zij zullen naar het roode uiteinde verplaatst zijn in het tegenovergesteld geval. Ja, wat meer is, indien men langs andere wegen van slechts ééne ster de snelheid in de richting van de aarde heeft bepaald, en de met haar overeenkomende verplaatsing der strepen heeft uitgemeten, dan zal men bij elke andere omgekeerd uit de grootte dezer verplaatsing tot het bedrag dier snelheid kunnen besluiten. En zoo zou dan op deze wijze de spektraalanalyse, die omtrent den physischen toestand der hemellichamen ons een schat van kennis deed vergaren, onze nog gebrekkige bekendheid met hunne beweging op even onverwachte wijze tot een hoogen graad van volkomenheid opvoeren.

Afgezien echter daarvan, dat de juistheid der beschouwingen, waaruit de mogelijkheid van het verschijnsel wordt afgeleid, aan grooten twijfel onderhevig is, zijn de verschillende sterrekundigen het over de betrouwbaarheid van de resultaten, door de waarneming op dit gebied verkregen, verre van eens.

Onder de weinigen, wien een degelijk onderzoek in deze richting door de deugdelijkheid der hun ten dienste staande hulpmiddelen mogelijk was, treffen wij in de eerste plaats weder HUGGINS aan. Onder de sterren, die zich volgens hem van de zon verwijderden, noemt hij: *Sirius* (snelheid 30 à 35 kilom. per sekonde), *Betelgeuze* (snelheid 25 kilom.), *Rigel* (snelheid 25 kilom.), *Castor* (snelheid 35 à 45 kilom.), *Regulus* (snelheid 20 à 30 kilom.); onder die welke de zon naderen: *Arcturus* (snelheid 90 kilom.), *Wega* (snelheid 75 à 90 kilom.), *Pollux* (snelheid 80 kilom.). Ook VOGEL te Botheamp schrijft aan *Wega* een snelheid van 83 kilom. in de richting van de zon toe, en aan *Altair* eene van 77,5 kilom. in diezelfde richting; *Sirius* en *Procyon* daarentegen bewogen zich volgens hem in tegenovergestelde richting, de eerste met een snelheid van 69, de tweede met een van 96,1 kilom. per sekonde. Ook AIRY deed een reeks van waarnemingen in denzelfden zin, doch met minder gewenschten uitslag.

Zoo vond hij bijv. voor *Wega*:

|        |                  |                  |       |      |          |     |    |        |
|--------|------------------|------------------|-------|------|----------|-----|----|--------|
| op den | 25 <sup>en</sup> | Juni             | 1875  | eene | snelheid | van | 80 | kilom. |
| "      | "                | 26 <sup>en</sup> | "     | "    | "        | "   | 25 | "      |
| "      | "                | 8 <sup>en</sup>  | Juli  | "    | "        | "   | 65 | "      |
| "      | "                | 12 <sup>en</sup> | "     | "    | "        | "   | 80 | "      |
| "      | "                | 29 <sup>en</sup> | "     | "    | "        | "   | 65 | "      |
| "      | "                | 31 <sup>en</sup> | "     | "    | "        | "   | 90 | "      |
| "      | "                | 30 <sup>en</sup> | Augs. | "    | "        | "   | 85 | "      |
| "      | "                | 3 <sup>en</sup>  | Sept. | "    | "        | "   | 50 | "      |

en, wat nog erger is, uit zijne waarneming zou volgen dat *Deneb* (*a* in *de Zwaan*) op den 29<sup>en</sup> Juli zich met een snelheid van 95 kilometers van de zon af, en twee dagen later met eene van 115 kilometers per sekonde zich naar de zon toe bewoog. Het is opmerkelijk, dat de beroemde Engelsche sterrekundige deze uitkomsten der waarneming mededeelt, zonder daarbij eenige beschouwing te voegen betreffende het, onzes inziens, zuiver negatief resultaat dat zij opleveren.

Gansch anders deed SECCHI. In April 1876 <sup>1</sup> zond hij bij de Fransche Academie eene verhandeling in, waarin hij in de eerste plaats de aandacht vestigde op de wijze, waarop de uitkomsten van de waarnemingen, door verschillende sterrekundigen met betrekking tot de beweging der vaste sterren verkregen, van elkander afwijken. Hij deed dit door middel van de volgende tabel, waarin eene verwijdering van de zon door het teeken +, eene nadering tot de zon door het teeken — is aangegeven.

| Sterren.              | Waarnemers. |        |         |        |
|-----------------------|-------------|--------|---------|--------|
|                       | HUGGINS.    | AIRIJ. | SECCHI. | VOGEL. |
| Sirius.               | +           | —      | —       | +      |
| Wega.                 | —           | —      | 0       | —      |
| $\alpha$ Arend.       | —           | ±      | —       | —      |
| Procyon.              | +           | —      | —       | —      |
| Castor.               | +           | +      | 0       | —      |
| Rigel.                | +           | +      | 0       | —      |
| Regulus.              | +           | —      | 0       | —      |
| $\gamma$ Groote Beer. | +           | —      | —       | —      |
| $\alpha$ Pegasus.     | —           | —      | —       | —      |
| $\alpha$ Zwaan.       | —           | ±      | —       | —      |
| $\alpha$ Kroon.       | +           | —      | —       | —      |
| $\alpha$ Andromeda.   | —           | —      | —       | —      |
| Arcturus.             | —           | —      | —       | —      |

Reeds een oppervlakkig overzicht van deze tabel ontleemt alle vertrouwen op de uitkomsten in haar vermeld. SECCHI, door die onregelmatigheden verrast, stelde zich de vraag, of er, hetzij dan in de wijze van waarnemen, hetzij dan in de instrumenten een bron van fouten kon liggen opgesloten, die steeds buiten weten van den waarnemer de verplaatsing van een streep te voorschijn brengt. En zulk een bron van fouten heeft hij gevonden.

Na bij een volkomen helderen hemel den kijker te hebben gericht op *Sirius*, zag hij duidelijk de zwarte streep F in het spectrum dier ster te gelijk in het veld met de heldere streep H $\beta$  van het waterstofgas. Die heldere streep viel niet samen met de donkere, zij week

<sup>1</sup> *Acad. des Sciences de Paris*. Séance du 10 Avril 1876.

iets van haar af aan den kant van het rood. Volgens de theorie moesten dus de golven van het licht der ster verkort zijn, dat wil zeggen, de ster naderde den waarnemer: en deze uitkomst kwam overeen met die, door SECCHI zelf in 1870 en 1872 verkregen. Toevallig echter ontdekte SECCHI, dat, als de kijker niet werd bewogen door het uurwerk, dat de ster voortdurend in het veld hield, maar hij haar beurtelings nu naar de eene zijde dan naar de andere zijde van de as des kijkers uit het veld bracht, de streep ook in het eerste geval naar de eene, in het tweede geval naar de andere zijde afweek. SECCHI bracht bij verschillende andere sterren volkomen dezelfde veranderingen te weeg en trok uit haar het besluit, dat men de streep stelselmatig naar de eene of andere zijde kan doen afwijken, zonder dat de waarnemer eenige zekere aanwijzing kan hebben van de illusie waarvan hij het slachtoffer is. Dit bezwaar is zeer ernstig; vermenigvuldiging der waarnemingen kan het niet opheffen, omdat men, door den kijker ziende, zich onwillekeurig altijd zoo plaatst, dat men het gemakkelijkst ziet, dat wil zeggen steeds op dezelfde wijze. SECCHI, zonder daarom op de juistheid dezer verklaring aanspraak te maken, meent dat men hier kan te doen hebben met een soort van verschilzicht, ontstaan doordien het beeld van de ster niet juist in het vlak van de spleet van den spektroskoop is gelegen. Is dit het geval, dan ziet men eigenlijk een donkere en een heldere streep, waarvan de eene iets nader bij den waarnemer ligt dan de andere; van ter zijde beschouwd moet deze met gene van plaats wisselen, al naarmate de richting, waarin zij zijdelings gezien worden, verandert.

Hoe dit zij, wij moeten er hier, even als altijd in overeenkomstige gevallen, voor waarschuwen, niet voor rechtmatig verkregen goed der wetenschap aan te zien, wat op grond eener tot nog toe door velen met kracht bestreden theorie zou moeten afgeleid worden uit waarnemingen, die elkander rechtstreeks tegenspreken. Veel eerder dan nog noemen wij zulk een goed het weinige ons bekende omtrent *den bouw* van het gansche heelal, met wiens vermelding wij deze beschouwingen willen besluiten.

Wij allen kennen *den melkweg*, dien gordel aan den hemel van ongelijke breedte en niet overal even groote helderheid, wiens loop door de sterren met het bloote oog gemakkelijk kan worden nagegaan. Wij hebben er ook dikwijls op gelet, hoe hij zich in één punt schijnt

te splitsen in twee takken, die later weder ineenvloeien. De naam van dien lichtgordel geeft ons weinig anders te kennen, dan dat de ouden in haar de vlek meenden te zien, welke *Juno's* melk, aan *Hercules* ontvloeid, aan den hemel heeft achtergelaten. Voor ons is zij niets anders dan eene verzameling van sterren zoo ver van ons verwijderd, en daardoor schijnbaar zoo nabij elkander geplaatst, dat elk afzonderlijk niet is te onderscheiden, dat daarentegen alle te zamen den indruk eener flauwe schemering van onafgebroken licht op ons oog teweegbrengen. In de streken des hemels, die ver van den melkweg verwijderd zijn, ontdekt het oog slechts weinige sterren; ja men kan zeggen dat het aantal groote sterren des te meer van kleine is doormengd naarmate men den melkweg nadert, dat in deze het aantal der laatste ontelbaar is.

Deze uiterlijke gedaante van den sterrenhemel is niet overeen te brengen met de onderstelling, dat het heelal den vorm zou hebben van een bol, in wiens middenpunt het zonnestelsel is geplaatst. Ware dit het geval en stelde men zich voor dat de sterren in het heelal op gelijkmatige wijze verspreid zijn, dan zouden wij, ondersteld zelfs dat de uiterste sterren voor onze kijkers onbereikbaar waren, toch de zichtbare sterren gelijkmatig langs den hemel moeten verspreid zien. Veeleer doet zich het zichtbare heelal in zijn geheel aan ons voor als een schijf, wier middellijn zijne dikte vele malen overtreft. Is ons zonnestelsel in die schijf zoo geplaatst, dat het even ver van beide grensvlakken en ook ongeveer bijna even ver van alle punten van den omtrek is verwijderd, dan moet de hemel ons in eene richting loodrecht op die grensvlakken zeer weinig sterren vertoonen, dan moet het aantal dat in een plek van denzelfden omvang wordt gezien des te grooter zijn, naarmate men den omtrek van de schijf nadert, en het zal het grootst moeten zijn als men ziet in de richting van dien omtrek.

Op deze wijze is dan uit de gedaante van den melkweg een onderstelling af te leiden omtrent den bouw van het heelal en omtrent de plaats, die wij daarin innemen. HERSCHELL heeft zich tot op het laatst van zijn leven met een zoodanig onderzoek bezig gehouden. Met zijn grooten veertigvoets teleskoop bijna alle streken van den melkweg in enkele sterren oplossende, telde hij nauwkeurig het aantal sterren, dat in verschillende richting in het veld van zijn kijker

gelijktijdig werd gezien; dan, uitgaande van de onderstelling dat de verspreiding der sterren in de ruimte ongeveer gelijkmatig is, stelde hij de diepten van het heelal in verschillende richtingen evenredig aan dit aantal. Inderdaad vond hij door deze peilingen, dat de gedaante van het zichtbare heelal best is te vergelijken met die van een lens, aan de eene zijde over hare dikte gespleten in twee tongen, die maken dat wij langs eene zekere uitgestrektheid den melkweg in twee takken zich zien splitsen. Zijn eerste mededeelingen stelden de verhouding van de dikte van deze lens tot zijn middellijn als 170 : 620; in de richting der dikte toch zoude de sterren zich tot 170 maal, in die van de middellijn tot 620 maal den afstand der naastbij staande vaste sterren uitstrekken. Later, met den veertig voets teleskoop gewapend, vond hij dat de naaste der vaste sterren voor hem nog zichtbaar zouden zijn, indien zij 2300 malen verder waren verwijderd dan thans; en aangezien, ook nu nog, sommige plekken van den melkweg voor hem onopgelost bleven, stelde hij de middellijn van de schijf op 2300 maal den afstand der naastbij ons gelegen vaste sterren. En het licht, dat in een sekonde den afstand der maan doorloopt, heeft  $9\frac{1}{4}$  jaren noodig om van de naastbij gelegene vaste ster tot ons te komen!

